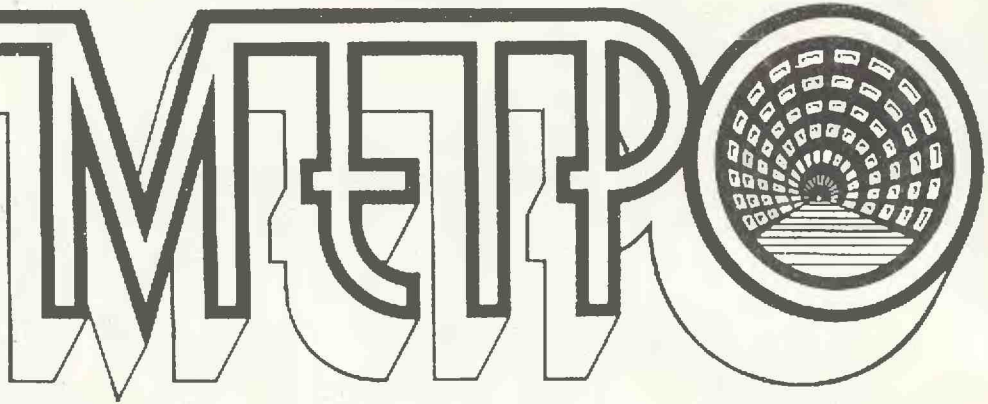


ISSN 0869-4263

मैत्रप



4
1993

4
1993

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ, ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

*Учредители: Московский метрострой, Московский метрополитен,
Тоннельная ассоциация,
Малое предприятие «ТИМР»*

ВЫХОДИТ ЧЕТЫРЕ РАЗА В ГОД

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. СМИРНОВ,
Б.И. ФЕДУНЦ,
Ш.К. ЭФЕНДИЕВ.

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

Набрано на персональном компьютере
издательства «Высшая школа».
Адрес издательства: 103430, Москва, ГСП-4,
Ислынная улица, 29/14.

Сдано в набор 03.08.93. Подл. в
печать 05.10.93. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Гарантия ТИМР.
Печать офсетная. 8 печ. л.
Тираж 1000 экз.

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

В НОМЕРЕ:

В. Пахомов. Хозяйственная деятельность метрополитенов в новых условиях	1
Ю. Крук. Техническая и экономическая политика в метростроении в условиях рыночной экономики	4
В. Меркин, В. Ауэрбах, Б. Яцков, Г. Богомолов. Щитовой комплекс для сооружения тоннелей с экструзионной обделкой повышенной водонепроницаемости	8
М. Влущский. Особенности применения небрызгбетона с добавкой активного микрокремнезема	11
А. Алексашкин. Спиральное армирование железобетонных обделок метрополитена	13
Х. Абрамсон. Конструкция крепи ствола из монолитного железобетона и варианты технологии погружения крепи в тиксотропной рубашке	15
В. Яковлев. Проектные решения и опыт строительства шахтных стволов способом замораживания в сильнообводненных грунтах	17
А. Мишуков, В. Харченко, В. Самойлов. Устройство антикоррозионных и гидроизоляционных покрытий обделок	20
С. Власов, В. Меркин, В. Мостков. Тоннель под Беринговым проливом	22
А. Жуков, М. Шейкман. Государственному предприятию «Метромаш» — 60 лет	25
В. Меркин. В творческом содружестве с наукой	29
В. Суверов. Воплощенные проекты	31
В. Яцков, М. Шевандии, В. Шпиканов, А. Волков, В. Ручкин, Л. Сялиц. Повышение безопасности труда при производстве взрывных работ	31
В. Кабапов. Горизонтальные лифты системы ОТИС	33
В. Хариг. Выделение сигналов на фоне помех в исследованиях по виброзащите зданий	35
Л. Арутюнов, Д. Джинчаралиев, Б. Цулукндзе. Исследование напряженно-деформированного состояния и трещиностойкости обделки однопутного железнодорожного тоннеля	36
Мохамед Эль-Азаб Эль-Килани. Взаимодействие конструкций тоннеля мелкого заложения с грустовым массивом	40
В. Пиккуль. Семел Николаевич Розанов — основоположник прогрессивных начинаний отечественного метростроения	42
Выдающийся инженер-тоннелестроитель	46
В. Коцухин. Подземные этажи России	47
П. Пузанов. Сингапур	53
Л. Малковский. Сооружение крупнопроектной подземной камеры в слабоустойчивых грунтах	57
Строительство подземных сооружений под зданиями с применением опорно-отражающих конструкций	59
В. Келлерман. Тушнель	63

На первой стр. обложки: станция метро "Киевская"



Хозяйственная деятельность метрополитенов в новых условиях

В. ПАХОМОВ,
Генеральный директор хозяйственной
Ассоциации «Метро»

Упразднение государственной административно-командной системы управления метрополитенами явилось следствием Постановления Верховного Совета Российской Федерации от 27 декабря 1991 года № 3020—1 о передаче метрополитенов в Муниципальную собственность городов.

При ликвидации союзного Министерства путей сообщения в Российском Министерстве не было предусмотрено подразделение, которое взяло бы на себя руководство технической политикой этой сложной и ответственной отрасли. Не было запланировано такое подразделение и в Министерстве транспорта России.

Отсутствие организации эксплуатационной деятельности на основе единых для всех метрополитенов нормативных документов могло привести к снижению достигнутых результатов при переходе на новые условия работы.

Поэтому с целью координации деятельности метрополитенов по указанным направлениям, а также для решения ряда производственных и социальных задач в новых условиях Российскими метрополитенами — учредителями было принято решение о создании Хозяйственной Ассоциации «МЕТРО», которая учреждена представителями трудовых коллективов 4 февраля 1992 г. и зарегистрирована Московской регистрационной палатой 6 апреля 1992 г.

Решением Совета Хозяйственной Ассоциации Председателем Совета Ассоциации утвержден Дубченко Е.Г. — начальник Московского метрополитена, Генеральным директором назначен Пахомов В.Я., заместителями генерального директора — Гришечкин Ю.А. и Штыбен Г.А.

Принятая структура дирекции позволяет оптимально решать задачи, определенные Уставом

Ассоциации, дает возможность ограниченному контингенту работников в своей деятельности тесно взаимодействовать не только с управлениями метрополитенов, но и со специалистами служб и хозяйственных подразделений.

Позднее в члены Ассоциации «МЕТРО» приняты метрополитены Ташкента, Еревана, Тбилиси, Баку, Минска, а также институт «Мосметрострой». Хозяйственная Ассоциация «МЕТРО» объединяет сегодня 11 метрополитенов и институт «Мосметрострой».

В связи с образованием самостоятельной Ассоциации «Объединенная дирекция строящихся метрополитенов» естественно встал вопрос о разделении функций между двумя ассоциациями. В то же время отделить новое метростроительство от эксплуатации, видимо, невозможно. Поэтому по таким вопросам, как технические задания, нормативы на проектирование и строительство новых линий, новая техника, материально-техническая поддержка и др., обе ассоциации тесно взаимодействуют.

Ассоциация «МЕТРО» свою повседневную работу строит на основе ежеквартальных планов, которые формируются в соответствии с основными направлениями ее деятельности. Ежеквартальные планы заранее рассылаются метрополитенам-учредителям.

Переходный период метрополитенов из МПС в Муниципальную собственность мог повлечь ухудшение некоторых социальных условий их работников. Поэтому сразу же после образования Ассоциация активно включилась в подготовку постановления правительства о сохранении за работниками метрополитенов прав и льгот работников предприятий железнодорожного транспорта.

В ходе подготовки и согласования проекта данного постановления были подключены Российские министерства финансов, экономики, труда и занятости населения, путей сообщения и транспорта, с руководителями которых непосредственно работала Ассоциация. В результате 1 мая 1992 г. было подписано постановление правительства «О сохранении прав и льгот работников метрополитенов».

С целью поднятия престижности работы на метрополитенах, как на предприятиях железнодорожного транспорта, с руководством Министер-

ства путей сообщения Российской Федерации согласован и решен вопрос о награждении работников метрополитенов «Знаком почетного железнодорожника» и предоставлении им соответствующих льгот.

Данное указание подписано Министром путей сообщения Фадеевым Г.М.

Оба решения по льготам распространяются только на метрополитены России. Однако постановления нами разосланы и членам Ассоциации метрополитенов так называемого ближнего зарубежья, что позволит им по аналогии решать эти вопросы с правительством своих государств.

В настоящее время метрополитены испытывают определенные ограничения в части воздействия руководителей предприятий на нарушителей трудовой дисциплины. Положение о дисциплине работников железнодорожного транспорта Российской Федерации на метрополитенах не действует. Получив соответствующее согласие со стороны Министерства путей сообщения и транспорта России, дирекция Ассоциации подготовила проект постановления правительства Российской Федерации о распространении данного Положения на метрополитены с учетом специфики его работы. Согласованный с ЦК профсоюза и Министерством юстиции его проект направлен в правительство России.

Придавая особое значение устойчивой работе метрополитенов, как важных систем жизнеобеспечения крупных городов Российской Федерации, призванных удовлетворять их социально-экономические потребности и условия особого периода и учитывая повышенные требования к организации и безопасности массовых перевозок пассажиров, Ассоциация «МЕТРО» разработала проект постановления правительства «Об особенностях производственно-хозяйственной деятельности метрополитенов Российской Федерации», которое разослано причастным министерствам и администрациям городов на согласование.

В области материально-технического обеспечения в стране, как известно, произошли коренные изменения: отменен Госзаказ, введена квота на производимую в странах СНГ продукцию и лицензирование ее вывоза. Разумеется, в условиях рынка теперь каждый метрополитен должен самостоятельно заботиться о своем обеспечении по прямым связям с поставщиками, а также через городские и республиканские структуры.

В целях сохранения сложившихся в системе МПС и промышленности длительных связей были подготовлены и разосланы в «Росжелдорснаб» (бывшие ГУМТО МПС) и НПО «Желдоравтоматизация» МПС проекты долгосрочных соглашений о материально-технической поддержке ремонтно-эксплуатационных нужд метрополитенов.

Переходный процесс деятельности метрополитенов в новые условия отразился на

организации отраслевой технической политики, обеспечении безопасности перевозки пассажиров, санитарной и экологической защищенности.

В этой обстановке перед Ассоциацией «МЕТРО» встала задача — продолжить разработки по тематике общесетевых программ. В кратчайший срок был проведен анализ имеющихся наработок по всему хозяйству метро, тщательный отбор наиболее приоритетных и на Совете Ассоциации утверждены новый перечень научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, а также порядок их финансирования.

Успешно ведутся работы по созданию преобразователя для свистильников вагонов метро (головной — Новосибирский метрополитен), технологии средств неразрушающего контроля подошвы рельса, лежащего в пути, разработке комплексной системы интервального регулирования движения поездов и АРС на новой элементной базе (головной — Московский метрополитен), системы прохода пассажиров с использованием магнитных и электронных карточек (Москва, С.-Петербург, Новосибирск).

На стадии завершения и внедрения находятся работы по созданию прогрессивного источника питания ВПСН для вагонов метро (Новосибирск), а также технологии изготовления дроссельных перемычек сваркой взрывом (Москва).

В области информационной деятельности специалисты Ассоциации планируют создать информационный банк данных, которыми могли бы пользоваться все метрополитены. Готовится банк информации по новейшим и перспективным устройствам автоматизации и обзор по 10 техническим решениям и технологиям, позволяющим улучшить обслуживание технических средств на метрополитенах. Электронная база данных будет постоянно обновляться и расширяться.

Одна из актуальных тем, которая входит в планы совместной работы двух ассоциаций — разработка концепции создания автоматического метрополитена. В настоящее время определен состав творческого коллектива, куда вошли специалисты ведущих метрополитенов, ряда научных организаций, головного проектно-исследовательского института «Метрогипротранс». Планируется закончить работу в этом году с тем, чтобы с 1994 г. можно было бы перейти к подготовке конкретных решений. Для этого уже сегодня требуется пересмотр отдельных направлений программы автоматизации метрополитенов, утвержденной еще в 1989 г. Комплексный подход к автоматизации технологических процессов при создании автоматического метрополитена диктует необходимость выбора единой системы телемеханики метро, резервной системы интервального регулирования без использования рельсовых цепей, кодирования парковых путей активными сигналами АРС и ряда других решений. Следует

также четко определить и утвердить единые для всех метрополитенов технические требования к устройствам и системам на новой элементной базе, обеспечивающим безопасность перевозки пассажиров.

Эти решения одновременно станут основой и при техническом перевооружении действующих метрополитенов.

Специалистами Ассоциации проведено обследование состояния дел по созданию перспективных вагонов с новым электрическими приводами. Установлено, что наиболее близки к завершению работы по созданию вагонов с асинхронным приводом в С.-Петербурге и вагонов для Харькова с тиристорно-импульсной системой управления (ТИСУ), которые находятся в стадии выпуска опытных образцов.

Вагоны с асинхронным приводом Мытищинского завода должны стать главной вехой отечественного метровагоностроения. Однако до сих пор они не прошли стадию заводских испытаний из-за неготовности привода, поставляемого НПО «Динамо». Надо принять серьезные меры по форсированию испытаний.

Исходя из небольшого опыта работы Ассоциации можно сделать вывод, что метрополитены и их отраслевые службы в целом заинтересованы в сотрудничестве с Ассоциацией. В целях обеспечения успешной совместной деятельности метрополитенов в будущем необходимо объединить их финансовые, интеллектуальные и иные ресурсы для разработки новой техники, технологии, средств диагностики, нормативной документации и решения других общепромышленных задач, сделать ассоциацию «МЕТРО» центром совместных действий метрополитенов.

В настоящее время Хозяйственная Ассоциация «МЕТРО» поставила перед собой задачи, утвержденные Конференцией учредителей в феврале 1993 года:

расширить совместные действия с правительственными органами в разработке директивных

документов по решению социальных вопросов работников метрополитенов;

завершить разработку новой редакции Правил технической эксплуатации метрополитенов и пересмотреть другие нормативные документы;

принять участие в создании новых вагонов, специализированного подвижного состава и других технических средств метрополитенов;

организовать кооперацию по изготовлению нестандартизированного оборудования, запасных частей для подвижного состава и эскалаторов;

обобщить результаты производственно-финансовой деятельности метрополитенов, вопросов социальной защиты рабочих и служащих, подготовить информационный материал с необходимыми рекомендациями;

принять участие в разработке и производстве устройств по обеспечению безопасной перевозки пассажиров и средств диагностики технических средств.

Опыт совместной деятельности метрополитенов в вышеназванных условиях показал, вместе с тем, что возникают вопросы, требующие решения на государственном уровне. Это, прежде всего, ряд социальных проблем метрополитеновцев, это — необходимость утверждения государственными органами общих нормативных документов и издание законодательных и подзаконных актов государственного регулирования работы метрополитенов в составе городских транспортных комплексов.

Учитывая вышесказанное, Хозяйственная Ассоциация «МЕТРО» обратилась в правительство с просьбой о создании государственного органа по регулированию деятельности метрополитенов. Правительство намерено рассмотреть этот вопрос с возложением функций государственного регулирования поддержки деятельности метрополитенов в области технической и инвестиционной политики обеспечения безопасности перевозок пассажиров, санитарной и экологической защищенности на Министерство путей сообщения или Министерство транспорта.

Техническая и экономическая политика в метростроении в условиях рыночной экономики

Ю. КРУК,

Генеральный Директор Ассоциации «Ассогстройметро»

Ассоциация заказчиков, созданная и зарегистрированная, как «Объединенная Дирекция строящихся метрополитенов» в августе 1992 года, начала свою деятельность с октября 1992 года. Учредителями Ассоциации являются все существовавшие на тот период Дирекции по строительству метрополитенов России и СНГ за исключением Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода и по Украине — Кисва и Харькова. Вошли в Ассоциацию г.г. Омск, Челябинск, Красноярск и Уфа, где начато строительство метрополитенов.

Необходимо также отметить, что Ассоциация создана с согласия глав администраций городов, где строятся и проектируются метрополитены, на что имеется соответствующее соглашение. Таким образом, Ассоциация представляет интересы заказчиков — городов. Учредители представляют собой блок заказчиков, блок проектных и научно-исследовательских институтов, блок подрядных организаций. Ведутся переговоры с рядом промышленных предприятий, изготавливающих в основном специфическое технологическое оборудование для метрополитенов, об их вхождении в Ассоциацию.

Главные задачи деятельности Ассоциации в соответствии с Уставом следующие:

координация и решение вопросов по развитию метрополитенов в городах «учредителей» Ассоциации;

участие в разработках программ развития метрополитенов; осуществление единой технической политики в области проектирования, строительства и научно-технических разработок с организацией их внедрения, подготовка нормативных актов



по проектированию и строительству, включая государственные стандарты и нормы технологического и строительного проектирования;

обеспечение Дирекций метрополитенов специфическим оборудованием, по которому отработаны соответствующие программы;

участие в обосновании необходимых ежегодных капитальных вложений по метрополитенам;

проведение по ТЭО и проектам технологической экспертизы; рассмотрение и согласование заданий на ТЭО и проекты;

участие в государственных комиссиях по приемке объектов метрополитена;

решение производственных и социальных задач «учредителей»;

осуществление коммерческой внешнеэкономической и других видов деятельности.

В целях определения стратегической единой технической политики, создания отраслевых и региональных научно-исследовательских и проектных программ при Ассоциации создан «Координационный центр проектных и научно-исследовательских работ по метростро-

ению». По нашему мнению, деятельность центра ликвидирует параллелизм в работе и даст соответствующую экономико государственными средствами.

Участниками координационного центра являются представители всех «учредителей» нашей Ассоциации, а так же институтов «Метротранс», «Ленметротранс», Мосметростроя, НИЦ ТМ, ВНИИЖТа, МИИТа, ПИИТа, НИИЖТа, фирмы «Тоннельметрострой», Тоннельной Ассоциации, Государственного Управления № 30, СКТБ ТМ, Концерн «Метрополис» и других организаций.

За основу деятельности взята программа, ранее совместно разработанная — «Мировой уровень», которая за последние два года, мягко говоря, распалась. С целью использования и привлечения научного интеллекта, не только метрополитеновского, а родственного нам подземного строительства, заключено долгосрочное соглашение по совместной деятельности с Тоннельной Ассоциацией.

Основной целью координационного центра является создание отраслевых и региональных научно-исследовательских и проектных программ по отрасли «метро» с последующим их исполнением и координацией.

Центр формирует отраслевую и региональную тематику и определяет исполнителей по выбранной тематике.

Задачи координационного центра:

определение экономической эффективности капитальных вложений в метростроении в условиях рыночной экономики;

определение социально-экономической эффективности метростроения в системе городского пассажирского транспорта;

совершенствование проектных решений в целях увеличения объема перевозок, повышения их качества и комфорта;

совершенствование тепловых конструкций и конструктивных решений и повышение их качества;

создание новых и совершенствование существующих технологий в части интенсификации и механизации строительного процесса;

повышение надежности технических средств метрополитена и другие.

Необходимо отметить, что несмотря на нестабильность экономики в России, при поддержке Президента, Правительства и Верховного Совета, начато строительство метрополитенов в Омске, Челябинске, и с 1993 года — Красноярске.

В настоящее время в эксплуатации, проектировании и строительстве метрополитенов на бывшей территории СССР задействованы 20 городов. Возобновляются работы по его проектированию и строительству в Уфе; рассматриваются вопросы сооружения метрополитена в Казани и Ростове-на-Дону.

Разработка «Комплексной программы развития метрополитенов в Российской Федерации» ведется по согласованию с Правительством России и Минэкономики Российской Федерации. Программа включает в себя 19 городов. Одна группа из них — где эксплуатируются и строятся метрополитены: Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Новосибирск, Самара, Екатеринбург; вторая — где они проектируются и строятся: Челябинск, Омск, Красноярск, Ростов-на-Дону, Казань, Уфа; третья — где необходима разработка технико-экономического обоснования строительства метрополитенов: Пермь, Саратов, Ульяновск, Владивосток, Хабаровск, Воронеж, Волгоград. Генеральным разработчиком программы назначен институт «Метрогипротранс» по заказу нашей Ассоциации. В работе задействованы все ведущие градо-

строительные институты городов и Москвы.

Совершенно очевидно, что отрасль «метрополитены», охватывающая девятнадцать городов России, приобретает серьезную социально-политическую значимость, не имеет альтернативного вида транспорта в крупных промышленных центрах России и требует государственной координации, регулирования и поддержки.

Немаловажным, с экономической точки зрения, является анализ по региональному размещению ремонтных и производственных баз метрополитенов.

Поэтому предусматривается, что «Комплексная программа» должна быть утверждена как федеральная. В «Комплексной программе» так же определена разработка, впервые в нашей отрасли, «Методики определения экономической эффективности инвестиций в метростроение в условиях рыночной экономики».

Второй важной отраслевой темой, которой занимается Ассоциация, является подготовка «Концепции создания автоматизированного метрополитена». Анализ показал, что в настоящее время разрабатываются и внедряются отдельные ее составляющие части, такие как: телемеханика систем энергоснабжения, сантехустройств и эскалаторов;

АРС—АЛС на новой элементной базе;

внедрение бесстыковых рельсовых цепей;

групповых устройств; системы АУ—ДПМ и др.

Надо отметить, что внедрение систем в действующих метрополитенах имеет производственный консерватизм, с которым приходится считаться. Поэтому комплексная разработка концепции предназначена, с учетом внедренных систем на действующих метрополитенах, прежде всего для новых метрополитенов. Полигоном внедрения могут стать Челябинский, Омский и Красноярский метрополитены в России и Алма-

тинский в Казахской Республике.

В концепции предопределяется стыковка всех систем и их самостоятельное внедрение на базе отечественного оборудования. Данная концепция окажет существенное влияние на объемно-планировочные решения станционных комплексов и в целом на систему управления метрополитена.

Для решения этой задачи привлечены специалисты, профессионалы научно-исследовательских, проектных институтов и эксплуатирующихся метрополитенов, прежде всего Московского, Санкт-Петербургского, Харьковского, а также институты МИИТ, ПИИТ, «Метрогипротранс» и «Ленметрогипротранс».

Следующей актуальной темой является рациональное использование подземного пространства при строительстве метрополитенов.

Этот вопрос в той или иной степени стоит практически во всех городах, где проектируются и строятся метрополитены. Освоение подземного пространства дает возможность расширить функции обслуживания пассажиров, что важно при рыночной экономике, экономить в период строительства значительные средства и ресурсы, обеспечивать экологическую чистоту земной поверхности города, рационально использовать теплоизоляционные и теплофизические свойства грунтового массива, в части экономии энергоресурсов при эксплуатации подземных сооружений.

По этой теме есть параболка ряда организаций — московских, петербургских, новосибирских. Тема привлекает коммерциализацией и возможностью привлечения дополнительных инвестиций в строительство. Но практическое воплощение, в широком смысле, не идет в связи с отсутствием, прежде всего, нормативной базы в сочетании: метро—кафе, метро—бассейн, метро—гараж, метро—автомобильная стоянка и т.д. А нормативная база должна, прежде всего, гарантировать безопас-

пость движения и эксплуатацию метрополитена. Поэтому Ассоциация включила это в свою тему, как концепцию эффективных объемно-планировочных и конструктивно-технологических решений с разработкой нормативной базы и последующим согласованием и утверждением в Госстрое России. По теме привлечены НИЦ ТМ, Метрогипротранс, Ленметрогипротранс, Метростиль, Новосибирск-метропроект и другие организации. Руководителем темы определен НИЦ ТМ. В настоящее время по согласованию с администрацией города Омска проведена подготовка по разработке ТЭО использования подземного пространства при строительстве цускового участка метрополитена.

На базе Екатеринбургского метрополитена планируется с научным сопровождением и с учетом конкретных геологических условий осуществить сооружение двухпутных перегонных тоннелей и односводчатых станций с боковыми платформами. Разработка вызывает много дискуссий. Считаю это естественным, т.к. поможет более полно учесть негативные явления при эксплуатации. В горно-проходческом цикле предусматривается в данном случае применение новоавстрийского метода, который должен найти широкое применение и с импортной техникой, но главное необходимо создавать отечественное оборудование.

Внимание Ассоциации направлено также на разработку водонепроницаемой обделки нового поколения, совершенствование пути на лежневом основании, на метод сквозной проходки при сооружении линий мелкого заложения, который разработан конструктивно (в стадии рабочей документации) для Самарского метрополитена, и другие темы, имеющие отраслевое значение. По лежневому пути прошли годичные эксплуатационные испытания на Кисевском и Новосибирском метрополитенах, сделаны соответствующие выводы и проведено его

совершенствование для более широкого применения.

В перечне НИОКР, утвержденном Советом Ассоциации на 1993 год принято 25 тем.

Сегодня существенным тормозом является отсутствие доктрины по ГО. Поэтому совместно с Метрогипротрансом готовим доклад в Комитет по чрезвычайным ситуациям по концепции приспособления метрополитена для нужд гражданской обороны.

СН 148—76 по приспособлению — не действующий норматив, так как еще при Госстрое СССР вышел СНИП, который требовал его переработки. Ассоциация включила в программу разработку нового норматива.

Так же самое непосредственное участие Ассоциация примет в подготовке нового СНИПа России «Метрополитены. Нормы проектирования» с утверждением Госстроем РФ.

Совет нашей Ассоциации считает, что несмотря на политические и экономические сложности, нельзя растерять богатейший опыт, накопленный в отечественном метростроении и эксплуатации. Только коллективными усилиями можно выдержать и насколько хватит средств продвигать научно-технический прогресс. Сегодня, как никогда видно, что отраслевые программы должны впитывать опыт Москвы, Санкт-Петербурга, Минска, Харькова, Екатеринбургa, Ташкента и других городов, так как в каждом из них есть новые воплощенные идеи, которые двигают нашу отрасль к определенному совершенству и разнообразию по регионам.

Касаясь проблемы инвестиций в метростроение, считаем, как Ассоциация заказчиков, что необходимо упорядочить вопросы проектирования, строительства и финансирования метрополитенов. Нами подготовлено «Положение о проектировании, строительстве и финансировании метрополитенов в Российской Федерации», которое направлено для рассмотрения в гг. Минск, Ташкент, Алма-Ата, Донецк,

Днепропетровск. Цели Положения:

упорядочение структуры капитальных вложений в условиях рыночной экономики;

закрепление позиций по их централизованному выделению и финансированию через бюджет России и из местных бюджетов;

определение порядка по разработке ТЭО, проектов, их экспертизе, утверждению и открытию титульных списков в соответствии с действующим законодательством;

установление лимитности; решение социальных вопросов заказчика и генподрядчиков; взаимоотношение заказчика по строительству метрополитена с организациями и частными лицами по сносу строений и домовладений, попадающих в зону работ в соответствии с действующим законодательством и др.

Решение перечисленных проблем, естественно, вызывает необходимость пересмотра структуры Сводки затрат по отрасли. По данному вопросу нами готовится задание и заказ институту «Метрогипротранс».

Материалы по утверждению Положения направлены заместителю Председателя Верховного Совета Российской Федерации, Председателю Высшего экономического Совета Президиума Верховного Совета Владимиру Олеговичу Исправникову и Первому Вице-премьеру Правительства России, Министру экономики Российской Федерации Олегу Ивановичу Лобову.

Проект Положения согласован практически со всеми администрациями городов, где проектируются и строятся метрополитены.

Как показывает анализ опыта работы, особенно за последние два года (1991 и 1992), проектно-строительная часть метрополитенов, в силу ряда причин объективного характера, подверглась значительным изменениям и не смогла избежать глубоких кризисных явлений. Некогда единая в организационном, административном,

финансовом и технологическом отношении в масштабе бывшего СССР отрасль, практически, прекратила свое официальное существование.

Данное явление несет в себе вероятность потери накопленных за десятилетия производственных традиций и технологического опыта. Без преувеличения можно считать, что общность производственных традиций и технологий на определенном этапе явилась единственным звеном, соединившим все существующие региональные проектные и строительные организации. Сохранить и тем более продолжить данные традиции и технологии отдельным организациям, видимо, не под силу. Однако понимание необходимости сохранения и дальнейшего совершенствования метрополитеновских технологий, как основы безопасной эксплуатации, и значения метрополитена в экономике страны в целом привело к действиям по возрождению отрасли, как организационного единого целого, в части создания Ассоциации по линии заказчиков и Корпорации «Трансстрой» по линии строительных организаций.

С другой стороны, анализ показывает, что значение отрасли будет неизменно возрастать, так как расширяется география строительства метрополитенов (Омск, Челябинск,

Красноярск, Уфа). Кроме того, с прокладкой линий метрополитенов, как сказано выше, неизменно начнется освоение подземного пространства. Вполне вероятно, что спрос и предложения на подземные объекты коммерческого назначения приведут к увеличению производственных мощностей строительных организаций. В результате проектно-строительная часть отрасли может превратиться в самостоятельный сектор национальной экономики, особенно в России, со своими не только производственно-технологическими особенностями, но, финансово-экономическими нормативами. А это требует создания своей внутриотраслевой банковской системы.

Практика истекших двух лет показывает, что в условиях рыночной экономики одной из главных задач банковской системы является упорядочение и регулирование внутриотраслевых кредитно-финансовых отношений.

Суть проблемы заключается в том, что финансирование из центрального и местных бюджетов, определяемое в 1991, 92 и 93 гг., недостаточно для ввода линий метрополитенов, согласно принятых графиков строительства. И администрации городов проявляют готовность выделять материальные ресурсы в различных видах для Дирекций

строящихся метрополитенов для коммерческой деятельности с тем, чтобы получаемую прибыль использовать в целях метростроения.

В условиях рыночной экономики, ранние этапы которой характеризуются экономической нестабильностью в целом по стране и в силу этого наличием вероятностей изменения приоритетов в финансово-экономической политике законодательных и исполнительных органов власти, потребности развития нашей отрасли могут выходить за государственные и муниципальные границы. Поэтому удовлетворение этих потребностей становится возможным при условии ведения активной работы по привлечению денежных средств и собственной коммерческой деятельности через свою отраслевую банковскую структуру.

Участвовать в отраслевом банке могут не только российские предприятия и организации, но и наши учредители Ассоциации из стран СНГ, которые будут производить накопление валюты (рубли) для взаиморасчетов с предприятиями России.

Исходя из изложенного, Советом Ассоциации принято решение о создании банка. Вопрос отработан и находится на завершающей стадии его оформления.

Фирма «ТОМЕС»

приглашает на конкурсной основе

д и л е р о в

*по закупке и реализации продовольственных
и непродовольственных товаров.*

Тел. 254-21-02

Щитовой комплекс для сооружения тоннелей с экструзионной обделкой повышенной водонепроницаемости

В. МЕРКИН, *д-р техн. наук, проф.*;

В. АУЭРБАХ, *канд. техн. наук (НИЦ ТМ ЦНИИС)*;

Б. ЯЦКОВ, Г. БОГОМОЛОВ, *инженеры (Мосметрострой)*

Обеспечение водонепроницаемости тоннелей метрополитена — одна из важнейших и трудноразрешимых задач.

Широкое внедрение такой технологичной и экономичной обделки, как монолитно-прессованная, сдерживается из-за ее низких гидроизоляционных показателей.

В настоящее время тоннели метрополитена с МПВО сооружаются с помощью щитовых проходческих комплексов типа ТЩБ-7. Недостатки возводимой при этом обделки появляются из-за переформовки смеси в процессе бетонирования. Она происходит по мере перемещения хвостовой оболочки щита, когда освобождается кольцевое пространство, соответствующее толщине оболочки, которое заполняется предварительно опрессованной бетонной массой.

Переформовка, сопровождаемая нарушением структуры бетона, отрицательно сказывается на прочности и водонепроницаемости обделки, так как невозможно добиться восстановления первоначальной структуры утраченной пластичности бетонной смеси.

Монолитная обделка, не защищенная слоем гидроизоляции, не обеспечивает водонепроницаемости тоннеля. Существующие способы предусматривают создание внутреннего гидроизолирующего покрытия, которое, в свою очередь, нуждается в возведении защитной рубашки. Делается это за пределами щитового комплекса и вызывает необходимость до-

полнительных рабочих процессов и оборудования.

Для устранения указанных недостатков существующих способов сооружения тоннелей с МПВО, обеспечения водонепроницаемости и прочности конструкции предложен новый способ сооружения обделки с наружной гидроизоляцией непосредственно в щитовом комплексе в процессе проходки тоннеля. Он разработан ЦНИИСом совместно с Мосметростроем и заключается в том, что, используя проходческий щит, заполняют бетонной смесью пространство, ограниченное хвостовой оболочкой щита, торцевой и цилиндрической опалубками. При продвижении щита производят прессование бетонной смеси и нагнетание в кольцевой зазор, образуемый при передвижке хвостовой оболочки щита, гидроизолирующего состава, исключая тем самым переформовку бетонной смеси. В качестве гидроизоляции используют полимерный материал, причем величина давления при нагнетании превышает величину давления прессования смеси.

Особенностью данного способа является также, так называемый, экструзионный метод прессования монолитной обделки, при котором подача бетонной смеси в пространство, ограниченное хвостовой оболочкой щита, торцевой и цилиндрической опалубками, производится при постоянном давлении и синхронно с продвижением торцевой опалубки. При этом обеспечивается высококачественная структура

тоннельной обделки повышенной прочности и водонепроницаемости.

Бетонирование экструзионной обделки со слоем гидроизоляции производится в следующей последовательности (рис. 1):

исходное положение. Торцевая опалубка 1 подведена к уложенному кольцу бетонной обделки 2; формирующая и поддерживающая опалубки совместно с распределительным кольцом передвинуты с помощью щитовых домкратов на очередную заходку. Пространство между опалубками и хвостовой оболочкой щита 4 свободно для подачи бетонной смеси 3;

первый этап — подача бетонной смеси (рис. 1, а). Торцевая опалубка отодвигается от ранее сооруженного участка и по мере ее передвижения в освобождающееся пространство подается под давлением бетонная смесь;

второй этап — завершение подачи бетонной смеси. Торцевая опалубка отведена в крайнее положение, пространство полностью заполнено бетонной смесью;

третий этап — заполнение кольцевого зазора гидроизолирующим составом 5 (рис. 1, б). С помощью гидродомкратов щит передвигается вместе с хвостовой оболочкой. Тем самым обнажается поверхность выработки, освобождается кольцевой зазор, в который (между слоем бетона и поверхностью выработки) синхронно подается состав, образуя слой гидроизоляции снаружи бетонной обделки;

четвертый этап — завершение подачи гидроизолирующего состава. Щит с хвостовой оболочкой передвигается на величину заходки; кольцевой зазор полностью заполнен гидроизолирующим составом; на длине заходки образован слой гидроизоляции (рис. 1, в).

Величина давления при нагнетании гидроизоляционного материала должна быть больше давления прессования смеси на 10—20 % во избежание проникновения ее в гидроизоляционный слой, что может привести к его нарушению и разуплотнению твердеющего бетона обделки.

При бетонировании обделки бетонная смесь находится под защитой хвостовой оболочки щита. При ее передвижке, вследствие одновременного нагнетания гидроизоляционного материала, бетонная смесь сохраняет свой первоначальный объем, не поступая в кольцевой зазор. В результате сохраняется ее первоначальная структура и не происходит ее разуплотнение.

Гидроизоляционный слой, образуемый при сооружении бетонной обделки тоннеля, обеспечивает ее водонепроницаемость.

В качестве гидроизоляционного материала предложен состав, включающий такие компоненты, как глиноземистый цемент, пылевидный кварц и латекс.

Допускается применение стандартных замедлителей сроков схватывания для регулирования скоростей отверждения материала.

Исследования по обеспечению гидроизоляции выполнялись на экспериментальном стенде.

В объем исследований входил подбор составов бетона, рецептуры гидроизолирующего слоя и режимов формования обделки. Исследования проводились на экспериментальном стенде НИЦ ТМ ЦНИИСа.

Для приготовления бетонной смеси в качестве вяжущего использовали портландцемент М400, мелкого заполнителя — кварцевый песок с модулем

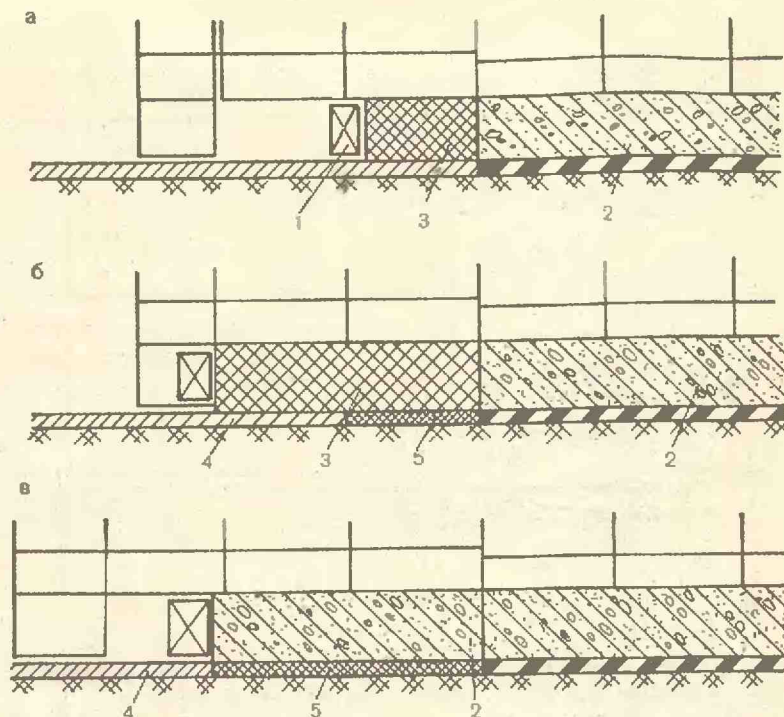


Рис. 1.

крупности Мкр-2,21, крупного заполнителя — гранитный щебень размером 5—20 мм, для затворения бетонной смеси — воду. Механические характеристики бетона, сроки схватывания и набора прочности регулировали применением специальных добавок и стальных фибр, а так же режимами прессования.

Бетонную смесь готовили вручную и в бетоно-смесителе принудительного перемешивания типа СБ-142 емкостью 50 л. Бетонную смесь загружали в открытую форму при отведенном пуансоне от передней стенки на 65 см.

На стенде испытывались призмы размерами 20x20x65 см и контрольные образцы-кубы (10x10x10 см).

Формование фрагмента производилось по следующей методике.

Бетонную смесь укладывали в раскрытую форму, затем закрывали сверху фрагментом хвостовой оболочки щита и крышкой формы, затем запрессовывали пуансоном штока гидроцилиндра. Для выдвижения элемента хвостовой оболочки применяли гидроцилиндры, ко-

торые подключали к общей насосной станции. Поскольку в натуральных условиях связь между усилием прессования бетонной смеси и усилием при передвижке щита носит случайный характер, определяемый силой его трения по породе, степенью разработки забоя и т.п., то на стенде обеспечивалась независимость усилия прессования от усилия выдвижения щитовой обделки. На крышке формы устанавливали пневмоцилиндр подачи гидроизолирующего раствора. Сжатый воздух подавали компрессором.

Для регистрации технологических параметров стенд снабдили датчиками, усилителем и самописцем. Датчики позволяют одновременно записывать следующие величины давления: прессования, усилия перемещения хвостовой обделки, воздуха в пневмоцилиндре подачи гидроизолирующего состава. Давление воспринимается гидравлическими датчиками в системах прессования бетона и выдвижения хвостовой обделки, пневматическим — в системе подачи гидроизолирующего раствора; перемещение — реохорд-

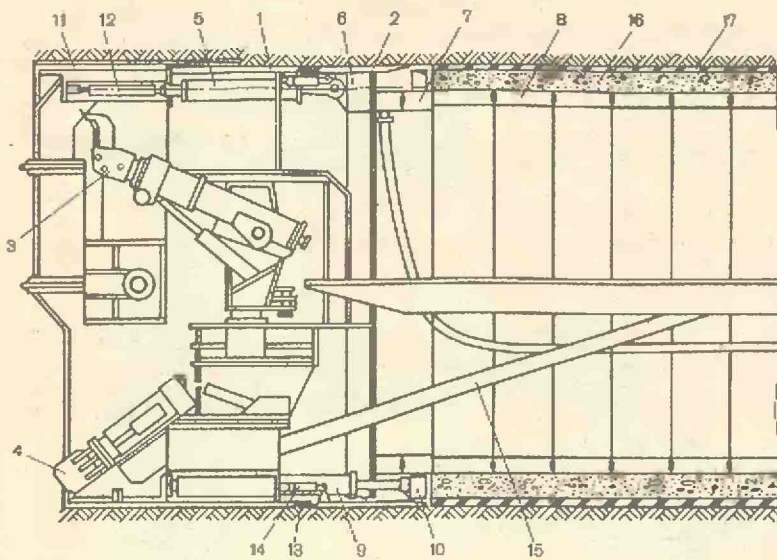


Рис. 2.

ным датчиком с потенциометром. Сигналы датчиков через усилитель записываются самопишущим прибором или осциллографом.

Стенд позволяет: задавать режимы прессования и подачи гидроизолирующего состава; вести автоматическую приборную запись эксперимента.

При бетонировании монолитной обделки неизбежны так называемые «холодные стыки», через которые может проникать в тоннель вода. Предлагаемый гидроизолирующий состав обладает способностью омоноличивать стыки, делая их водонепроницаемыми, что подтвердилось при проведении специального эксперимента.

Его результаты показали целесообразность применения монолитно-прессованной бетонной обделки с наружным слоем гидроизоляции.

На основе проведенных исследований разрабатывается проходческий комплекс для сооружения тоннелей метрополитенов с такой обделкой. Он включает в себя:

механизированный проходческий щит с рабочим органом роторного или избирательного действия. Корпус щита в ножевой части снабжен выдвижным шандорным козырьком для крепления свода выработки. Оболочка щита — разрезная тс-

лескопическая, обеспечивающая вписывание в кривые.

Для передвижки щита и уплотнения бетонной смеси предусмотрены отдельные системы гидродомкратов, опирающиеся на секции цилиндрической опалубки и на торцевую, что позволяет регулировать и перераспределять усилия от передвижения между уплотняемой бетонной смесью и цилиндрической опалубкой.

Проходческий щит (рис. 2) состоит из корпуса 1 с хвостовой оболочкой 2, рабочего органа для разработки забоя 3, породопгрузочной машины 4. Щитовые гидродомкраты 5 взаимодействуют с распределительным кольцом 6, формирующей 7 и поддерживающей 8 опалубками. Гидродомкраты 9 связаны с торцевой опалубкой 10.

Выдвижные шандоры 11 в сводовой части корпуса щита соединены с гидроцилиндрами 12 шандор. Кроме того, на схеме показаны телескопический стык 13 оболочки щита с гидроцилиндрами 14, породный транспортер 15, монолитная бетонная обделка 16 со слоем гидроизоляции 17.

Цилиндрическая опалубка состоит из двух участков — формирующего и поддерживающего и может быть секционной или скользящей.

Торцевая опалубка кольцевого типа служит для уплотнения бетонной смеси и отжатия из нее излишней воды. Соединяется она с гидроцилиндрами, расположенными в корпусе щита и управляется ими.

Бетонирование обделки осуществляется путем укладки бетонной смеси через бетоноводы под давлением. Благодаря возможности распределения усилий между системами щитовых гидродомкратов уплотнение смеси прекращают после отжатия необходимого количества цементного молока до начала образования цементного камня. В конце бетонирования обе опалубки — торцевая и цилиндрическая входят в контакт между собой и конечный этап обжатия производится ими совместно. При таком способе бетонирования уплотняемая обделка не испытывает излишних вредных воздействий от усилий передвижки щита.

При передвижении его хвостовой оболочки в образующийся при этом кольцевой зазор подается изолирующий раствор, в то время как остальное пространство заполняется бетонной смесью, что улучшает процесс ее формирования и служит для повышения водонепроницаемости обделки.

Предварительно приготовленная бетонная смесь доставляется к щиту в пневмобетонагнетателях или автобетоносмесителях.

Для повышения трещиностойкости и, соответственно, водонепроницаемости бетонной обделки необходимо определить диапазон минералогических составов портландцементов, обеспечивающих пониженную осадку.

Для получения высокоподвижных нерасслаивающихся бетонных смесей с требуемыми для обделки прочностными и деформативными характеристиками целесообразно ввести комплексную химическую добавку, состоящую из стабилизирующего компонента, микронаполнителя и пластификатора.

Такая добавка улучшает перекачиваемость бетонной смеси по трубопроводам и

усиливает сцепление нового бетона со старым в стыках. Кроме того, сокращается период обеспечения распалубочной прочности, повышается класс бетона, увеличиваются его марки по водонепроницаемости и морозостойкости; возрастает долговечность, в том числе сульфатостойкость бетона за счет связывания растворимой извести добавки с образованием низкоосновных нерастворимых силикатов кальция, улучшается структура затвердевшего бетона, снижается его водопоглощение.

Для сохранения трещиностойкости бетона отделки от воздействия температурных и усадочных деформаций, увеличения водонепроницаемости, класса бетона и распалубочной прочности на растяжение предлагается ввести в бетонную смесь дисперсную арматуру — металлическую фибру. При этом также улучшится адгезия старого и нового бетонов. Применение фибры исключит необходимость армирования отделки.

Погрузка грунта, его транспортировка производится с помощью погрузочной машины, системы транспортеров с использованием рельсового (электровозы и вагонетки) или безрельсового транспорта.

Для эксплуатационной проверки технологии возведения МПБО с наружным слоем гидроизоляции непосредственно в процессе щитовой проходки тоннеля создается комплекс КТЭ-1 на базе серийного комп-

лекса КМ-34Гп, включающий проходческий щит ШН-1С с распекающими площадками, опалубку для бетонирования отделки и оборудование для образования гидроизолирующего слоя. К настоящему времени разработан технический рабочий проект комплекса и ведется подготовка его производства.

Комплекс обеспечивает проходку тоннеля и возведение МПБО в водонасыщенном массиве, сложенном песчаными грунтами с включениями сульфидов, суглинков и глины с возможным наличием валунов. Он будет испытан на строительстве экспериментального участка перегонного тоннеля Московского метрополитена в водонасыщенных грунтах с гидростатическим давлением до 0,1—0,2 МПа и в дальнейшем найдет применение в аналогичных условиях. В зоне проходки предусматривается временное водопонижение.

Эксплуатационная проверка технологии возведения МПБО с наружным гидроизолирующим слоем на базе серийного проходческого комплекса КМ-34Гп позволит с незначительными затратами провести ее опробование в природных условиях с целью использования в последующем проверенных технических решений при создании нового механизированного тоннелепроходческого комплекса для возведения перегонных тоннелей метрополитена с экструзионной

МПБО повышенной водонепроницаемости.

Выбор в качестве базового оборудования комплекса КМ-34Гп обусловлен также наличием его у заказчика (Мосметрострой) и обеспеченностью фронта работ для испытания технологии по возведению МПБО с помощью комплекса КТЭ-1.

Технология возведения наружного слоя гидроизоляции может применяться и со сборными отделками взамен первичного нагнетания.

Экономический эффект от внедрения предлагаемого способа реализуется в основном за счет замены дефицитной чугунной отделки тоннеля на монолитную бетонную с наружной гидроизоляцией.

Кроме того использование предложенного метода бетонирования отделки может почти полностью предотвратить деформацию грунта и осадки дневной поверхности, что обеспечит сохранность окружающей среды и снизит затраты на защиту зданий и сооружений.

На способ возведения монолитной бетонной отделки тоннеля получено решение НИИГПЭ о выдаче патента по заявке 5006886/03 (07720) от 23.10.91. Он отмечен также премией Президиума Правления Тоннельной ассоциации по итогам конкурса на лучшее предложение по гидроизоляции подземных сооружений.

Особенности применения набрызгбетона с добавкой активного микрокремнезема

М. ВАУЧСКИЙ,
инженер

Среди многообразия добавок, применяемых для модификации набрызгбетона, одно из ведущих мест занимает введение активного микрокремнезема, который представляет собой аморфную двуокись кремния, получаемую

при мпювсном охлаждении расплава. В набрызгбетонировании возможно использование двух видов микрокремнезема, выпускаемых промышленностью: силикатной пыли и аэросила.

Силикатная пыль (другие названия — микросиликат, силикатный дым) — это пыль рукавных фильтров ферросплавных производств. Она является побочным продуктом производства ферро-хрома и ферро-

представляет собой аморфные сферические частицы двуокиси кремния диаметром 0,5—0,05 мкм. Это примерно в тысячу раз мельче частиц цемента. Удельная их поверхность — около 20 м²/г (для сравнения: у цемента в среднем — 0,3 м²/г). Объемная масса силикатной пыли после стряхивания с фильтров 200 кг/м³, при плотности частиц 2200 кг/м³.

Силикатная пыль разных заводов несколько отличается по своему составу. Основным ее компонентом является двуокись кремния, содержание которой колеблется в пределах 70—90 %. Остальные 10—30 % приходятся на окиси магния, кальция, калия, серы, железа и алюминия.

Аэросил — это сырье для легкой, химической, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Он выпускается трех марок А-175, А-300, А-380, самая грубая из которых имеет частицы диаметром от 10 до 40 нм (на порядок ниже, чем силикатная пыль). Величина удельной поверхности аэросила входит в обозначение его марки, например А-175 — 175 м²/г. Это в 8 раз больше, чем у силикатной пыли. Объемная масса около 50 кг/м³ после уплотнения — 120 кг/м³. Аэросил имеет состав, сходный с силикатной пылью, но доля примесей в нем составляет около одной десятой процента. На 99,9 % это чистая двуокись кремния.

Основная особенность применения активного микрокремнезема заключается в том, что в отличие от привычных добавок его вводят в смесь в значительно больших количествах. Оптимальным считается 20 % от цемента по массе, наиболее распространенным — 7,5—10 %.

Вторая особенность — химическая. Известно, что в водном растворе между аморфной двуокисью кремния и гидроокисью кальция идет пуццоланическая реакция, в результате которой образуются низкоосновные гид-

моритового ряда. Реакция идет в жидкой фазе. В результате самый растворимый и коррозионно нестойкий элемент цементного камня — портландит (представляет собой кристаллическую гидроокись кальция) преобразуется в прочный, малорастворимый гидросиликат. Прочность и коррозионная стойкость цементного камня существенно возрастают.

Третья особенность — кристаллизационная. Частицы микрокремнезема, играя роль центров кристаллизации, ускоряют начало схватывания. При добавке активного микрокремнезема в состав набрызгбетонной смеси в количестве до 20 % от массы цемента резко возрастают тиксотропные свойства коллоида. Это позволяет наносить за один проход слой в несколько раз толще, чем обычно.

Четвертая, мало известная особенность — зависимость течения пуццоланической реакции от температуры среды. Так при температуре 35 °С реакция пачинается на вторые сутки и протекает с высокой скоростью; при температуре 20 °С она начинается на 7-е сутки, идет со скоростью образования катиона Са и затухает к 28-м суткам; при температуре + 5 °С и ниже пуццоланической реакции практически не происходит. Поэтому в зимнее время при низких температурах воздуха использование добавок аморфного кремнезема не эффективно.

При применении добавки аморфной двуокиси кремния общий объем пор почти не изменяется. Объем макропор и капилляров резко снижается за счет образования замкнутых микропор.

По данным ряда авторов¹⁻³ добавка активного микрокремнезема, изменяя поровую структу-

туру входящих в состав бетона гидросиликатов кальция, вносит в свойства набрызгбетона следующие изменения:

прочностные характеристики возрастают в два-три раза; водонепроницаемость повышается в несколько раз, достигая значений W20 и выше; уменьшается в 5—6 раз усадка и незначительно увеличивается ползучесть бетона; сопротивление абразивному воздействию возрастает на 30—35 %;

значительно повышается коррозионная стойкость бетона; улучшается адгезия к скале и старому бетону.

В набрызгбетонную смесь микрокремнезем обычно добавляют с водой затворения. Растворимость аморфного кремнезема сравнительно мала, но в виде взвеси его концентрация может быть очень велика. В 1 м³ водного шлама может содержаться до 700 кг аморфного микрокремнезема. При мокром набрызге его дозировка технологических затруднений не вызывает, при сухом — затруднения возможны, но вполне преодолимы.

При ведении набрызгбетонных работ добавка активного микрокремнезема широко используется в США, Великобритании, Канаде, Норвегии, Исландии. В нашей стране она пока не нашла широкого применения. В настоящее время отработкой технологии набрызга смесей с добавкой активного микрокремнезема заняты специалисты НИИЖБа, Энергостроя и организации МО.

Микрокремнезем дорогостоящ, поэтому целесообразно вводить его только в тех случаях, когда в полной мере используются свойства, придаваемые набрызгбетону этой добавкой.

¹Осипов А.Д. Новая минеральная добавка для цементов и бетонов. «Энергетическое строительство за рубежом». 1986, № 2, с. 38—39.

²Фролов А.Б. Свойства пуццолановой добавки-микросилики и опыт ее применения. «Энергетическое строительство за рубежом». 1987, № 2, с. 24—28.

³С.Ф. Голдобинюк, В.И. Кузин, Г.В. Пелих и др. Опыт использования добавки пыли газоочистки при производстве ферросилицида (ШТФ) в гидротехническом бетоне. «Гидротехническое строительство». 1990, № 12, с. 45—47.

Спиральное армирование железобетонных обделок метрополитена

А. АЛЕКСАШКИН,
инженер

Развитие общества неразрывно связано со строительством и его совершенствованием, сокращением материало- и трудоемкости и др.

В переходный к рыночным отношениям период эти задачи приобрели большую остроту. Метростроение, являясь важной отраслью строительного комплекса, потребляет значительные материальные и трудовые ресурсы, расходуемые на разработку породы и сооружение конструкций. Затраты труда на сооружение 1 пог. м тоннеля по сравнению с 1 очередью в Москве сократились более, чем в 3 раза. С внедрением современной проходческой техники продолжается дальнейшее их снижение, совершенствуются и ограждающие конструкции тоннелей.

Традиционные железобетонные конструкции, наряду с достоинствами, обладают рядом недостатков: малой деформативностью, неполным использованием прочности бетона и арматуры, малой энергоемкостью при деформировании, которая при одноосном сжатии составляет около $0,4 \text{ кг.см/см}^3$. Железобетонные конструкции работают и рассчитываются, в основном, при одноосном напряженном состоянии. В смежных отраслях подземного строительства (угольной, горнорудной и т.д.) нет потребности в капитальных обделках, отвечающих высоким требованиям, предъявляемым к ограждающим конструкциям метрополитенов.

Основными разработчиками обделок для метрополитенов являются, в подавляющем большинстве, научные и проектные организации, обеспечива-

ющие совместно с подрядными организациями строительство.

Железобетонные конструкции, работающие при объемном напряженном состоянии, имеют значительное сокращение расхода материалов и затрат труда на их изготовление. К конструкциям с объемным напряженным состоянием относятся пространственные тонкостенные оболочки, способные перекрывать пролеты в несколько десятков метров при толщине в несколько сантиметров. Для типовых оболочек покрытия на восприятие нагрузки 1 т/м^2 при пролете 18 м расходуется примерно $0,1 \text{ м}^3$ бетона и 6 кг арматуры. К этому классу относятся также трубобетонные, фибробетонные, спирально армированные конструкции.

Одним из эффективных способов создания объемного напряженного состояния в железобетонных конструкциях является спиральное армирование.

Оно впервые было предложено в 1900 г. французским инженером Консидером. Однако широкого применения не имеет.

При строительстве станции метро в Тбилиси были использованы спирально армированные колонны, разработанные ЦНИИ-Сом. Арматурные спирали применяются для усиления торцов железобетонных блоков кольцевой обделки перегонных тоннелей.

Исследования деформативно-прочностных характеристик железобетонных обделок, тонкостенных оболочек, балок, колонн и других конструкций со спиральным армированием выявили их повышенную эффективность и работоспособность. При спирально армированном бетоне (САБ) прочность ядра увеличивается примерно в 2—4 раза в зависимости от мощности спиральной обоймы, а продольная относительная деформация в упругой стадии достигает 5—8 % без снижения прочности. При групповом расположении спиралей в поперечном сечении железобетонного элемента эти показатели повышаются.

Характер зависимости «напряжение-деформация» для спирально армированных бетон-

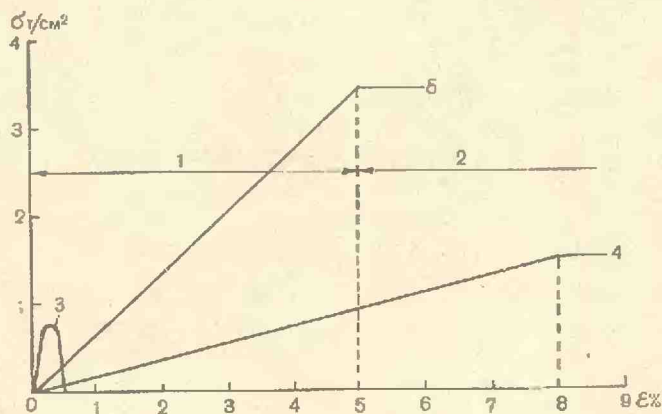


Рис. 1:
1 — упругая деформация; 2 — пластическая деформация; 3 — бетон; 4 — САБ В30; 5 — САБ В90.

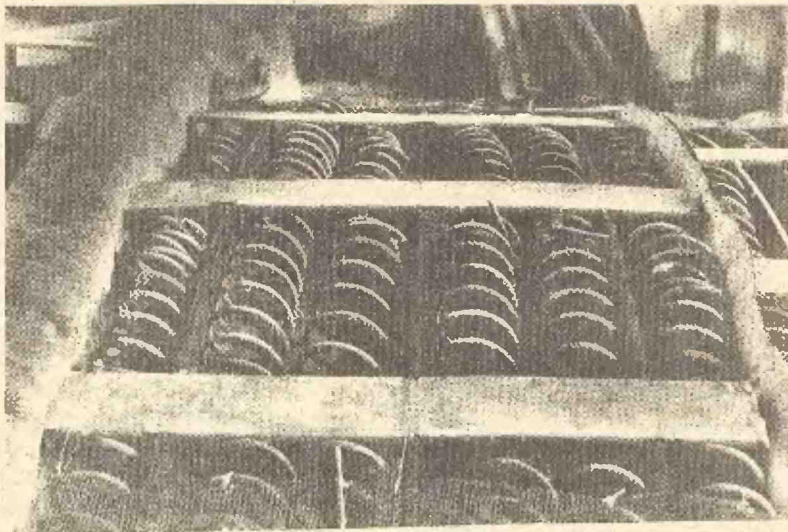


Рис. 2. Арка до бетонирования.

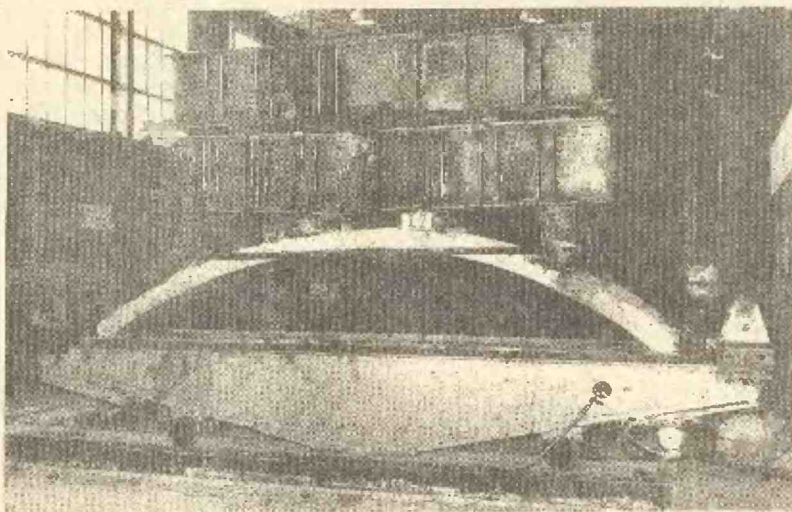


Рис. 3. Арка после испытания.

ных образцов показан на рис. 1. При разрушении в период сжатия на прессе бетонных кубов или призм образуется несколько трещин, разделяющих испытываемые образцы на отдельные блоки (куски). При объемном сжатии в САБ обра-

зуется множество микротрещин, равномерно распределенных по всему объему образца. Удельная энергия упругого деформирования в них достигала 60 кг.см/см^3 , а полная упруго-пластическая — около 500 кг.см/см^3 .

Были испытаны также железобетонные арки со спиральным армированием с металлическим листом, расположенным по внутренней поверхности. Толщина арки — 100 мм , ширина — $0,75 \text{ м}$, радиус изгиба — 3 м , пролет — 4 м (рис. 2, 3).

Спирали были изготовлены из арматуры класса АIII диаметром 8 мм , диаметром навивки спирали приблизительно 80 мм с шагом витков 50 мм . Бетон класса В30. Максимальная несущая способность арки — 180 т/м^2 .

При сооружении 1 пог. м тоннеля диаметром $5,5 \text{ м}$ из таких арок расход бетона составляет $1,75 \text{ м}^3$, арматурных спиралей — около 250 кг . При устройстве по внутренней поверхности стального листа обделка приобретает водонепроницаемость. Возможно применение САБ в сборных (заводского или полигонного изготовления) или бетонированных в проектном положении конструкциях. При использовании тонких железобетонных обделок с САБ их эффективность повышается в связи с большой гибкостью (по аналогии с новоавстрийским методом).

Высокие прочностные характеристики спирально армированного бетона позволяют достичь значительного сокращения материалоемкости строительных конструкций в метростроении.

Производство спиралей уже освоено на Очаковском заводе ЖБК Мосметростроя, в автоматическом режиме. Станок для их выпуска изготовлен механиками цеха.

Конструкция крепи ствола из монолитного железобетона и варианты технологии погружения крепи в тиксотропной рубашке

Х. АБРАМСОН,
канд. техн. наук

Сооружение шахтных стволов в неустойчивых породах зоны покровных отложений погружением крепи в тиксотропной рубашке до последнего времени осуществляется с применением сборных крепей. За годы использования этой технологии сооружено более 1000 стволов и других объектов. Глубина погружения приближается к 100 м (на одном из стволов Киевского метростроя крепь была погружена на глубину 80 м).

В практике метростроения крепление стволов осуществляется чугунными тубингами. Военными строителями для шахт диаметром 6,9 и 13 м применяются железобетонные блоки, облицованные металлом.

В период с 1952 по 1964 гг. шахтные стволы угольных шахт стали проходить со сборной крепью — железобетонными блоками. В результате более чем в два раза возросла стоимость сооружения, снизилось качество крепи, резко увеличались энергетические затраты на проветривание шахт за счет многократного увеличения аэродинамического сопротивления воздушной струе при ребристой конструкции железобетонных тубингов. Кроме того, произошло большое число аварий — обрывов тубинговых колонн с тяжелейшими последствиями (около 40 случаев). Понадобилось десять лет, чтобы отказаться от этого ошибочного технического решения и перейти к прогрессивной технологии крепления стволов монолитным бетоном с подачей смеси по трубам за инвентарные металлические опалубки.

Примерно аналогичная ситуация сложилась и в метростроении, но растянулась на пять-

десять лет. Конечно, условия эксплуатации стволов угольных шахт и вентиляционных метрополитена не адекватны в части требований к водонепроницаемости.

Давно уже возникла необходимость отказа от сборных обделок в метростроении, как это успешно решено в мировой практике, и перейти к монолитным конструкциям.

В условиях формирующихся рыночных структур особую остроту приобретает экономическая сторона вопроса, где определяющим является цена на энергоносители, материалы, оборудование. На 1.06.93 договорная цена за 1 т чугунных тубингов составила 117000 руб. Масса кольца диаметром 6 м, шириной 1 м — 7,39 т. Таким образом 1 пог. м крепи ствола из чугунных тубингов стоит 864630 руб. Цена 1 м³ монолитного железобетона — 7800 руб., расход его на 1 пог. м крепи толщиной 500 мм — 9 м³, общая стоимость составит 70200 руб. за 1 пог. м. При замене чугунных тубингов на монолитный железобетон в типовом стволе глубиной 60 м экономия только на материале достигнет 47665800 руб.

По сложившейся традиции в практике метростроения в неустойчивых и водоносных породах в большинстве случаев применяют предварительное замораживание, что в несколько раз увеличивает стоимость и сроки сооружения стволов по сравнению с погружением крепи в тиксотропной рубашке, во внедрении которой в практику подземного и шахтного строительства немалая заслуга специалистов Мосметростроя. Только на Московском и Киевском

метростроях по этой прогрессивной технологии пройдено более 80 стволов. На одном из рудников в Криворожском бассейне на трех стволах в сложнейших условиях крепь была погружена на глубину свыше 50 м. В Протвино Протонгонсельстроем сооружено 4 ствола, где крепь погружалась на большую глубину, при этом с использованием БВР прошли напластования известняков мощностью до 10 м.

Поиск новых и анализ отработанных на практике прогрессивных технических решений по совершенствованию технологии сооружения шахтных стволов погружением крепи в тиксотропной рубашке послужили основанием для разработки ряда горнотехнологических вариантов, базирующихся на применении монолитной железобетонной и бетонной крепи. Основные элементы этих технологий, прошедшие проверку практикой, признаны изобретениями, что в определенной мере характеризует новизну и технический уровень этих разработок.

Для возведения монолитной бетонной и железобетонной опускной крепи предложен принципиально новый способ, при котором опалубка установлена стационарно на уровне поверхности или в пределах опорного воротника, а сформированная в ней конструкция по мере набора прочности и разработки забоя перемещается — погружается в каждой секции в след за подвиганием выработки. При этом требуется значительное время для набора прочности бетона, позволяющая передавать на него нагрузки дократной системы.

Предлагаемая конструкция выполнена в форме жестко армированной бетонной оболочки стальными трубами, опирающимися на ножевое кольцо опускной крепи. Эти трубы, наращиваемые в каждой секции возводимой обделки, воспринимают силовые нагрузки, создаваемые гидроцилиндрами. Число труб соответствует числу гидроцилиндров в дократной системе и устанавливаются соосно с ними. Трубы по окружности скрепляются армокаркасами, образуя жесткое армирование бетонной смеси. Стыковка их производится фланцевыми соединениями, в которые упираются башмаки штоков гидроцилиндров. Передача нагрузок, создаваемых последними на трубы, исключает необходимость в приостановке погружения крепи для набора прочности бетона. Это сокращает время сооружения ствола, а за счет жесткого армирования повышает грузонесущую способность крепи (снижается толщина конструкции).

Поскольку трубы опираются на ножевое кольцо опускной крепи, представляется возможным использовать их в случае необходимости для дробления твердых включений в зоне ножевого кольца путем бурения шпуров штанговым буром через трубу. Кроме того по ней можно подавать высоконапорную струю воды для размыва уплотненного грунта, а также производить инъекции закрепляющих растворов в зоне контакта неустойчивых пород с подстилающими твердыми. С этой целью в месте примыкания первого звена трубы к ножевому кольцу через его диафрагму пропускается патрубок, имеющий выход в грунт.

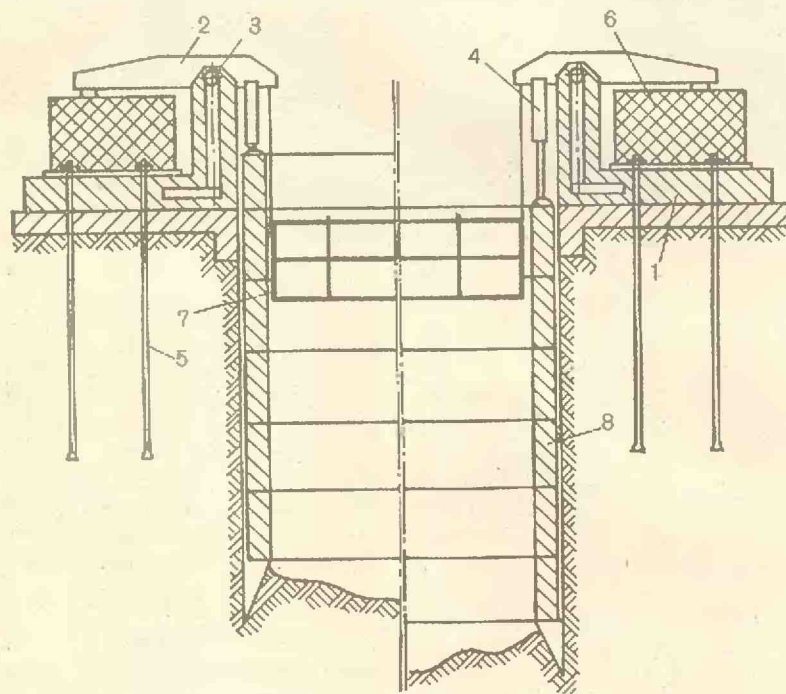
В разработанных технических решениях, связанных с конструкцией опускной крепи, приводятся технологические варианты различных конструкций опорных систем для подвески гидроцилиндров и восприятия реактивных нагрузок при силовом погружении крепи. В практике погружения крепи в тиксотропной рубашке обрабо-

ны три варианта опорных систем. Например, монолитные железобетонные массивные контрфорсные воротники — форшахты с замоноличенными балочными системами, к которым подвешиваются гидроцилиндры. Опорные воротники такого типа используются при проходке стволов на Московском метрострое. В Протвино, например, способ опускного колодца использовали без тиксотропной рубашки, поскольку масса крепи была достаточна для преодоления сопротивления ее трения о грунт. Опорные конструкции с забивкой металлических свай по контуру опускной крепи в местах установки гидроцилиндров (опытная проверка впервые была проведена на одном из стволов Мосмостростроя) применены при проходке стволов на Киевском метрострое¹ (более, чем на 15 стволах). Разработан вариант инвентарных опорных конструкций многоразового использования, выполненных из железобетонных или металлических угловых блоков с шарнирными двухконсольными опорами для подвески и упора гидроцилиндров в восприятии реактивной нагрузки² (см. рисунок).

Наиболее рациональны опорные конструкции свайного типа, а также пилвертарные из угловых конструкций. Однако последние пока еще не внедрены. Применение этих конструкций позволяет исключить значительные объемы земляных работ и последующего устройства массивного опорного воротника с затратой 500—600 м³ железобетона, что равно объему материала, расходуемому на крепь ствола глубиной 60—70 м.

Сваи из двутавровых балок после окончания погружения крепи могут быть извлечены, тогда как опорный воротник из монолитного железобетона остается в грунте.

Выше были рассмотрены решения, связанные с сооружением только верхней части



Опорная конструкция инвентарного типа:

1 — сборно-разборная угловая опора; 2 — двухконсольная опора; 3 — шарнирное крепление; 4 — гидроцилиндр; 5 — анкерное крепление опоры; 6 — пригруз для восприятия реактивной нагрузки; 7 — рабочий кольцевой полук; 8 — опускная крепь.

¹ Авторское свидетельство № 455191.

² Авторское свидетельство № 815301.

ствола в зоне неустойчивых и водоносных пород. Целесообразно использовать монолитнобетонную крепь по всей глубине ствола. В шахтостроительной практике эта проблема решена однозначно: крепь возводится снизу вверх заходками, равными «шагу» подвигания забоя в цикле 2—4 м с подачей быстротвердеющей бетонной смеси по трубам в передвижные инвентарные металлические опалубки, подвешенные на канатах. При этом согласно СНиП прочность бетона должна быть не ниже 8 кг/см^2 , что позволяет

осуществлять проходку в режиме один цикл в сутки.

Сдерживающим фактором внедрения монолитной бетонной крепи в вентиляционных стволах метрополитсна до сих пор является водопроницаемость бетона. Но ведь найдено решение, обеспечивающее водонепроницаемость железобетонных обделок!

Разработано технологическое решение, сочетающее погружение монолитной железобетонной крепи в неустойчивых и водоносных породах и монолитной бетонной в твердых породах с применением буровз-

рывных работ, механизацию погрузки горной массы, бурения шпуров и устройство монолитной обделки.

Кроме рассмотренных вариантов конструкции крепи и технологии возведения предусматривается в особых случаях, когда требуется по условиям эксплуатации сооружения абсолютная водонепроницаемость, устройство металлической оболочки — обечайки: наружной, внутренней или двусторонней. В этом случае частично или полностью отпадает необходимость в применении опалубки.

Проектные решения и опыт строительства шахтных стволов способом замораживания в сильнообводненных грунтах

В. ЯКОВАЕВ,
канд. техн. наук

Замораживание грунтов при проходке шахтных стволов было применено при сооружении подземных выработок на Западно-Сибирской ТЭЦ, которые предназначены для циркуляционных водоводов.

Район сооружения подземных выработок отличается сложными гидрогеологическими условиями.

Статический уровень подземных вод зафиксирован на глубине 3—5 м от поверхности земли. Скорость движения подземных вод достигала 0,5—1,5 м/сут (в начальной стадии работ).

Сложные гидрогеологические условия района работ до глубины 11—11,4 м предопределили при проходке шахтных стволов применение специальных способов. Из восьми стволов № 1, 2 и 4 проектом производства работ предусматривалось пройти под защитой буробетонной стены. В начальный период

при уточнении фактической гидрогеологии непосредственно у ствола № 4 установили ряд факторов, затруднявших производство цементационных работ. Поэтому было принято решение сооружать стволы способом замораживания грунтов.

При строительстве ствола № 3 для этих целей было пробурено 28 замораживающих скважин. Для контроля за процессом замораживания грунтов пробурили еще три скважины: две — термометрические и одна — гидрологическая. Глубина всех скважин 16—16,5 м. Величина заглубления замораживающих колонок в водупорные грунты предусматривалась не менее 5 м. Это вызвано тем, что верхние прослои аргиллита были разрушенными и слабыми. Общая глубина бурения скважин составила 464 пог. м длины.

До начала бурения скважин и монтажа системы замо-

раживания площадка у ствола была спланирована и забетононирована.

С поверхности земли на глубину 2 м опускали направляющий кондуктор из труб диаметром 325 мм. Скважину бурили до глубины 16 м с параллельной обсадкой трубами диаметром 219 мм. Колонна составлялась из труб диаметром 146x7 мм, отвечающим ГОСТ 632-64. При их опускании обсадные трубы извлекали. Опускание осуществляли с помощью бурового станка на сварке.

Замораживающая станция состояла из двух аммиачных компрессоров АМ-220 с общей холодопроизводительностью 440 тыс. ккал/ч. В комплект станции включены (все по 2 шт.):

конденсаторы 50 кВ;
испарители 65 ИКТ;
регулирующие станции 25 РС;

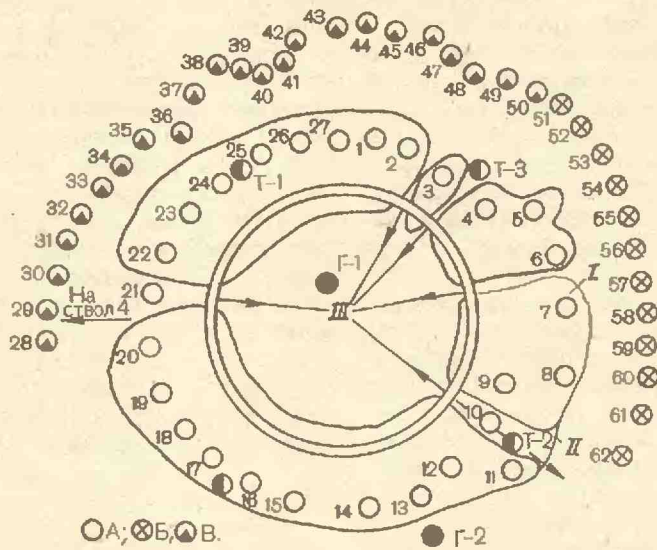


Схема расположения участков фильтрации воды в стволе и замораживающих скважин:
 Т-1—Т-4 — термометрические скважины; Г-1, Г-2 — гидрогеологические; I — ледогрунтовое ограждение; II — поступление воды в вагонопрокидыватель; III — то же, в забой; А — рассольные колонки, Б — азотные, В — дополнительные.

центробежные насосы 5 НДВ-60.

Магистральные и кольцевые рассолопроводы смонтированы из труб диаметром 219 мм.

Расчетные параметры замораживания грунтов были приняты при следующих исходных данных:

Диаметр ствола в проходке, м	6,4
Суммарная величина горюлого и гидростатического давления, т/м ²	11,8
Допускаемое напряжение на сжатие замораживаемых грунтов, т/м ²	550
Расчетная толщина ледогрунтового ограждения, м	1,0

Продолжительность активного периода замораживания грунтов проектом установлена в 40 сут. Процесс осуществили за 56 сут. Увеличение проектного срока замораживания вызвано несколько повышенной скоростью движения грунтовых вод в непосредственной близости от ствола, что привело к вынужденному его затоплению в период проходческих работ. После дополнительного замораживания грунтов (16 сут) ствол был успешно пройден.

Шахтный ствол № 4 (как было отмечено выше) первоначально планировалось пройти с помощью буробетонной стены. Для этого пробурили 22 скважины первой очереди диаметром 630 мм на глубину 7,5—14,5 м и закрепили их трубами. В связи с принятым решением по сооружению ствола методом замораживания в проект внесли соответствующие коррективы.

За время процесса в колонки поступило 3240000 м³ охлажденного рассола. Его средняя температура в первые семь суток составила от —18 до —21 °С. В течение последующих восьми суток она достигла минус 28 °С. Такая температура с незначительными отклонениями установилась до конца активного замораживания.

Проходку шахтного ствола начали при температурах в термометрических скважинах в пределах —11 °С. Температура ниже 0 °С отмечена на 11-й день работы замораживающей станции.

Данные температурных замеров показывают, что температура замораживаемых грунтов резко понижалась в первые 17—

20 сут. работы замораживающей станции (до —11 — —13 °С). В последующие 25 сут. она стабилизировалась, оставаясь практически постоянной в пределах минус 15 °С.

При сооружении ствола визуально установлено, что радиус распространения холода от замораживающих колонок в среднем составил более 1,25 м. Общий объем замороженных грунтов — свыше 600 м³. Проходку осуществляли в течение 30 сут. буровзрывным способом.

Шахтные стволы II очереди (№ 2а, 3а, 4а) в соответствии с проектом производства работ также намечалось выполнить с применением рассольного способа замораживания грунтов. Однако на участках сооружения этих стволов в период подготовительных работ режим грунтовых вод резко изменился. Это было вызвано длительными откачками воды из расположенных вблизи от выработок траншей для циркуляторов опускаемого колодца строящегося вагонопрокидывателя и ранее построенных стволов I очереди. На увеличение скорости движения грунтовых вод оказывал влияние, разрабатываемый для насосной станции. Установлено, что к окончанию проектного срока активного замораживания грунтов на шахтном стволе № 4а динамический уровень грунтовых вод был ниже статического на 8 м.

Ствол № 4а первым вариантом проекта производства работ предусматривалось сооружать также с применением рассольного способа замораживания. Для этого пробурили 27 замораживающих и 6 наблюдательных и термометрических скважин глубиной 16 м.

Замораживание осуществляли двумя аммиачными компрессорами АМ-220 общей колодопроизводительностью 440000 ккал/ч. По прошествии 45 сут. (сорок по проекту) замеры в термонаблюдательных скважинах показали следующие результаты: на основании темпера-

турных замеров установлено, что ледогрунтовое ограждение вокруг ствола в проектные сроки получено не было, поэтому приняли решение об увеличении срока замораживания. Однако и после окончания дополнительного срока температуры в скважинах № 2, 3 оставались положительными, что указывало на неполную сплошность ледогрунтового ограждения. После пробной откачки воды из ствола визуальным осмотром было установлено, что толщина ледогрунтового ограждения превышала проектную в 1,2—1,4 раза. Но при этом в нескольких местах в забой поступала вода. Ее количество составляло до 20,0 м³/ч. Скорость движения воды на участках фильтрации ее в забой — 11—20 м/сут.

Создавшаяся ситуация вынудила принять решение о применении жидкого азота. В этих целях пробурили дополнительный ряд замораживающих скважин; расстояние между ними 0,75 м. При этом замораживающие колонки № 27—35 и 50—62 были оборудованы для работы с жидким азотом (основные места фильтрации). В первую очередь в работу были включены замораживающие колонки № 50—56, далее № 57—62. Это дало положительный результат и позволило отказаться от использования замораживающих колонок № 27—35, намечаемых для работы во вторую очередь (см. рисунок).

Технология и процесс замораживания грунтов жидким азотом были следующими. Жидкий азот в передвижных транспортных резервуарах привозили на

строительную площадку с завода и сливали в стационарные емкости. Во избежание прерывов в процессе замораживания в непосредственной близости от ствола установили два стационарных резервуара ЦТК-8 общей емкостью 16 м³. Отсюда жидкий азот по специальному трубопроводу диаметром 59 мм из нержавеющей стали марки 12x18 НИОТ через резинометаллический рукав распределялся в отдельные группы замораживающих колонок. Их соединяли между собой последовательно (от трех до шести в группе). Как обычно, сначала включали в работу три колонки. При достижении температуры выходящего газа —60 °С из последней в группе колонки подключали следующую по счету группу.

Перед заливкой жидкого азота в каждой замораживающей колонке на различных глубинах замеряли температуру грунта. Контроль за процессом проводили через колонки, расположенные в непосредственной близости от работающих.

В последующем применение жидкого азота осуществляли по циркуляционному методу (когда отработанный газ азот из последней в группе замораживающей колонки с температурой —60 °С уходил в атмосферу) и подавали его через замораживающую трубу непосредственно в грунт.

Работы по замораживанию жидким азотом продолжались 16 сут. Ствол с поддерживающим режимом в зоне замороженных грунтов прошли за 15 сут. буровзрывным способом.

Контроль за процессом проводили систематически, три раза в сутки. В качестве температурных датчиков использовали серийные жидкостные термометры ТЛ-15. Данные наблюдений нанесли на специальные графики. Изменение температуры грунтов в течение суток вызывало корректировку поступления жидкого азота в систему замораживания. Регулирование давления и его количества осуществляли при помощи клапана, установленного на емкости.

При достижении температуры грунта 0 °С скорость замораживания резко увеличивалась. В последующие сутки она снижалась до —10 °С; на седьмые, восьмые от начала замораживания она достигала —50 °С. Измерения температур проводили на расстоянии 30—180 см от замораживающих колонок.

Общее количество замороженного жидким азотом грунта составило 330—360 м³. Для этого потребовалось 500 т жидкого азота. Такие большие его затраты связаны с высокими скоростями движения грунтовых вод при получении сплошности ледогрунтового ограждения в местах фильтрации.

Работа рассольной системы на стволе позволила отказаться от жидкого азота в пассивный период — период поддержания грунтов в замороженном состоянии.

Способ замораживания грунтов, примененный на строительстве стволов II очереди циркулододов Западно-Сибирской ТЭС, не имеет аналогов в отечественной практике.

Устройство антикоррозийных и гидроизоляционных покрытий обделок

А. МИШУКОВ, В. ХАРЧЕНКО, В. САМОЙЛОВ

Срок службы обделки коммунальных тоннелей существенно сокращается из-за газовой коррозии и фильтрации через нее грунтовых вод.

Как правило, меры первичной защиты железобетонных конструкций, определенные требованиями СНиП 2.03.11-85 (дополнительные требования по трещиноватости и толщине защитного слоя, применение специальных добавок и т.п.), оказываются недостаточными и особенно для обделок канализационных тоннелей. Поэтому, в последнее время для борьбы с газовой коррозией особое внимание уделяется устройству их внутренней облицовочной изоляции.

На Филевском канализационном канале $d=2,6$ м (ул. Живописная) в 1991 г. была уложена антикоррозийная облицовочная изоляция из профилированного полиэтилена по технологии научно-технической фирмы ЭСКМП. Работа выполнена трестом горнопроходческих работ № 3 Мосинжстроя.

Элементы изоляции монтировали одновременно с возведением железобетонной рубашки толщиной 140 мм с помощью опалубки, состоящей из кружал, досок и металлических сегментов. После бетонирования лотка за кружала заводились перекрывающие $2/3$ сечения тоннеля полиэтиленовые листы, с концов которых предварительно срезалась Т-образная армировка, и листы заземлялись между досок. Незакрепленная часть изоляции скатывалась в рулон для удобства производства работ. Таким способом последовательно бетонировались стены, а затем с помощью металлических сегментов — свод тоннеля.

После снятия опалубки швы между листами сваривали, расплавляя полиэтиленовый пру-

ток. Для этих целей использовали комплект оборудования РЭСУ-500В, включающий экстразивный одностольный сварочный пистолет и диафрагментный компрессор типа СО-45.

Бетонирование с устройством антикоррозийной изоляции осуществляли на трех заходках длиной по 5 м. Для монтажа изоляции на каждой из них, включая подготовительные операции, потребовалось по 1,5—2 часа дополнительно. Размеры полиэтиленовых элементов, укладываемых за опалубку, и направление армировочных выступов по отношению к оси тоннеля варьировались. Установлено, что более технологична ориентация листов, когда выступы армирования расположены вертикально. Это способствует заполнению заопалубочного пространства бетонной смесью без образования пустот и не стягивает вниз полиэтиленовые листы.

Приемочной комиссией отмечена также целесообразность применения механизированных опалубок типа ОТП конструкции НТЦ Мосинжстроя при одновременном использовании бетононасосов.

Один из наиболее распространенных способов повышения гидроизоляционных свойств тоннельной обделки — нагетание за нее цементно-песчаного и цементного растворов. Однако добиться сплошности этого покрытия в большинстве случаев не удается ввиду их расслаивания при контакте с водой. Поэтому трест ГПР-3 для проведения гидроизоляционных работ использует новый материал — полимин, представляющий собой водонабухающий полимерно-минеральный композит. Он обладает устойчивым набухающим до 50 раз в объеме при многократном замачивании, не растворяется и не разрушается

в воде, имеет относительно высокую плотность. Вязкость полимина и композиционных составов на его основе в зависимости от степени их водонасыщения находится в диапазоне от единицы до 10^7 пауз, при этом сопротивление сдвигу изменяется от 0,1 до 1 кг/см².

Проведенные в СУ № 18 треста ГПР-3 экспериментальные прокатки полимина позволили установить ряд специальных требований, которым должно удовлетворять создаваемое оборудование для нагетания: различное время на приготовление материала (от нескольких до десятков минут); клапанная система насосов должна обеспечивать принудительную работу клапанов, например, с помощью пружин или перекрывающих устройств; в насосе необходимо создать избыточное давление в несколько атм., для чего требуется сжатый воздух и герметичное выполнение емкости для перемешивания материалов.

С учетом этих требований предложен комплекс оборудования, включающий буровой насос типа БН-3 (БН-4), пневморастворонагетатель типа СО-300, компрессор типа ДК-9 (вместо двух последних можно использовать агрегат для приготовления и подачи жестких растворов типа СБ-157).

В период проведения экспериментальных работ в помещении подземного гаража, возведенного методом «стена в грунте», одна его стена находилась под сплошным покровом стекающей воды; ее слой был переменной толщины — от 1 до 15 см. На стене имелись отчетливые следы «высолов» от постоянных протечек. Расход воды из отверстий, пробуренных в ней под закачку гидроизо-

ляционной пасты, составлял от 2 до 3 л/ч.

Первоначально закачка осуществлялась через отверстия, устроенные в двух верхних углах стены. По истечении 3—4 дней на верхней ее части практически исчезла водяная пленка. Затем в стене пробурили еще три отверстия (два по нижним углам и одно — в центре плиты); расход воды составил 2—3 л/ч. После закачки в них гидроизоляционной пасты поступление воды прекратилось и через 8 дней стена полностью просохла.

Последующие многомесячные наблюдения не выявили каких-либо изменений во влажности стен и пола помещения.

Таким образом эффективным является применение водонабухающего материала в качестве наружного гидроизоляционного слоя подтвердилось.

Другое направление повышения сплошности слоя гидроизоляционного покрытия — это способ сооружения тоннелей, при котором сборку первичной обделки осуществляют в дополнительном, установленном в хвостовой части щита, кольце, а в зазор между наружной поверхностью блоков и внутренней поверхностью хвостовой оболочки щита подают уплотнительный материал. Его затем прессуют осевым перемещением кольца. В этот момент происходит обжатие первичной обделки и заполнение данным материалом строительного зазора. Предложенное специалистами НТЦ Моснижстроя устройство может производить многократную подпрессовку уплотнительного материала при неподвижном щите. По сравнению с известными такое техническое решение позволяет упростить и усовершенствовать технологию нагнетания тампонажного раствора за обделку и отказаться от дополнительного сло количества. За счет прессования по всему периметру щита можно достичь гарантированного заполнения строительного зазора и создать тем самым бездефектную оболочку, которая, в зависимости от свойств уп-

лотнительного материала, будет как гидроизоляционной, так и антикоррозийной.

Один из наиболее технологичных способов облицовочной защиты коммунальных тоннелей, с точки зрения строителей, — это нанесение на внутреннюю поверхность обделки полимерцементного торкрета.

Экспериментальные работы, а затем промышленное использование технологии нанесения цементного раствора с добавкой латекса проводились трестом ГПР-3 совместно с лабораторией композиционных материалов отдела НИС-3 Оргспецстроя в 1988—91 гг. на подводном коллекторе к Ново-Люберецкой станции аэрации. В состав его входил дюкер длиной 1875 м, состоящий из трех сборных железобетонных трубопроводов с внутренним $d=3,5$ м. Их кольца устанавливаются на монолитную плиту и заключаются в монолитную железобетонную обойму. Изнутри кольца должны были покрываться эпоксидной мастикой в два слоя. Каждый трубопровод подлежал проверке на герметичность путем опрессовки при расчетном внутреннем напоре.

По результатам расчета напряженного состояния дюкера ожидаемая величина деформации поверхности основания при эксплуатационной нагрузке находилась в пределах 1—2,5 мм. Это обстоятельство обусловило применение изоляционных материалов с более низким модулем деформации, чем у эпоксидной мастики. Высокая трудоемкость ручного нанесения и вред здоровью обслуживающего персонала при использовании метода напыления потребовали замены материала и технологии устройства изоляции. Приняли упомянутый цементно-песчаный раствор класса В15 с добавкой латекса СКС-65 ГП марки «В».

Первоначально при проведении испытаний торкретирование выполняли с помощью установки «Пневмобетон» конструкции ЦНИИОМТП. Однако недостаточная мощность ее растворонасоса не позволяла

обеспечить требуемую исходную густоту смеси и необходимое содержание в ней полимера. Смесь использовалась подвижностью 20—22 см (вместо 10—12) при содержании полимера на 25—30 % меньше нормы. Избыточное количество воды в ней привело в итоге к появлению усадочных деформаций в виде мелких трещин, что, естественно, сказалось на прочностных характеристиках слоя изоляции. Кроме того, неравномерность подачи смеси из-за пульсации, связанной с конструктивными особенностями установки, не позволила достичь необходимой прочности и водонепроницаемости полимерцементного покрытия при требуемой производительности работ.

В дальнейшем торкретирование производили с помощью двух бетононасосов В-1002 фирмы «Путцмайстер». Их сопловые системы переоборудовали с целью снижения реактивного воздействия на рабочий. Смесь на объект доставляли из централизованного узла в АБС и растворовозах СБ-89Б и подавали непосредственно в присыпный бункер бетононасоса или в перегружатель роторного типа. Мерную дозу латекса добавляли в присыпный барабан АБС (растворовоза) и тщательно перемешивали. При производительности бетононасоса 8—12 м³/ч слой толщиной до 20 мм наносился в течение 20—30 мин на длину дюкера 15—20 м. Необходимая толщина изоляционного покрытия в 40—45 мм обычно достигалась за 3 прохода. Потери раствора не превышали 3—4 %.

Физико-механические характеристики материала определялись в лаборатории на образцах, отформованных на месте производства работ. Испытываемые образцы имели различные характеристики: по прочности на сжатие — от марки В7,5 до В15; по водонепроницаемости — от W 2 до W12; по прочности на растяжение — от R10 до R20.

Гидравлические испытания зафиксировали достаточную герметичность отдельных участков трубопроводов, где утечки не

превышали допустимых: 6,22 л на 10 м тоннеля.

В то же время наблюдались трещины, появившиеся в зоне устройства температурных швов в железобетонной обойме. Для их устранения потребовалось дополнительное омоноличивание и нагнетание цементного раствора.

Результаты проведенных экспериментальных работ показали целесообразность использования цементно-песчаного раствора с полимерными добавками для повышения водонепроницаемости тоннелей и торкрета, осуществляемого бетононасосами небольшой производительности,

как одного из наиболее технологичных способов нанесения покрытия.

Тресту ГПР-3 следует продолжить начатые исследовательские и опытно-конструкторские работы в этой области.

Совершенствование метода полимер-цементного торкретирования надо вести в направлении внедрения отечественных бетононасосов производительностью 6—12 м³/ч (прототипом может послужить СБ-165 ВНИИстройдормаша) с роторным перегружателем по принципу штукатурных станций, или применения растворов с увеличенным (до 2

раз) объемом емкостей и гибкими рукавами $d=60-70$ мм для транспортировки смеси.

Для совершенствования метода устройства облицовочного полиэтиленового покрытия необходимо модернизировать механизированные опалубки типа ОТП, обеспечивающие закрепление и удержание листов полиэтилена при подаче смеси бетононасосами.

В то же время для улучшения технологии, базирующейся на инъекции водонабухающих полимерно-минеральных композитов, нужны более современные конструкции растворонасосов.

Проект XXI века

Тоннель под Беринговым проливом

С. ВЛАСОВ, канд. техн. наук (Тоннельная ассоциация);

В. МЕРКИН — *g-p* техн. наук (НИЦ ТМ);

В. МОСТКОВ, *g-p* техн. наук (МИИТ)

В настоящее время инженерной общественностью широко обсуждается вопрос о сооружении железной дороги, которая соединит Северо-Американский и Азиатский континенты, т.е. фактически восточное и западное полушария Земли, и пройдет в тоннеле под Беринговым проливом между Аляской и Чукоткой.

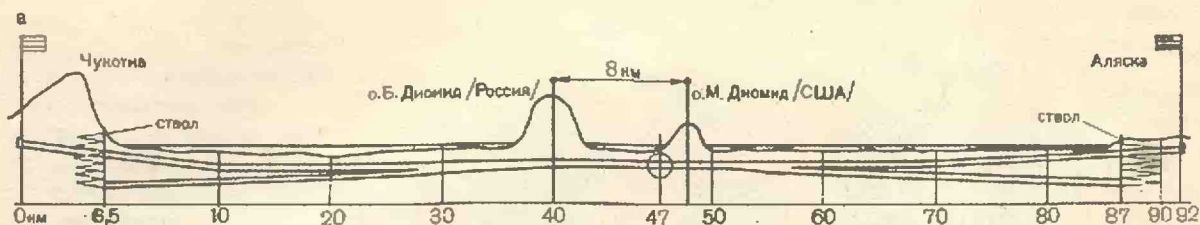
Идея дороги основывается на двух положениях: во-первых, возможность обеспечить кратчайшей связью Азиатский и Американский материк, во-вторых, полутное освоение и использование минеральных ресурсов Аляски и Сибири, что одновременно будет способствовать межнациональному общению и туризму.

Известно, что железные дороги — это наиболее экономически и экологически безопасный вид наземного транспортного сообщения для перевозки грузов и людей на

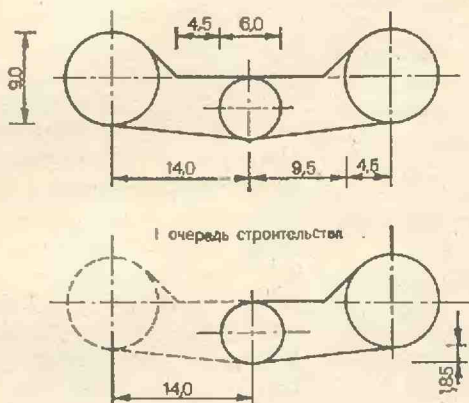
большие расстояния и в больших количествах. Мы также полагаем, что с развитием новых технологий значение железнодорожного транспорта будет расти и в будущем. Век железных дорог еще достигнет высшей точки своего развития. И вполне логично, что для строительства этой транспортной магистрали выбрали именно железную дорогу, как единственный вариант наземного сообщения, функционирующий круглый год и в любую погоду с высокой эффективностью, приемлемый для северных широт. Трасса железной дороги протянется на многие километры, будет проходить по сильно пересеченной местности, преодолевая горные хребты и реки в условиях сурового климата и отсутствия подъездных путей.

На стадии предпроекта предполагается соединить существующую конечную железнодорожную станцию в Канаде (пров.

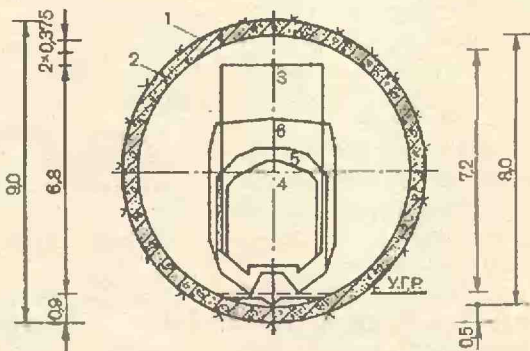
Британская Колумбия) с городом Форбенкс на Аляске (США), выйти на побережье Чукотского моря у мыса Сьюард; соорудить тоннель под Беринговым проливом; проложить железную дорогу через Восточную Сибирь; соединить ее с Байкало-Амурской магистралью и Транссибирской железной дорогой, перейдя на 1,5-м колею, а затем с железнодорожной сестрой Китая, имеющей стандартную колею. Это обеспечит доступ к системе железных дорог Китая. В перспективе предполагается соединиться с железнодорожными системами Кореи и Вьетнама (колея стандартная) с помощью подводных тоннелей, строительство которых возможно в будущем между материком и Японскими островами, и с системой Японии. Длина железнодорожной магистрали из Северной Америки в Россию и Китай составит около 7200 км.



б



в



а — железнодорожный тоннель под Беринговым проливом; б — схема расположения основных и служебного тоннелей (в м); в — поперечное сечение и габариты приближения в основном тоннеле:

1 — контур тоннеля, пройденного механизированным комплексом; 2 — бетонная обделка, возводимая по временной крепи из анкеров, проволоочной сетки и набрызгбетона; 3 — стандартный контейнер; 4 — габарит Британских железных дорог; 5 — то же, Швейцарских железных дорог; 6 — габарит тоннеля через пролив Ла-Манш.

Важнейшим объектом этого грандиозного проекта является тоннель под Беринговым проливом. По середине между двумя континентами расположены два острова, что безусловно облегчит проходку тоннеля. Острова разделяют все расстояние на три участка (рис. а): 40,6 км (22 мили) от мыса Сьюард на Аляске до острова Малый Диомид; 4,6 км (2,5 мили) между островами; 40,6 км (22 мили) от острова Большой Диомид к мысу Дежнева на Азиатском материке. Ориентировочная длина подводной части составляет около 84 км, а всего с подходными участками она превысит 90 км. Все цифры нуждаются в уточнении.

Данные предварительных геологических исследований показали, что дно относительно неглубокого моря между материками образовано гранитным массивом. Самое глубокое место — 54 м расположено между островом Малый Диомид и мысом Принца Уэльского полуост-

рова Сьюард. Эта глубина уступает глубине пролива Ла-Манш. Минимальная толщина слоя скальных пород над сводом тоннеля ориентировочно составляет 65 м.

По предварительному проекту специалистов США тоннель представляет собой сооружение, состоящее из двух однопутных железнодорожных тоннелей кругового очертания диаметром 9 м (рис. б), расположенных друг от друга на расстоянии 280 м в осях. В середине этого расстояния расположен служебный тоннель диаметром 6 м.

Подводная часть основных тоннелей — горизонтальна. Отвод грунтовых вод осуществляется по дренажной системе в служебный тоннель, который через каждые 2 км соединяется сбойками с основными тоннелями. Сбойки имеют уклон в сторону служебного тоннеля, проложенного с уклоном 0,5 % от центра в направлении к материкам с целью самотечного движения грунтовой воды при проходке.

Предполагается, что в период производства работ служебный тоннель будет использован для вентиляции и транспорта, а в процессе эксплуатации — для пропуска коммуникаций и инспекционных работ в основных тоннелях. На первом этапе намечено пройти служебный тоннель и южный основной.

Проектирование и строительство уникального тоннеля через Берингов пролив является сложнейшей инженерной проблемой, требующей решения целого ряда задач, включающих: проведение инженерно-геологических изысканий; разработку конструкций тоннелей, способов организации и производства подземных работ с выбором и изготовлением специального оборудования; создание различных устройств для обеспечения безопасной эксплуатации тоннелей и др.

Кроме тоннеля через Берингов пролив по трассе Трансконтинентальной железной дороги предстоит проложить 25—35 км тоннелей через горные

хребты, тектонические разломы, в сейсмических районах.

В организационном плане решение этой проблемы начинается с осуществления следующим образом. Создана Международная Корпорация «Трансконтинентальная железная дорога и тоннель через Берингов пролив» с отделениями в России и США.

Этими отделениями проведены два рабочих совещания в Вашингтоне (21—23 июня 1992 г.) и в Москве (12—14 января 1993 г.), на которых обсуждались проблемы ТКЖД, а также консультации на правительственном и парламентском уровнях. Эти встречи показали целесообразность и своевременность в интересах ряда стран начать работы по предварительному изучению основных аспектов этой сложнейшей в социально-экономическом и политическом плане, но реальной по техническим возможностям задачи. Этот проект, безусловно, пройдет через все общепринятые стадии. Однако его масштабы и сложность требуют проведения одного-двух предварительных этапов изучения. В качестве первого, по согласованию с американской стороной, предлагается разработать «Общую концепцию проекта Трансконтинентальной железной дороги и тоннеля через Берингов пролив».

При наличии финансов всю работу планируется выполнить в 1993—94 гг. за 18—20 месяцев специалистами России и США, организуемыми во временные творческие коллективы.

Основными направлениями изучения будут: тенденция развития мировой экономики в плане влияния на развитие межконтинентальных транспортных связей и прогноз социально-политических последствий реализации проекта; определение и оценки экономических и социальных условий стран и регионов, примыкающих к дороге; расчет возможного грузооборота и взаимодействие с другими видами транспорта; перспектива освоения минеральных и сырьевых ресурсов в Сибири и па-

Дальнем Востоке; экологические проблемы.

Важными направлениями исследований являются, конечно, аспекты, связанные с определением стоимости сооружения тоннеля под Беринговым проливом. Будет уделено также внимание вопросам изучения оценки вариантов трассы ТК железной дороги и основным техническим решениям строительства самой дороги, энергетической базы и другим проблемам.

Для тоннеля программа исследований должна предусматривать следующие разделы:

1. Трасса и габариты тоннелей.

На основании анализа имеющихся фондовых материалов инженерно-геологических изысканий (включая космическую съемку) по вариантам трасс Трансконтинентальной железной дороги выбираются возможные места пересечения тоннелями Берингова пролива горных хребтов и параметры их трасс. Необходимо установить количество тоннелей (однопутные или двухпутные) и размеры их поперечного сечения, в том числе и сервисного с учетом прокладки в нем высоковольтных кабелей электропередач и различных коммуникаций (трубопроводов, газопроводов и др.).

2. Инженерно-геологические изыскания.

Необходимо составить предварительные инженерно-геологические разрезы по трассе тоннелей с определением физико-механических и геотехнических характеристик грунтов, подготовить программы инженерных изысканий и исследований для разработки технико-экономического обоснования и проекта.

3. Конструкция тоннелей.

Должны быть разработаны и научно обоснованы варианты конструкций тоннелей с учетом инженерно-геологических, геологических, климатичес-

ких и сейсмических условий строительства. На основании сравнения вариантов будут выбраны рациональные конструкции тоннелей и внесены предложения по созданию геотехнического Мониторинга системы «обделка-горный массив».

4. Организация строительства.

Следует разработать варианты технологических схем сооружения тоннелей и установить требования к составу и характеристикам основного оборудования. Провести анализ имеющейся документации и обследования местности и дать предложения по прокладке временных транспортных путей, возведению поселков, промбаз и карьеров строительных материалов; разработать общую схему организации работ с календарными графиками. В докладе должны быть сформулированы технические предложения по созданию системы автоматизированного управления строительством тоннелей.

5. Производство работ.

Планируется провести сравнение и выбор рационального варианта технологии сооружения тоннелей, определить перечень необходимого технологического оборудования (комбайн, буровые установки и др.), а также найти способы преодоления зон тектонических разломов и ликвидации прорывов воды в тоннель.

6. Устройства для постоянной эксплуатации тоннелей.

Здесь следует разработать и принципиальные схемы постоянной эксплуатации тоннелей, включая вентиляцию, энергообеспечение, теплоснабжение, а также мероприятия по пожарной безопасности.

7. Сметно-финансовые расчеты.

Предстоит определить технико-экономические показатели и

затраты по всем предлагаемым вариантам решений и выбрать наиболее целесообразный для дальнейшей проработки его в ТЭО.

Подготовку такого доклада с российской стороны рекомендуется выполнить временным творческим коллективом, состоящим из наиболее квалифицированных специалистов — известных ученых, проектировщиков и организаторов производства. Этот коллектив целесообразно скомплектовать Тоннельной ассоциацией, которой поручить координацию всех работ по выполнению вышеуказанной сложнейшей программы в течение 1,5—2 лет.

На совещании в Москве было принято также решение образовать специальный фонд под условным названием «Трансконтиненталь». Его целью является привлечение мировой общественности, ученых и специалистов, профессиональных

организаций, министерств и ведомств, крупных финансовых и промышленных структур, администраций и правительств заинтересованных стран и регионов для всестороннего изучения комплекса социально-политических, экономических, технических, экологических и других аспектов подготовки и осуществления международного проекта межконтинентальной железной дороги и тоннеля через Берингов пролив, разработки стратегических направлений и координации такой деятельности.

Членство в Фонде даст приоритетное право на участие в международной программе исследований по проекту, возможность активно влиять на состав программы и распределение средств по ней, а также гарантирует участие в создаваемом Международном акционерном обществе по строительству и эксплуатации межконтинентальной железной дороги и

тоннеля через Берингов пролив с зачетом внесенной в Фонд суммы и увеличенной в соответствии с программой индексации, учитывающей срок внесения и размер взноса.

Сумма взноса для каждого индивидуального члена фонда определена в 1000 долларов США или эквивалентную сумму в рублях или любой другой СКВ по официальному курсу.

Сумма взноса для организаций коллективных членов Фонда устанавливается на договорной основе, но не может быть менее взносов индивидуальных членов.

В заключении хочется отметить, что это первая информация о глобальном транспортном проекте. Делаются первые шаги и, если такое большое дело начнет продвигаться, то Российской научной и инженерно-технической общественности предстоит большая и интересная работа.

Государственному предприятию «Метромаш» — 60 лет

А. ЖУКОВ, генеральный директор;
М. ШЕНКМАН, начальник технического отдела

Как быстро летит время — «Метромашу» уже 60 лет.

Вся история этого Государственного предприятия тесно связана с историей отечественного метро- и тоннелестроения, с историей строительства первого в нашей стране Московского метро.

В октябре 1933 г. приказом по Управлению строительства Московского метрополитена центральные электромеханические мастерские Мосметростроя, расположенные на Верхней Красносельской улице были преобразованы в завод. К этому моменту он имел в своем составе четыре цеха: механический, ко-

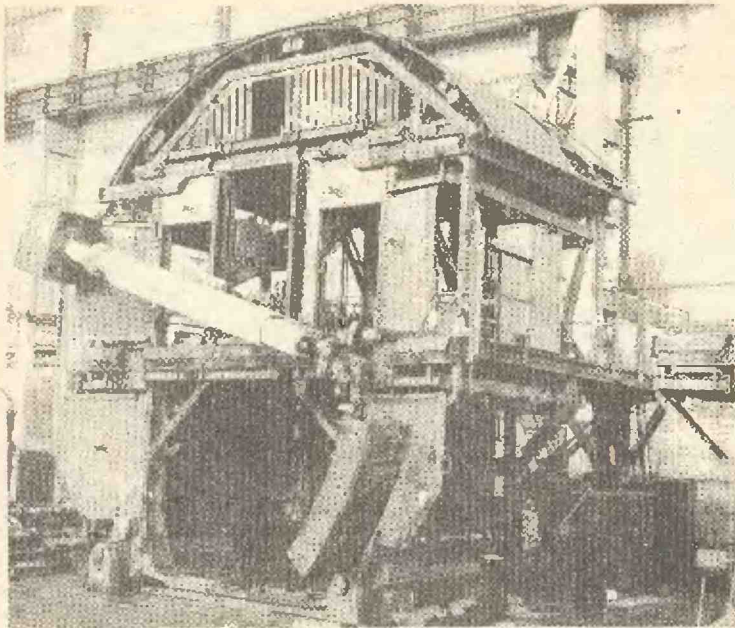
тельно-сварочный, кузнечный и электромонтажный.

Перед коллективом завода была поставлена конкретная задача: обеспечить ремонт оборудования, поступающего с шахт I очереди Московского метрополитена.

В начале 1935 г., в связи с подготовкой строительства II очереди и возрастающей потребностью в горнопроходческой технике, завод перебазировался на новую территорию в район Черкизово. В результате значительно увеличились производственные площади и число подразделений завода, выросла

техническая оснащенность цехов и, следовательно, технические возможности. Кроме ремонта завод перешел на выпуск горнопроходческой техники.

На строительство II очереди Московского метрополитена заводом поставлялись: укладчики для прокладки перегонных тоннелей диаметром 6 м и станционных диаметром 8,5 м и укладчики для сооружения пакловых (эскалаторных) тоннелей; питатели, шахтные клетки, вентиляторы, металлоконструкции шахтных комплексов, различное нестандартное оборудование, опрокиды.



Укладчик ТУ-2ГМ.

Начавшаяся в 1941 г. Великая Отечественная война прервала мирный труд заводского коллектива. Большую его часть вместе с основным оборудованием срочно перебазировали в Сибирь, где в кратчайший срок был налажен выпуск продукции для нужд фронта. Немало заводчан ушло на фронт.

Но и во время войны продолжались работы по прокладке метрополитена в Москве и оставшаяся часть коллектива

продолжала выпускать механизмы и нестандартное оборудование для стройки. На базе этого коллектива и был образован «Механический завод № 5 Метростроя». Это название падождо сохранилось в памяти метростроителей и им порой пользуются по сей день, хотя с тех пор оно менялось неоднократно.

В конце 1944 г. возвратились в Москву специалисты, эвакуированные в Сибирь. Они

вошли в состав Механического завода.

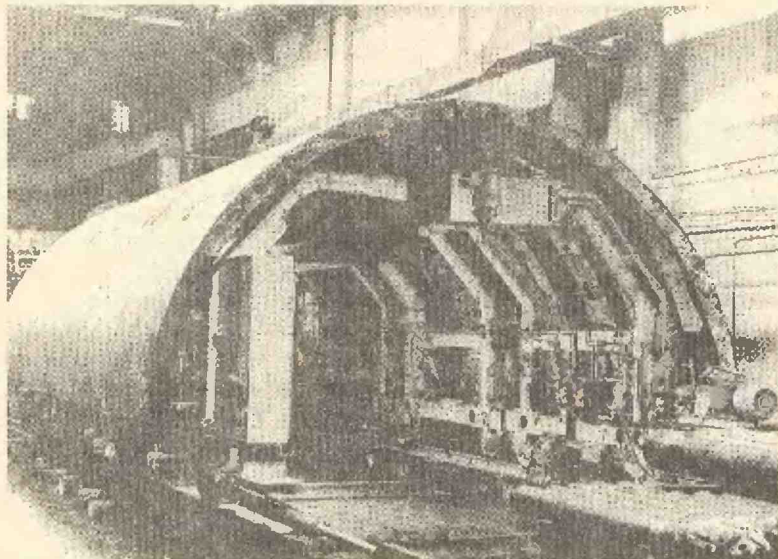
Вновь наращиваются производственные мощности, расширяется номенклатура выпускаемых механизмов и изделий для метростроителей. К началу 50-х гг. коллектив осваивает выпуск эскалаторных и стационарных тубингов.

С началом строительства метро в других городах нашей страны возрастает потребность в новом горнопроходческом оборудовании, специальных козловых кранах, в стационарных и эскалаторных тубингах, растут производственные мощности завода.

В 1951 г. на заводе создается специальное конструкторско-технологическое бюро (СКТБ), в котором проектируется основная часть новой горнопроходческой техники.

В 1970 г. вступает в строй цех сборки щитовых комплексов площадью 4200 м², в 1977 г. заканчивается реконструкция блока цехов по выпуску эскалаторных и стационарных тубингов, увеличивается производство козловых кранов различной грузоподъемности.

По проектам заводского КБ за короткий срок были изготовлены и поставлены метростроителям страны механизированные проходческие комплексы: со щитом 105к — для проходки перегонных тоннелей в крепких породах со сборной обделкой и 105г — для аналогичных условий, но с возведением монолитно-прессованной обделки, которые использовались для строительства перегонных тоннелей в Москве и Тбилиси; со щитом ЩМ-4, успешно работающим на сооружении перегонного тоннеля в Москве в породах средней крепости; комплексы со щитами ЩН-1 — на строительстве перегонных тоннелей в Харькове, Будапеште и гидротехнических тоннелей в Ставропольском крае; со щитами ЩМ-17 и ЩМ-17М — в Москве и Нижнем Новгороде при прокладке пере-



Механизированная опалубка ОИС-16 для бетонирования штатной.

гольных тоннелей в песчаных породах.

Выпущена серия комплексов КМ-24 со щитом ЩМР-1 с роторным исполнительным органом для пород средней крепости, которые успешно вели проходку в Москве и Кисве.

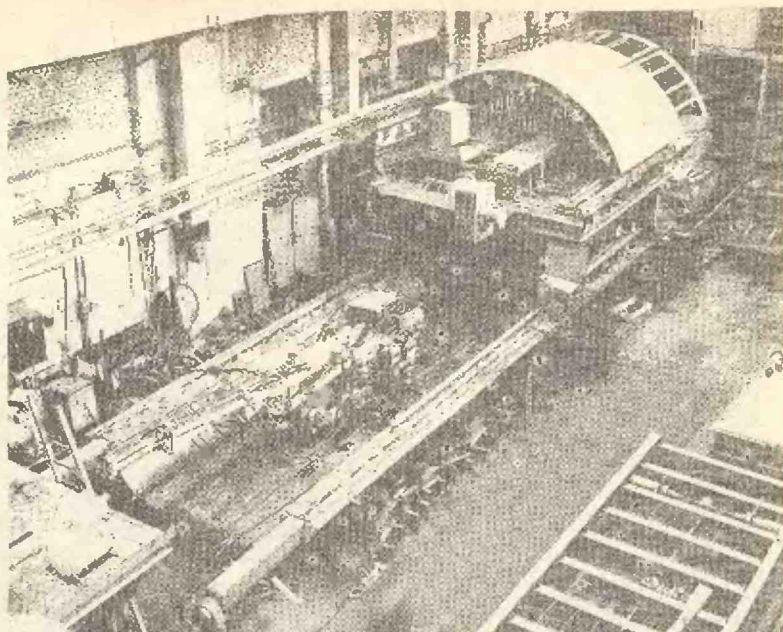
В 70-х гг. заводом было освоено производство механизированных щитовых проходческих комплексов для сооружения коллекторных тоннелей диаметром 2,56 и 3,6 м.

Изготавливаемая заводом горнопроходческая техника и козловые краны поставлялись не только на многочисленные стройки бывшего Союза, но и за рубеж: щиты $d=3,6$ и 2,56 м — в Японию, комплексы со щитом ЩН-1 — в Венгрию, КМ-34ГП с частично механизированным щитом ЩН-1С диаметром 5,5 — в Чехословакию, Польшу, Болгарию и Индию; основной парк горнопроходческой техники Пражского Метроставы состоял из щитов и укладчиков нашего завода, многие станции Пражского метро возведены из тюбинговой обделки, выпускаемой на заводе.

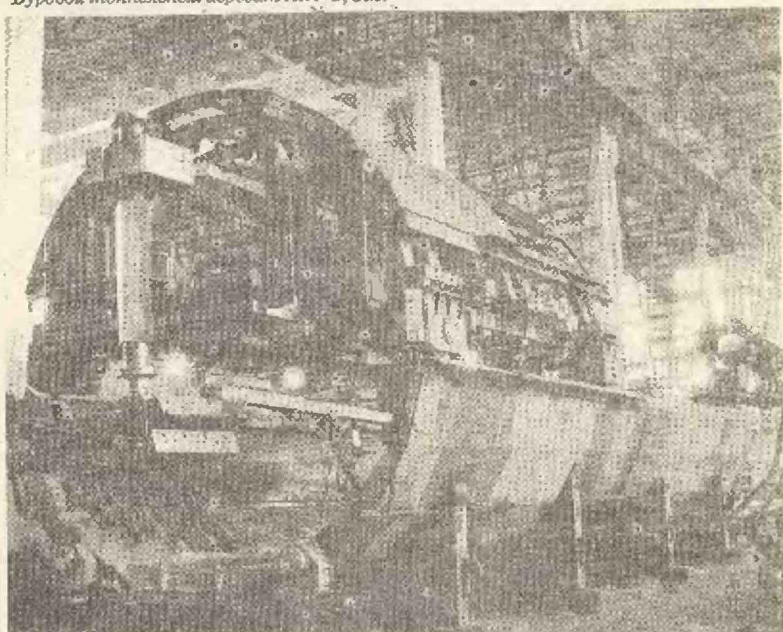
Наряду с созданием техники для строительства метрополитена разрабатывалось оборудование для сооружения других транспортных объектов: механизированный комплекс со щитом ЩН-15 диаметром 8,5 м для железнодорожных тоннелей, проходческие буровые агрегаты ПБА-1, ПБА-2, многочисленные механизированные опалубки МО-2, МО-5, МО-26, МО-18 и др.

Многочисленное оборудование выпускалось для проходки гидротехнических тоннелей. Созданы и налажены в производстве пневмобетононагнетатели ПН-0,3, ПН-0,5, ПБУ-5А.

С 1977 г. коллектив начал тесное сотрудничество с СКТВ Главтоннельметростроя. По его проектам за последние 15 лет были выпущены: агрегаты АБТ-5,5, АБТ-5,5М; КИМ-11 для сооружения перегонных тоннелей буровзрывным способом с

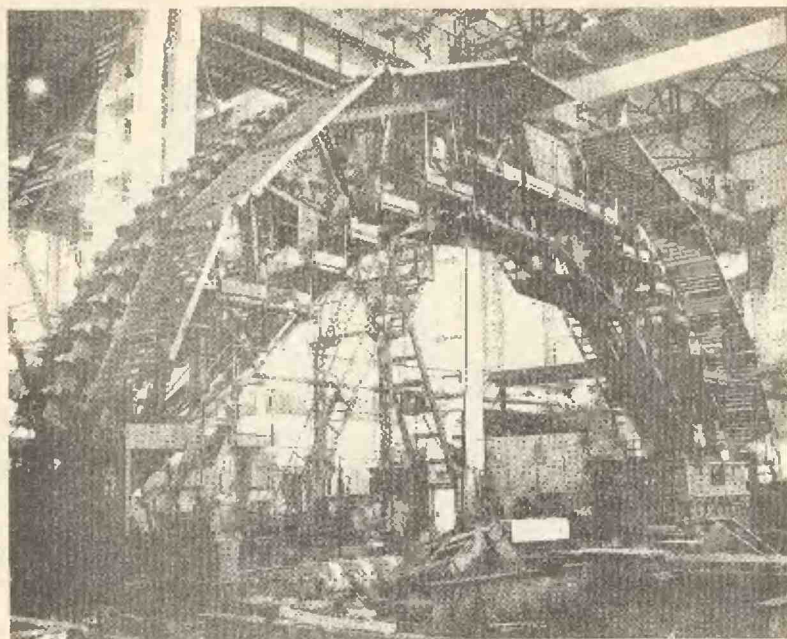


Буровой тоннельный агрегат АБТ-5,5М.

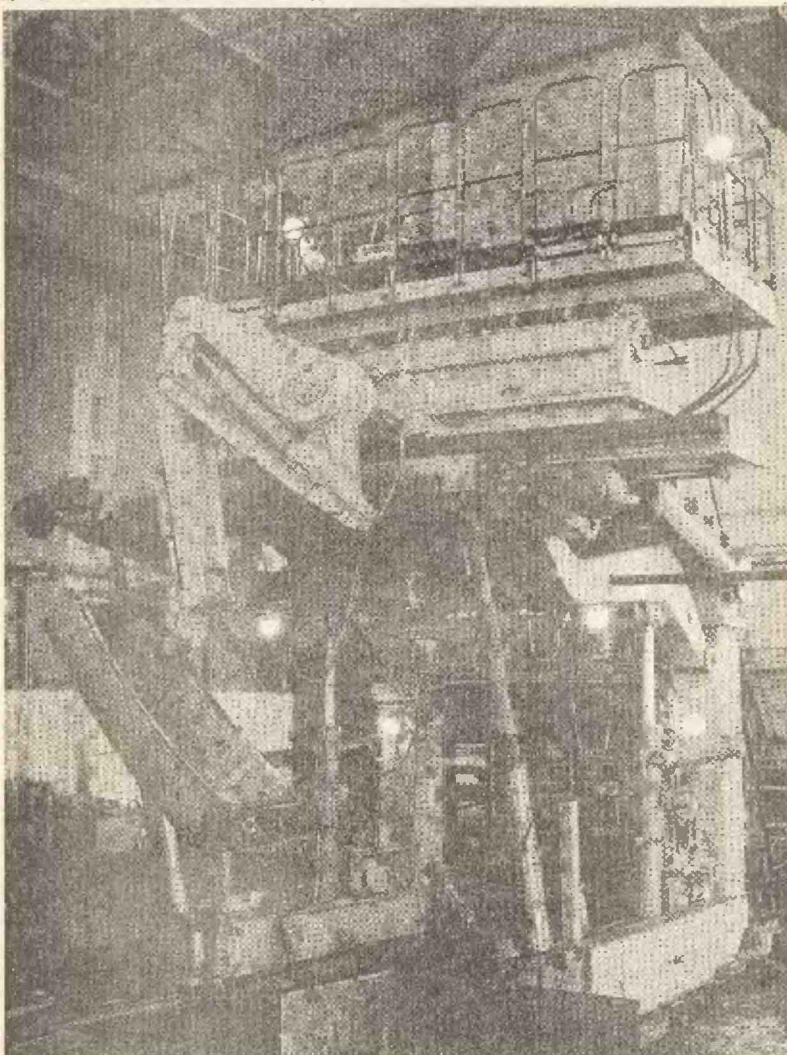


Проходческий механизированный комплекс КИМ-11.





Укладчик для сооружения свода односводчатой станции глубокого заложения УСО-1.



Укладчик коротких выработок УКВ-2.

машинным обуриванием забоя; механизированные комплексы КМ-42, КМ-43, КМ-42М1 с экскаваторными рабочими органами для проходки перегонных тоннелей; укладчики тоннельной обделки на коротких участках УКВ-1 (для диаметров 4—6 м) и УКВ-2 (для диаметров 6—9,5 м); пневмобетонагистатели ПБН-1,5, ПБН-3,2 емкостью соответственно 1,5 м³ и 3 м³.

В настоящее время завод выпускает уже ставшими серийными комплексы КМ-14ГП; КМ-15ГП; КМ-34ГП и др.

Трудно найти сейчас на карте бывшего СССР объект подземного строительства, где бы не использовалось оборудование нашего объединения — это Грузия, Азербайджан, Армения, Таджикистан, Казахстан, Украина и Прибалтика.

За успехи, достигнутые коллективом в оснащении транспортных строителей высокопроизводительной техникой, завод неоднократно награждался почетными грамотами и дипломами, переходящими Красными Знаменами и премиями. Многие трудящиеся завода за свой многолетний и добросовестный труд награждены высшими наградами Родины.

Большой вклад вносят рабочие и инженерно-технические работники, которые трудятся в объединении свыше 50 лет — Кузнецов И.П., Дынько Е.П., Моисеев П.И., Моершия А.А., Розанова А.Н.; более 40 лет — Зайцев И.К., Груздев А.А., Марченко А.А., Мироненкова Т.И., Гладышев А.В., Макаров Д.А., Прудников М.В., Сатрудинов Г.Ф., Петров В.С. и многие другие.

Коллектив завода все эти годы работает в тесном контакте с производственными, научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими организациями, такими как Московский метрострой, ЦНИИС, СКТБ Тоннельмострой, Метрогипротранс и другие.

За 60 лет своего существования завод из мастерских Мосметростроя превратился в высокопроизводительное предприятие по выпуску современной техники для метрополитенстроителей и, несмотря на то, что как и вся страна, объединение

переживает сейчас не лучшие времена, сохраняется квалифицированный костяк машиностроителей, ведется реконструкция производственных цехов, обновляется станочный парк, налаживается выпуск товаров для населения.

Квалифицированный и слаженный коллектив ГП «Метромаш» будет и дальше принимать самое активное участие в стабилизации и ускорении темпов строительства метрополитенов и других транспортных сооружений.

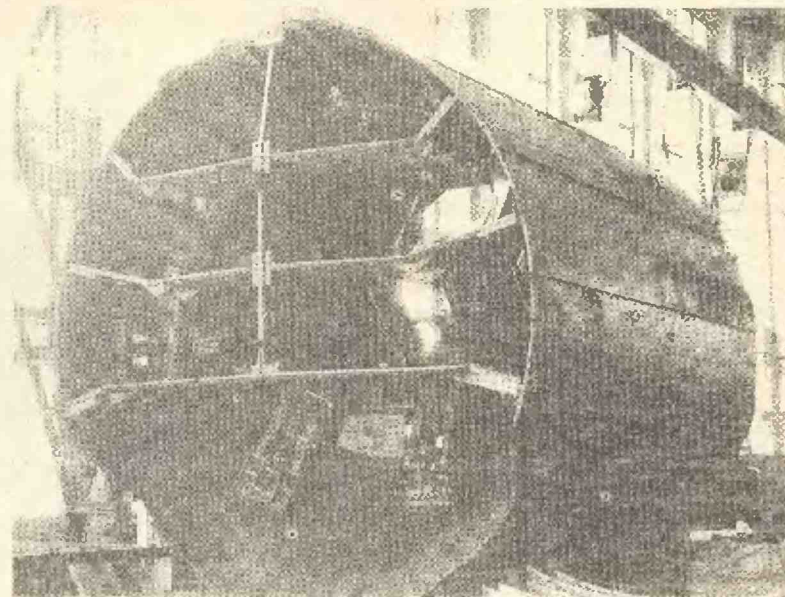
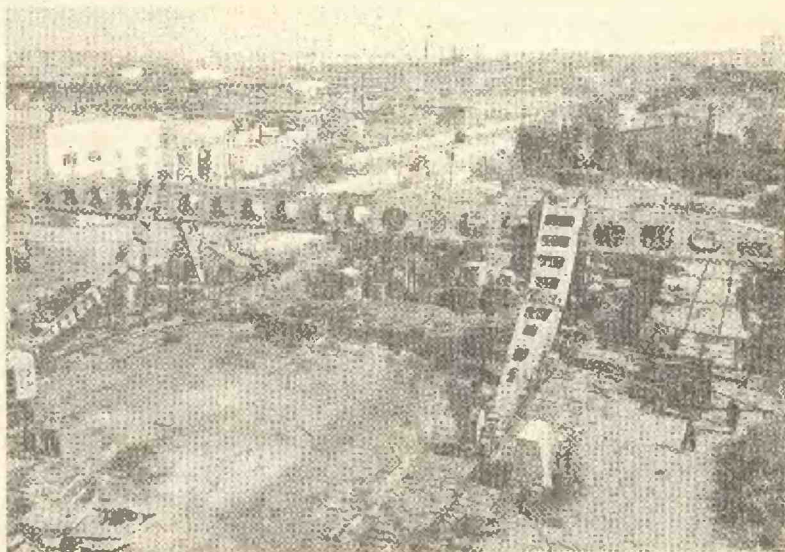
К 60-летию ГП «Метромаш»

В творческом содружестве с наукой

В. МЕРКИН,
директор НИЦ ТМ, проф., д-р техн. наук

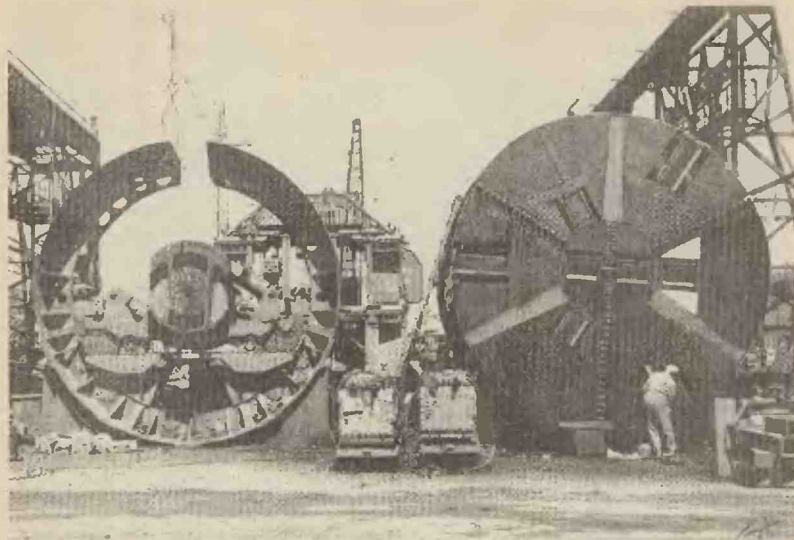
Являясь основной машиностроительной базой в отечественной отрасли метро- и тоннелестроения с момента своего образования — 60 лет назад, завод получил дальнейшее развитие как создатель образцов новой техники с организацией на заводе в 1951 г. Специального конструкторского бюро. По проектам СКБ был создан целый ряд тоннелепроходческого оборудования, в первую очередь, механизированных проходческих щитов с технологическими комплексами для сооружения тоннелей метрополитенов в различных инженерно-геологических условиях. В это же время укрепились связи завода с ЦНИИСом, который активно участвовал в разработке, испытаниях и внедрении опытных образцов оборудования.

В 1964 г. при заводе была создана лаборатория тоннельных машин и оборудования ЦНИИСа, находившаяся на территории завода вплоть до 1989 г. Лаборатория была организована при активном участии канд. техн. наук В.И. Размерова, в разные годы в ней трудились проф., д-р техн. наук Е.А. Демешко, кандидаты техн. наук В.М. Ау-



Монтаж на заводе козлового крана ККТС-20.

Щит ЦНИЭ-1.



Сборка щитов ЩМР-1 (слева) и ЩН-1.

эрбах, Е.К. Губенков и другие научные сотрудники института.

При активном участии ЦНИИСа (в основном, по его техническим заданиям) в заводском СКБ, а затем в СКТБ Тоннельмостроя были разработаны проекты, изготовлены в цехах завода, испытаны и внедрены на строительстве метрополитенов и горных тоннелей многие образцы тоннельно-строительных машин и оборудования. В их числе:

механизированные проходческие щитовые комплексы диаметром 5,5 м:

ЩН-1 с гидравлическим приводом рабочего органа для проходки тоннелей в породах средней крепости. Применялся на строительстве Большого Ставропольского канала;

КМ-24 со щитом ЩМР-1 с электроприводом и регулируемой скоростью вращения рабочего органа для пород крепостью до 50-60 МПа. Работал на сооружении перегонных тоннелей метрополитена с обжатой в породу обделкой в Киеве и Москве;

КМ-42 и КМ-43 со щитами ЩНЭ-1 и ЩНЭ-2 с экскаваторными рабочими органами для песчаных и глинистых грунтов. Использовался на строительстве метрополитенов в Москве, Самаре, Новосибирске, Екатеринбурге и Баку;

КМО 2x5 — проходческий комплекс для прокладки тоннелей метрополитена открытым способом. Применялся на строительстве метрополитенов с цельносекционной железобетонной обделкой в Киеве и Ташкенте;

бесщитовые тоннелепроходческие комплексы:

для сооружения перегонных и станционных тоннелей в устойчивых грунтах с применением тоннельных укладчиков ТУ-1гп, ТУ-2гп, ТУ-4гп для монтажа сборной чугунной или железобетонной обделки;

агрегат для прокладки перегонных тоннелей метрополитена в устойчивых скальных грунтах

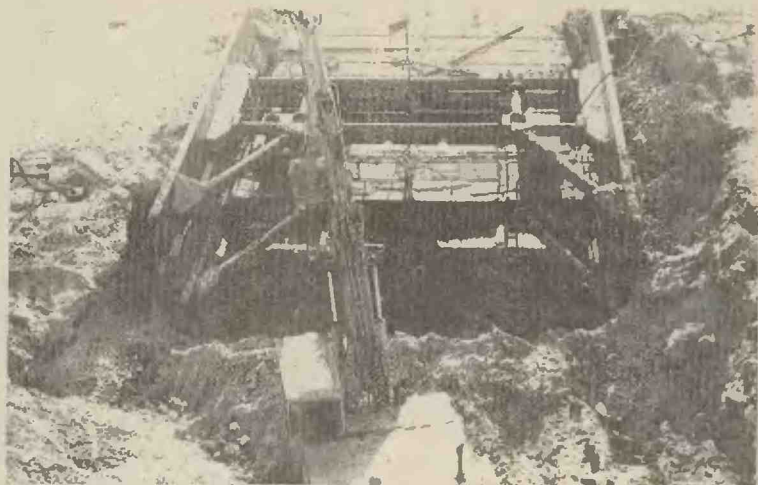
буровзрывным способом с машинным обуриванием забоя АБТ-5,5.

Эти комплексы нашли широкое распространение на мостростроях страны.

При участии ЦНИИСа на заводе был также изготовлен по проекту НПО «Трансмаш» самомотивирующийся козловой кран ККТС-20, являющийся одним из основных грузоподъемных средств при строительстве станций метрополитена открытым способом.

Творческое содружество научно-исследовательского центра «Тоннели и метрополитены» ЦНИИСа с ГП «Метромаш» успешно продолжается. В настоящее время на заводе изготавливается комплекс КП-96, разработанный на основе научных исследований ЦНИИСа. Он предназначен для сооружения метрополитена в Самаре. Комплекс обеспечит механизацию процессов разработки грунта, крепления забоя и монтажа тоннельной обделки.

Поздравляя коллектив ГП «Метромаш» с 60-летним юбилеем, НИЦ ТМ ЦНИИСа желает прославленному заводу успехов и процветания, создания новых высокопроизводительных машин и оборудования для строительства метрополитенов и тоннелей, успешно конкурирующих на мировом рынке.



Щит открытого способа работ КМО 2x5 для сооружения перегонного тоннеля с ЦСО.

Воплощенные проекты

В. СУБЕРОВ, начальник технического отдела СКТБ «Тоннельметрострой»

Более 15 лет СКТБ Тоннельметростроя работает в тесном содружестве с ГП «Метромаш». Начало этих дружеских отношений приходится на ноябрь 1977 г., когда во вновь созданную проектно-организационную СКТБ ГТМ вошла группа конструкторов Московского механического завода Главтоннельметростроя. Их было 11 конструкторов-профессионалов, опыт и знания которых во многом определили технический уровень новых разработок и позволили обрести свое лицо и авторитет вновь созданной организации. В числе пришедших тогда в СКТБ ТМ были: Островский И.С., Кочетков В.И., Шенкман М.Я., Савельев Л.И., Неумоина Г.В. и др. Именно при их непосредственном участии на Московском механическом заводе создавались высокопроизводительные горнопроходческие комплексы,

укладчики тоннельной обделки, оборудование для механизации бетонных работ и др.

Многие разработки СКТБ, изготовленные ММЗ в металле, нашли свое воплощение в строительстве новых линий метрополитенов.

К числу таких изделий завода можно отнести тоннелепроходческие комплексы: КМ-42 со щитом ЩНЭ-1, КМ-43 со щитом ЩНЭ-2, КМО 2х5, КМ-42М, ГЩБ-7Э, КПЩ-1, проходческий щит ПЩ-5,6, агрегат для сооружения перегонных тоннелей метрополитенов АБТ-5,5М, укладчик свода односводчатой станции УСО-1, укладчик тоннельный УТ-1, укладчик коротких выработок УКВ-2, опалубки самоходные ОПР-1, ОПС-16, ОПС-62.

Из серийно выпускаемой продукции завода хорошо зарекомендовали себя укладчики коротких выработок УКВ-1,1,

пневмобетонагнетатели ПБН-1 и ПБН-3,2, опрокидывающая вагонетка ВОМ-1600, толкатели нижнего и верхнего действия ТН-2 и ТВ-2, опрокидыватель круговой ОК, раствороагнетатель НР-2 и др.

Дружеские отношения между нашими организациями сохранились и по сей день, хотя проводимые в стране экономические реформы и сокращение налаженных региональных связей негативно отразились на хозяйственном положении. И тем не менее, хочется надеяться, что большой послужной список оборудования, созданного совместно ГП «Метромаш» и СКТБ ТМ будет продолжен.

Поздравляя коллектив «Метромаша» со славным юбилеем, хочется пожелать ему дальнейших успехов в намеченных планах и крепкого финансово-экономического положения.

Повышение безопасности труда при производстве взрывных работ

Б. ЯЦКОВ, гл. инженер Мосметростроя;

М. ШЕВАНДИН, д-р. техн. наук, проф.;

В. ШИШКАНОВ, А. ВОЛКОВ, В. РУЧКИН, Л. СИЛИН, кандидаты техн. наук

Значительное число несчастных случаев в период проведения взрывных работ в метроостроении происходит из-за нахождения людей в опасных зонах. В результате имеют место тяжелые поражения воздушной взрывной волной и разлетающимися осколками породы.

Так, в 1983 г. на Московском метрострое при проходке перегонного тоннеля был смертельно травмирован машинист тьюбингоукладчика. Для всесто-

ронней оценки обстоятельств и причин несчастного случая была построена его монографическая модель.

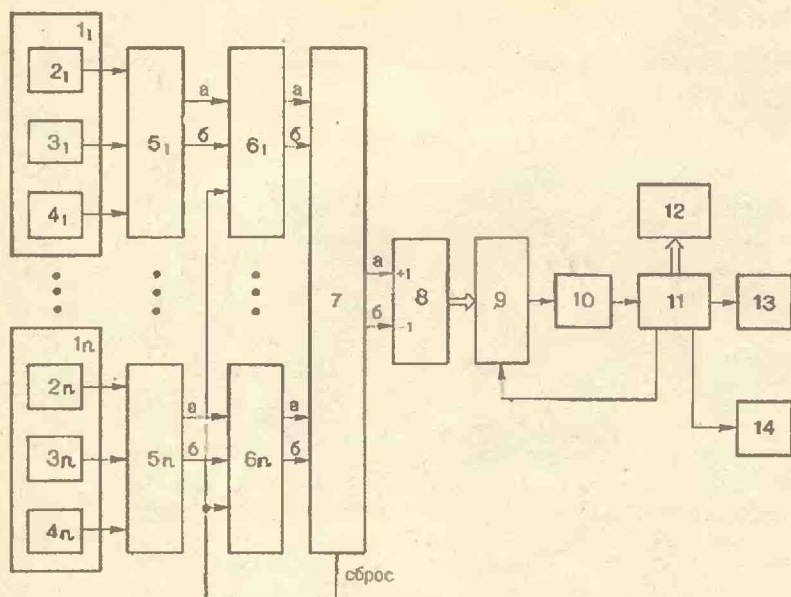
Изучение материалов расследования выявило события, факторы и действия работающих, непосредственно или косвенно связанные с этим случаем: машинист тьюбингоукладчика был засыпан обрушившейся породой; он находился в призабойной зоне в момент взрыва

вопреки указанию руководителя работ и не реагировал на подаваемые звуковые сигналы;

отсутствовали технические средства обеспечения безопасности при выполнении взрывных работ;

допуск к подготовке забоя к взрыву производился без учета физического и психического состояния работников;

руководитель и взрывник недостаточно тщательно осмотрели



рабочие места в опасной зоне (нарушены пп. 164, 167 ЕПБ);

вентилятор для проветривания забоя был включен до взрывания зарядов;

несовершенными оказались применяемые технология и организация взрывных работ;

имела место несогласованность действий работающих;

нахождение в призабойной зоне во время заряджания шпуров людей, не связанных с подготовкой взрывных работ (нарушены пп. 151, 236, 237 ЕПБ);

низкая производственная дисциплина на объекте;

слабый контроль со стороны руководителей СМУ и участка.

Логическим анализом установлены причинно-следственные связи между выделенными событиями и построен график.

Анализируя ход развития опасной ситуации, можно выделить три логические цепочки событий, предшествующих несчастному случаю.

Первая: машинист тубингоукладчика был засыпан обрушившейся породой потому, что находился в призабойной зоне в момент взрыва вопреки указанию руководителя работ, так как допуск к подготовке забоя к взрыву производился без учета физического и психического состояния работников вследствие несовершенства применяемой

технологии и организации взрывных работ. Руководитель работ и взрывник недостаточно тщательно осмотрели рабочие места в опасной зоне, что явилось следствием низкой производственной дисциплины на объекте из-за слабого контроля со стороны руководителей СМУ и участка за безопасным производством работ.

Вторая: машинист тубингоукладчика был засыпан породой, так как не реагировал на подаваемые звуковые сигналы, что могло быть следствием допуска к подготовке забоя к взрыву без учета состояния работников, а также из-за того, что вентилятор для проветривания забоя был включен до взрывания зарядов вследствие несогласованности действий работающих. Этому способствовало нахождение в призабойной зоне во время заряджания шпуров рабочих, не связанных с подготовкой взрывных работ, что свидетельствует о низкой производственной дисциплине на объекте и, в конечном счете, является следствием слабого контроля со стороны руководителей СМУ и участка за безопасным их производством.

Третья цепочка: несчастный случай произошел из-за отсутствия технических средств обеспечения безопасности при выполнении взрывных работ, что является следствием несо-

вершенства применяемой технологии и организации их проведения.

Анализ показал, что,ряду с целым рядом нарушений установленных правил работающими, возникновению несчастного случая способствовало несовершенство существующей технологии и организации взрывных работ (цепочка 2 и 3). Первое проявляется в отсутствии контроля за работоспособным состоянием людей, участвующих в выполнении процесса. Именно вследствие этого оказываются возможными ошибки, невнимательность, замедленная или неадекватная реакция на возникающие опасности. Учитывая же повышенную опасность данного вида работ и небольшое число используемых работников (5-6 человек), считаем необходимым непосредственно на объектах организовать такой контроль.

При анализе также установлено, что несчастный случай не произошел бы, если бы имелись технические средства, исключающие возможность взрыва при нахождении людей в опасной зоне. В этом случае даже возможные ошибки и несогласованные действия исполнителей не привели бы к опасной ситуации.

На рисунке представлена структурная схема устройства обеспечения безопасности при производстве взрывных работ. Блоки датчиков прохода I_1, I_2, \dots, I_n устанавливаются на всех входах и выходах из контролируемой зоны и содержат по три одинаковых датчика 2, 3 и 4, каждый из которых включает в себя цепочку из последовательно соединенных генератора переменного напряжения, инфракрасного излучателя, фотоприемника и резонансного усилителя. Излучатели и фотоприемники размещаются последовательно вдоль направления движения в служебном проходе, ширина которого выбирается такой, чтобы исключить одновременное пребывание в нем двух человек. Для предотвращения входа или выхода людей, минуя датчики прохода, остальная часть выра-

ботки перекрывается поворотным шлагбаумом, который открывается только для пропуска рельсового подвижного состава.

Сигналы с датчиков подаются на входы соответствующих анализаторов прохода 51, 52, ..., 5n. При входе человека в контролируемую зону на выходе «а» анализатора прохода появляется единичный сигнал, а при выходе — сигнал устанавливается на выходе «б». Во избежание потери информации выходные сигналы записываются в блоках промежуточной памяти б1, б2, ..., бn и с помощью блока опроса 7 циклически считываются и подаются на входы реверсивного двоичного счетчика 8. При этом на вход прямого счета «+1» подаются сигналы с выходов «а» блоков промежуточной памяти, а на вход обратного счета «-1» — сигналы с выходов «б». Таким образом, счетчик фиксирует число людей, находящихся в контролируемой зоне.

Его выходы заведены на схему определения отсутствия людей в контролируемой зоне 9, выход которой через реле времени 10 связан со входом пульта руководителя взрывных работ

11. К пульту подключены также блок подачи звуковых сигналов 12 с источником звука (сиреной) и схемой управления, световыми указателями 13, ограждающими опасную зону, а также реле запрета взрыва 14, контакты которого включены в магистральные провода электро-взрывной сети.

При необходимости проведения взрывных работ руководитель нажимает первую кнопку на пульте. Автоматически включаются световые указатели ограждения опасной зоны и подается предупредительный звуковой сигнал. Все работающие удаляются из забоя и начинается подготовка к взрыванию. После ее завершения и выхода последнего человека из контролируемой зоны на выходах счетчика 8 устанавливается нулевой сигнал, который через схему определения отсутствия людей в контролируемой зоне запускает реле времени. Его выдержка устанавливается с таким расчетом, чтобы все работающие смогли уйти в подготовленные укрытия. После срабатывания реле времени на пульте загорается лам-

па разрешения взрыва. И руководитель должен нажать вторую кнопку — боевого сигнала. Лишь после этих действий подается питание на реле запрета взрыва и тем самым снимается блокировка с взрывной сети. Если в это время в контролируемую зону входит человек, на выходе схемы определения отсутствия людей в контролируемой зоне единичный сигнал исчезает и взрывная сеть мгновенно размыкается.

По окончании взрывных работ и проветривания забоя руководитель нажимает третью кнопку на пульте для подачи сигнала отбоя и отключения элементов ограждения опасной зоны.

Основные функции, которые выполняет предлагаемое устройство — это исключение взрыва зарядов при нахождении людей в опасной зоне, автоматическое ограждение контролируемой зоны и подача предупредительных звуковых сигналов.

Внедрение данного устройства в практику метростроения позволит повысить безопасность проведения взрывных работ.

В порядке обсуждения

Горизонтальные лифты системы ОТИС

В. КАБАНОВ,

доцент Санкт-Петербургского горного института

Для комфортабельных перевозок пассажиров при доставке их в наиболее посещаемые объекты города американская лифтостроительная компания ОТИС использует в ряде стран горизонтальные (челночные) лифтовые транспортные системы.

Информация о челночных горизонтальных лифтах пред-

ставлена совместной компанией «ОТИС — Санкт-Петербург».

Такие транспортные системы полностью автоматизированы и приводятся в движение с помощью лифтовых подъемных машин (лебедок) с фрикционными канатоведущими шкивами, тяговыми канатами, прикрепленными к вагонам (рис. 1),

подвешенным над путевым полотном воздушной подушкой системы HOVAIR (рис. 2, 3).

В настоящее время горизонтальные челночные лифты эксплуатируются в США (Флорида, Калифорния), Японии (аэропорт Норита), Ботсване (трасса протяженностью 1710 м), а также в Австрии (тоннель длиной 1300 м).

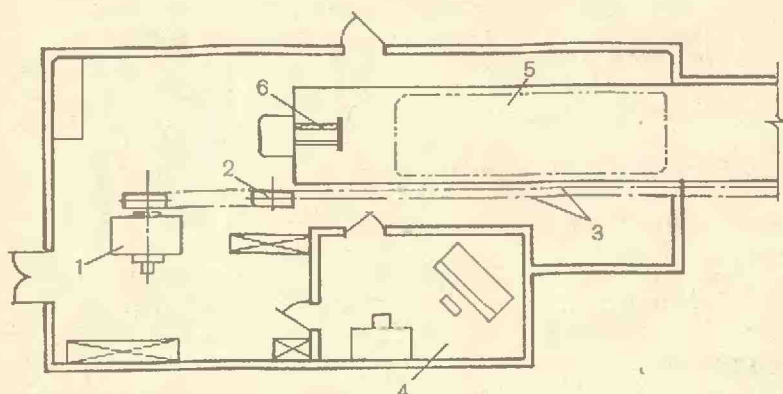


Рис. 1. План машинного зала и концевой станции:
1 — лифтовая лебедка; 2 — контрприкф; 3 — тягилье канаты; 4 — контрольное помеще-
ние; 5 — вагон; 6 — буфер.

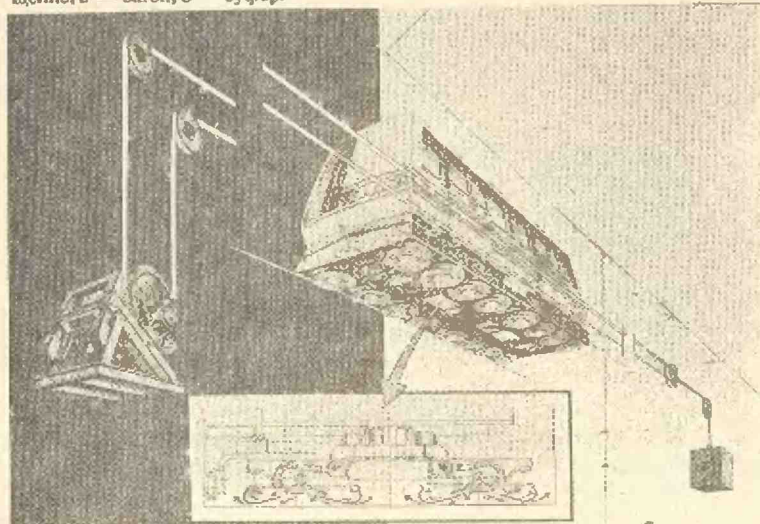


Рис. 2. Вагон на магнитной подвеске.

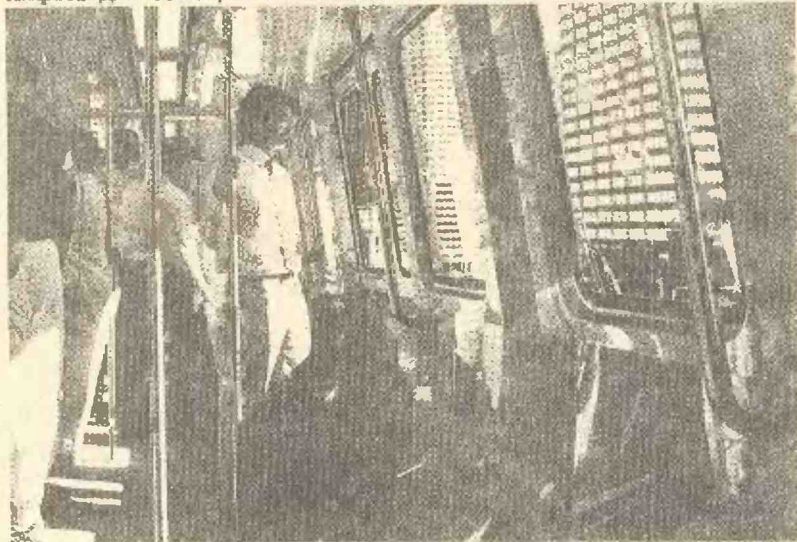
При движении составов навстречу друг другу посредине пути однопутная трасса имеет разъезд (байпас).

В таблице приведены основные параметры горизонтальных лифтов компании ОТИС.

Как уже упоминалось на страницах предыдущих номеров журнала, в связи с проблемами, возникающими при строительстве станции «Адмиралтейская» метрополитена Санкт-Петербурга, предлагается осуществить вместо эскалаторов лифтовые входы, а для обеспечения максимальной безопасности и удобства передвижения пассажиров в наиболее посещаемые зоны (Исаакиевский собор, гостиница «Астория», Эрмитаж, Мариинский дворец), проложить тоннели, оборудованные трелейторами (движущимися тротуарами).

Рис. 3. В салоне вагона.

Поскольку нашей промышленностью трелейторы не изготавливаются, то следует заимствовать опыт ОТИС в использовании горизонтальных лифтов для оснащения наиболее



протяженных тоннелей при освоении подземного пространства в зоне станции «Адмиралтейская».

Таблица

Показатель	Единица измерения	Величина
Расстояние транспортировки	м	200—1700
Максимальная скорость	м/с	11 (40 км/ч)
Ускорение	м/с ²	1
Количество вагонов на поезд	шт.	1, 2 и более
Вместимость вагонов	чел.	от 23 до 187
Длина вагона	м	4,5—13,6
Трасса		однопутная; однопутная разъездом; двухпутная
Максимальный уклон трассы	%	8
Радиус кривизны:		
вертикальный	м	900
горизонтальный	м	18—90 (в зависимости от длины вагона)
Пассажиропотоки (в зависимости от числа станций, протяженности трассы и вместимости состава)	чел /ч	2000—8000

возможно привлечение отечественных достижений в создании транспортных средств с магнитной подвеской, что признано более эффективным по сравнению с воздушной подушкой.

Выделение сигналов на фоне помех в исследованиях по виброзащите зданий

В. ХАРАГ,

канд. техн. наук

При проведении экспериментальных исследований по виброзащите зданий при мелком заложении линий метрополитена очень важно выделить полезный сигнал на фоне помех, особенно микросейсм.

Вероятностное описание помех можно существенно упростить, если их разделить на специально подобранные классы: флукуационные, импульсные, квазидетерминированные.

Первые встречаются наиболее часто. К ним относят тепловые шумы, многие посторонние электромагнитные или акустические излучения. Наиболее характерными причинами их возникновения являются случайные отклонения во времени физических величин от их средних значений. В свою очередь, флукуации есть следствие дискретного строения вещества и статистической природы большинства физических явлений и величин.

Импульсные помехи также распространены достаточно широко. Примерами могут служить кратковременные перерывы и пересключения в линейном тракте и цепях питания, микроземлетрясения и т.д. В системах передачи данных кратковременными перерывами вызваны почти 80 % ошибок при передаче двоичной информации¹.

Квазидетерминированные помехи часто обуславливают существенную часть суммарной мощности действующих помех. К этому классу можно отнести, например, узкополосные сигналы посторонних источников (особенно на частоте 50 Гц).

Квазистационарные колебания (микросейсм), являющиеся основными случайными помехами, с преобладающими периодами 2—10 с наблюдаются повсеместно. Источниками их являются стоячие морские и речные волны, избирательное отражение волн берегом. Колебания передаются в виде поверхностных сейсмических волн. Наибольшие амплитуды колебаний возникают на побережье континентов (10—100 мкм), в глубине их интенсивность уменьшается (примерно на порядок)². Микросейсм вызываются, кроме того, и локальными причинами: ветрами, бурями, работой промышленных предприятий, движением транспорта, начиная с нескольких Гц и выше. В реальных условиях эти возмущения обычно имеют амплитуду намного больше, чем стационарные колебания. Существенный вклад вносят и микроземлетрясения, происходящие на Земле, в среднем, каждые 4 мин, значительная энергия которых приходится на частоты 5—10 Гц³.

Даже при проведении экспериментальных исследований в полные часы и ранним утром (от 2 до 4-х часов), когда не работают предприятия, транспорт, полностью отстроиться от фона микросейсм невозможно. Практика показывает, что в реальных условиях, например, при внезапных порывах ветра, интенсивность микросейсм возрастает в десять раз. При интенсивных случайных помехах эффективны способы, использующие нелинейное преобразова-

ние сигналов, но только, если амплитуда полезного сигнала меняется незначительно. Простейшие из них:

обнуление сигнала на том участке, где энергия сигнала выше среднего значения;

уменьшение его амплитуды обратно пропорционально значению ее превышения над средним уровнем по всему временному интервалу записи процесса.

Однако при движении метропоезда может происходить отрыв колеса от головки рельса (например, при движении колеса с ползуном) с последующим их соударением, при этом максимальные ускорения колеса превышают 50 g³. Таким образом возникают периодические «выбросы», т.е. значения полезного сигнала в некоторые моменты времени превышают средние в 2—4 и более раза⁴.

Эффективный способ уменьшения интенсивности случайных помех до записи на магнитную пленку — узкополосная фильтрация входных сигналов⁵. Однако при случайных помехах, спектр мощности которых равномерно распределен в полосе частот полезного сигнала, выигрыш от ее использования возможен только при регистрации в ограниченном динамическом диапазоне. Это является следствием того, что корреля-

³ С. Вершинский и др. Динамика вагона. Транспорт, 1978.

⁴ В. Ильичев и др. Колебания грунта и зданий, расположенных вблизи линий метрополитена мелкого заложения. Тезисы докладов Всесоюзной и.-т. конференции «Совершенствование перевозочного процесса и технических средств метрополитенов СССР, М., 1981.

⁵ В. Тихонов. Статистическая радиотехника. М., Сов. радио, 1966.

¹ Статистическая теория связи и ее практические приложения, вып. 13,

² Дубовской В. Измерения низкочастотных ускорений. Наука, 1981.

ционный преобразователь в системе обработки сигналов работает как оптимальный фильтр и при неискаженной форме записи (цифровая регистрация в достаточном динамическом диапазоне) никакая предварительная фильтрация не улучшает отношения сигнал — случайная помеха.

Узкополосная фильтрация может существенно снизить динамический диапазон регистрируемых сигналов при выделении колебаний, возбуждаемых поездом метрополитена на фоне случайных помех. При этом предполагается, что частота всех возникающих колебаний находится в пределах полосы пропускания узкополосного фильтра, причем это справедливо при относительно небольших скоростях изменения частоты вибраций, т.е. применение такой фильтрации оправдано лишь при сравнительно длительных рабочих циклах.

Таким образом, для получения высокой помехозащищенности полоса пропускания должна быть узкой. Так, при точных измерениях в аппаратуре связи она составляет 40 Гц в приборе ИМК и 5 Гц — в ДИП-52.

Узкополосная фильтрация может осуществляться с помощью анализатора фирмы

«Брюль и Кьер» (модель 2033). Он предназначен для измерения и анализа кратковременных, импульсных и ударных процессов и дает возможность определить спектры, содержащие 4000 узких частотных полос, причем полоса пропускания может принимать дискретные значения 0,5 или 5 Гц.

При использовании узкополосной фильтрации целесообразно рассмотреть также и влияние случайных помех с узким спектром (в пределах частотной полосы вибраций). К ним относятся квазидетерминированные помехи и, прежде всего, наводки от электросети (50 Гц), вибрации двигателей и другие.

Если суммарный сигнал после прохождения через узкополосный фильтр пропустить через усилитель АРУ (автоматическое регулирование усиления) для выравнивания амплитуды регистрируемых колебаний, то уровень вибрационных сигналов будет иметь минимальное значение в области спектра помех. В данном случае узкополосный перестраиваемый фильтр вместе с системой АРУ действует как фильтр с модулем переходной характеристики, обратно пропорциональным спектру помех на входе регистрирующего уст-

ройства, а именно: входит в состав оптимального фильтра для выделения сигналов известной формы на фоне небелых шумов.

Иначе говоря, эффективность подавления случайных помех определяется шириной частоты вибрационного сигнала и полосой пропускания узкополосного фильтра: при регистрации вибрационных колебаний на фоне случайных или промышленных помех с узким спектром фильтрация с последующей автоматической регулировкой амплитуды сигнала и корреляционным преобразованием обеспечивает близкое к оптимальному выделение сигналов известной формы на фоне небелых шумов.

Следует отметить, что наиболее эффективное средство обнаружения с помощью дискретного образования Фурье (ДФФ) отдельных тонов в сигнале, содержащем несколько гармоник — правильный выбор окна фильтрации (весовых функций). Этот вопрос требует специального рассмотрения.

Проектирование, конструирование, исследования

Исследование напряженно-деформированного состояния и трещиностойкости обделки однопутного железнодорожного тоннеля

А. АРУТЮНОВ (Тоннельный отряд № 41);

Д. ДЖИНЧАРАДЗЕ, *д-р техн. наук*;

Б. ЦУЛУКИДЗЕ, инженер (Грузинский технический университет)

Строительство Дилижанского однопутного железнодорожного тоннеля № 2, расположенного на железнодорожной линии Иджеван-Раздан в Армении, велось в сложных инженерно-геологических условиях.

Трасса тоннеля протяженностью 658 м пересекает грунты осадочно-вулканического комплекса так называемой Дилижанской свиты. Трещиноватые и раздробленные грунты горного массива склонны к выветри-

ванию. В глинистых сланцах четко просматриваются зеркала скольжения. Имеются трещины тектонического происхождения, заполненные глинистым материалом. Грунтам свойственна быстрая отдача воды, что при

их вскрытии приводит к потере ими устойчивости. В случае дополнительного увлажнения эти грунты набирают влажность, превращаясь в пластичные глины. Это вызывает пластические деформации и смещения.

Горный массив отличается частой сменой характера залегания пластов: падение их изменяется от пологого до вертикального. При проходке по простиранию развивается большое горное давление.

В процессе проходки наблюдалось отслаивание пластов, их провисание и как следствие этого — частые вывалы объемом от 34 до 270 м³, образование которых в значительной степени определялось темпами проведения работ, быстрым снижением устойчивости грунтов после их вскрытия.

Строительство тоннеля осуществлялось способом опертого свода. Вслед за разработкой грунта в калотте без отставания от забоя производилось крепление выработки стальными арками из двутавра № 22 со сплошной деревянной затяжкой. Бетонирование свода выполнялось на расстоянии 1,5—2 м. После снятия кружал в четвертях были обнаружены трещины, а в шельге свода — выколы и отслоение бетона.

Повреждения носят закономерный характер. Прессиометрические измерения, выполненные Ереванской лабораторией тоннелей ГрузНИИЭГСа свидетельствуют о возникновении распространяющейся вверх зоны разуплотнения грунта. Элементы временного крепления и арматура препятствовали качественному заполнению бетоном замковой зоны. Наличие пустот над шельгой свода изменяет характер его нагружения, что предопределяет появление трещин внутри в четвертях и отслоений и выколов бетона в шельге от возникающего в замке отрицательного момента.

С целью выявления и установления причин образования

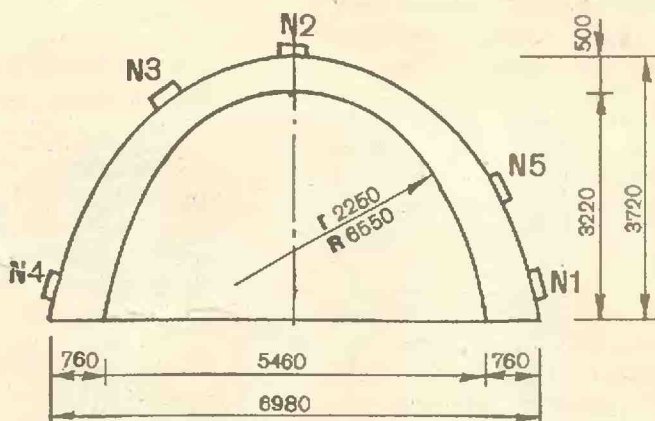


Рис. 1.

трещин кафедра «Тоннели и метрополитены» Грузинского политехнического института по просьбе Армтоннельстроя провела исследование статической работы обделки Дилижанского тоннеля, при котором были использованы результаты натуральных исследований по измерению горного давления, выполненных Ереванской лабораторией тоннелей ГрузНИИЭГСа.

Динамометрические секции с контактной площадью 0,5x0,5 м были установлены на ПК 20+85,5 26 июня 1981 г. Схема их расположения показана на рис. 1. В припятных зонах разместили секции № 1 и № 4, в замке — № 2, в призмковой зоне — № 3, в четверти пролета свода — № 5. На рис. 2 приве-

дены графики нарастания измеренных контактных давлений с течением времени.

Анализ приведенных на рис. 2 данных свидетельствует о том, что приблизительно через 2—2,5 месяца положение в горном массиве стабилизировалось и напряженно-деформированное состояние системы «обделка-грунт» сформировалось окончательно. Характерно близкое соответствие результатов измерений контактного давления в боковых частях тоннельного свода и показаний динамометрических секций в замке и призмковой зоне. Разница измеренных величин не превышает 10 % и свидетельствует о том, что вертикальное горное давление после стабилизации положения

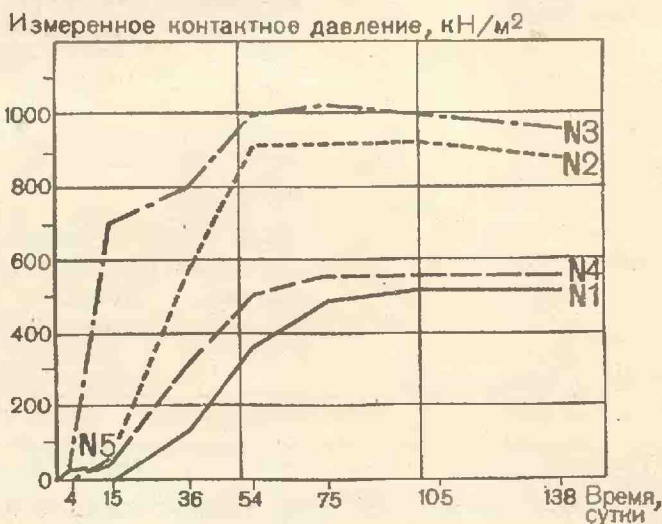


Рис. 2.

в горном массиве распределяется по пролету свода достаточно равномерно. Однако в начальный период отмечается заметная несимметричность воздействия горного массива относительно вертикальной оси обделки и несколько пониженное давление в области шельги тоннельной выработки.

При статических расчетах кроме указанных воздействий учитывалась возможность неодинаковых осадок пят свода. При определении расчетных характеристик жесткости тоннельной конструкции при сжатии и изгибе рассмотрены сечения обделки как чисто бетонные, армированные и с учетом остающихся в бетоне элементов временного крепления — металлических арок из двутавров № 22, установленных на расстоянии 0,75—0,5 м.

При исследовании статической работы тоннельного свода производилась оценка напряженно-деформированного состояния, которое обусловлено воздействиями, зафиксированными динамометрическими секциями на 15-ые, 36-ые сутки и их максимальными значениями, зарегистрированными приборами после стабилизации положения в горном массиве.

Анализ результатов исследования статической работы тоннельного свода в течение указанного периода времени показал следующее:

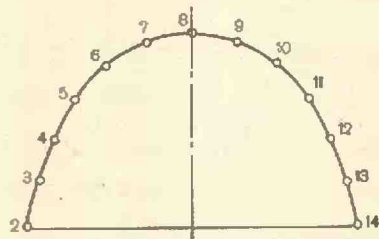


Рис. 3.

Таблица

№ расчетного сечения	2	3	4	5	6	7	8
Изгибающий момент, кН·м	-1,6	87,3	100,1	19	-62,2	35,2	57,2
Нормальная сила, кН	3106	3043	2905	2731	2524	2329	2245

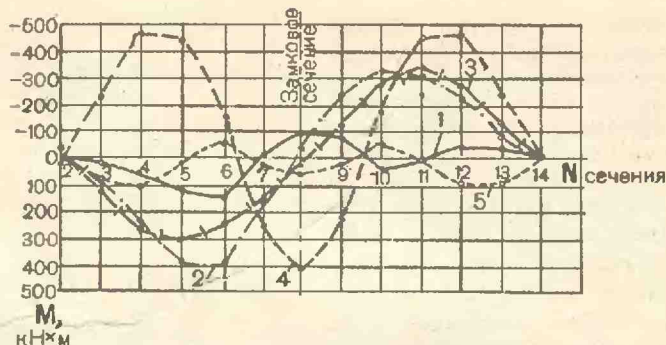


Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов от воздействий, зафиксированных на 15-ые (кривые 1 и 2), 36-ые (кривая 3) сутки, на максимальное вертикальное давление (кривая 4) и максимальные вертикальное и горизонтальное (кривая 5) давления.

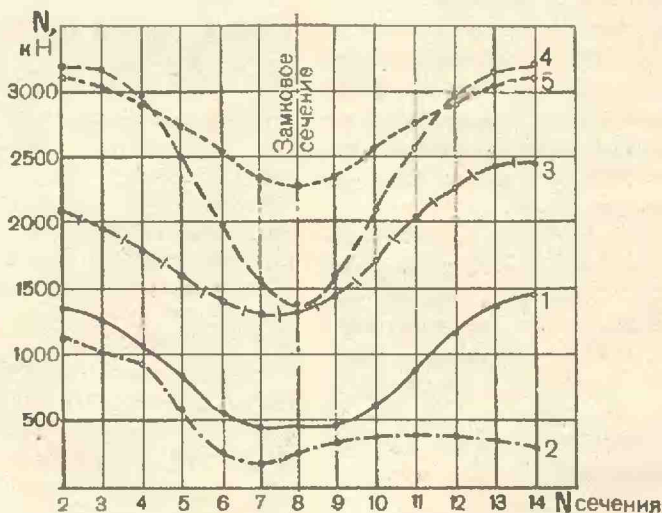


Рис. 5. Эпюры нормальных сил от воздействий, зафиксированных на 15-ые (кривые 1 и 2), 36-ые (кривая 3) сутки, на максимальное вертикальное давление (кривая 4) и максимальные вертикальное и горизонтальное (кривая 5) давления.

при максимальных, зафиксированных приборами, воздействиях — вертикальном давлении — 1000 кН/м^2 и горизонтальном — 500 кН/м^2 в обделке возникают усилия, приведенные в таблице; схема расположения расчетных сечений дана на рис. 3.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что обделка работает на внецентренное сжатие с малыми эксцентриситетами и, если бы это напряженное состо-

яние сформировалось сразу же после включения свода в работу, в нем трещины не возникли бы;

в начальной стадии, когда горное давление развивалось несимметрично относительно вертикальной оси тоннеля, обделка оказывалась в менее благоприятных условиях. На рис. 4 и 5 приведены эпюры изгибающих моментов и нормальных сил соответственно.

Как следует из полученных данных, последующее возрастание горизонтального давления создаст более благоприятные условия статической работы обделки в исследуемой области. Этим, по-видимому, можно объяснить зафиксированную натурными

наблюдениями Ереванской лаборатории тоннелей стабилизацию положения.

Исследование влияния горизонтального давления показало, что при его изменении от нуля до 500 кН/м^2 изгибающий момент в замке снизился с $+427,4$ до $+57,2 \text{ кН.м}$, а нормальная сила увеличилась с 1329 до 2245 кН . В сечении 5 момент изменился с $-455,3$ до $+19 \text{ кН.м}$, а нормальная сила возросла с 2542 до 2731 кН . Изменения в указанном интервале почти пропорциональны изменению горизонтального давления. Повышение бокового давления в значительной степени улучшает условия статической работы тоннельной обделки. Проведенное исследование показало, что даже полное отсутствие бокового давления не может служить причиной возникновения обнаруженных трещин.

С целью оценки влияния качества контакта тоннельной конструкции с грунтом в замковой части при статических расчетах в ряде случаев горное давление в замке и призамковой зоне не учитывалось. Вследствие этого напряженное состояние обделки резко меняется. Первый расчет был произведен на вертикальное давление 1000 и горизонтальное — 400 кН/м^2 . Его результаты показаны на рис. 6 и 7 кривыми 1. Кривые 2 представляют данные расчета, при котором вертикальное давление не учитывалось в замковой зоне на участке шириной $0,9 \text{ м}$. Знак изгибающего момента в замке изменился на обратный, а величина — с $+131,2$ до $-268,6 \text{ кН.м}$. В сечении 5 момент также изменился с $-75,8$ до $+157,1 \text{ кН.м}$. При отсутствии вертикального давления в замковой зоне на участке шириной $1,7 \text{ м}$ (кривые 3) момент в замке достиг величины $-428,9$, а в сечении 5 — $+585,7 \text{ кН.м}$.

Из приведенных на рис. 7 данных следует: с увеличением размеров зоны отсутствия кон-

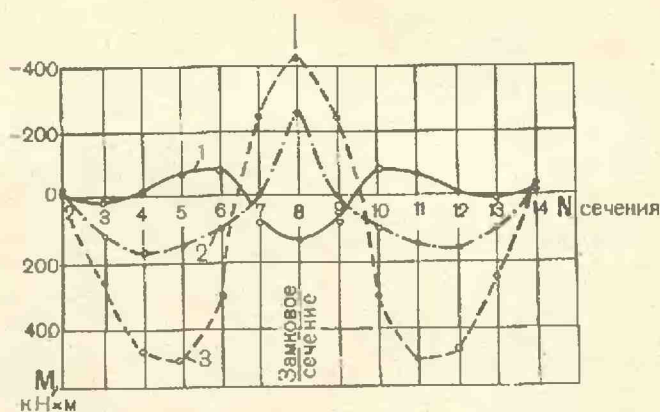


Рис. 6.

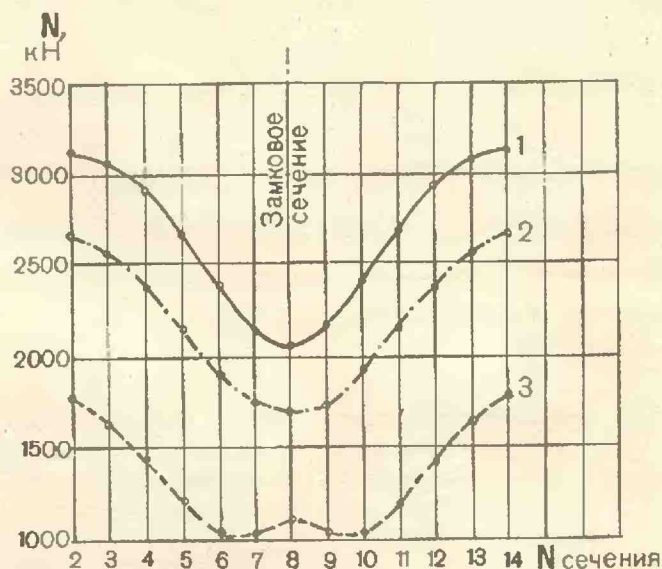


Рис. 7.

такта обделки с грунтом в замковой части нормальные силы, действующие в обделке, существенно уменьшаются. Изгибающие моменты, как это следует из рис. 6, наоборот, увеличиваются, что свидетельствует о резком ухудшении условий работы тоннельного свода и подтверждается вывод о том, что отсутствие контакта между обделкой и грунтом в замковой части безусловно может стать причиной возникновения трещин.

В ряде статических расчетов было исследовано влияние деформативных характеристик грунта (в расчетах значение

коэффициента упругого отпора изменялось от 100 до 1000 Н/см^3). Оно не вызвало какого-либо существенного влияния этого фактора на напряженное состояние обделки. Объясняется это тем, что рассмотренный свод тоннельной обделки работает в безотпорном режиме.

Было исследовано также влияние неравномерности осадок пят на напряженное состояние свода. При этом разность осадок пят свода изменялась от нуля до $162,2 \text{ мм}$, а усилия в нем следующим образом: в замке момент увеличился с $+205,2$ до $+225,3 \text{ кН.м}$, т.е. на $9,8 \%$.

нормальная сила снизилась с 1879 до 1845 кН, на 2,8 %, в сечении 5 момент уменьшился с —170,6 до —108,2 кН.м, а нормальная сила — с 2655 до 2604 кН, в сечении 11 момент возрос с —170,6 до —281,5 кН.м, а нормальная сила — с 2655 до 2668 кН. Эти данные говорят о том, что при столь существенной неравномерности осадок дят свода изменение напряженного состояния обделки так малозначительно, что не может вызвать появления трещины. Вместе с тем, неравномерность осадок в продольном направлении может явиться

причиной обнаруженных в конструкции косых трещин.

Расчетная величина жесткости обделки с учетом и без учета арматуры и двутавровых балок временного крепления не оказывает заметного влияния на напряженное состояние свода. При учете всей арматуры и металла арок временного крепления, установленных на минимальном расстоянии 0,5 м, расчетные значения изгибающего момента изменились в замке с +205,3 до +208,4 кН.м, т.е. на 1,5 %, а в сечении 5 — с —170,7 до —168,9 кН.м, на 1,1

%. Нормальные силы остались прежними.

Проведенное исследование подтвердило обоснованность и приемлемость рекомендаций по ликвидации трещин в сводовой части обделки Дилижанского однопутного железнодорожного тоннеля № 2 и обеспечению необходимой несущей способности обделки, разработанных ЦНИИСом, Ереванской лабораторией тоннелей, СКТБ Тоннельмостростроя и Армгипротрансом на современном уровне с учетом последних достижений тоннельной науки.

Проектирование, конструирование, исследования

Взаимодействие конструкций тоннеля мелкого заложения с грунтовым массивом

МОХАМЕД ЭЛЬ-АЗАБ ЭЛЬ-КИЛАНИ,
канд. техн. наук

При проектировании тоннелей, сооружаемых траншейным способом с использованием технологии «стена в грунте», следует учитывать многофункциональное назначение и особенности работы стен на различных этапах строительства: предлагаемая конструкция, а также последовательность ее возведения должны обеспечивать несущую способность и долговечность объекта, исключать недопустимые деформации грунтового массива и, прежде всего, осадки дневной поверхности.

Для этого необходимо исследовать систему «тоннельная конструкция—грунт».

Теоретический анализ использует для этой цели методы строительной механики, теории упругости или численные методы, которые являются наиболее эффективными. Это, прежде всего, метод конечных элементов, позволяющий оценить

влияние конструктивных, технологических и инженерно-геологических факторов на работу конструкции тоннельной обделки.

Исследование напряженно-деформированного состояния тоннеля проводилось на основе анализа его взаимодействия с деформируемым грунтовым массивом с учетом особенностей конструкции, последовательности и технологии ее возведения, а также механических свойств грунта и материала сооружения. Тоннель и грунтовой массив рассматривались как единая деформируемая система при условии их полного контакта.

При проведении теоретических исследований использовали программный комплекс BAF-FE, разработанный Murray D.W. и EL-Nahhas F. и предназначенный для решения плоских задач методом конечных элементов как в упругой, так и в упруго-пластической постановке.

Рассматриваемая модель представляет собой упругую полуплоскость, разбитую на 836 треугольных конечных элементов. Зона моделирования конструкции тоннельной обделки разбита на такие же элементы. Модель загружали вертикальной нагрузкой от собственного веса грунта ($\gamma \cdot H$, где γ — удельный вес; H — глубина заложения).

В процессе теоретических исследований устанавливалось влияние последовательности выполнения строительных работ и особенностей конструкции тоннеля на окружающий выработку грунтовой массив и обделку.

Моделировались основные этапы строительства (см. рисунок):

а — ненарушенное состояние массива;

б — разработка траншей под глинистым раствором;

в — бетонирование стен;

г — разработка грунта до уровня низа перекрытия и возведение перекрытия (I очередь);

• д — разработка грунтового ядра и бетонирование лотка тоннеля;

е — разработка грунта до уровня низа перекрытия и возведение перекрытия (II очередь);

ж — разработка грунтового ядра;

з — бетонирование лотка.

На всех этапах были рассмотрены упругая и упруго-пластическая задачи.

Моделировались двухпролетная железобетонная обделка и однородный грунтовой массив, представленный суглинками.

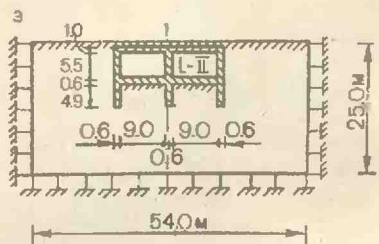
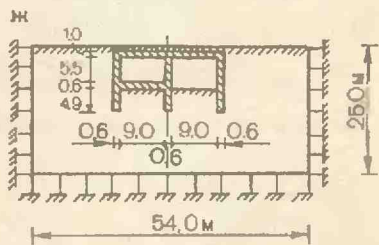
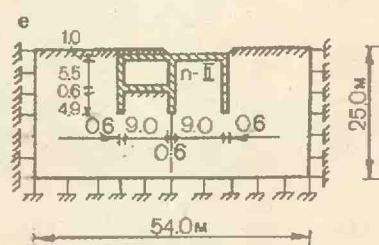
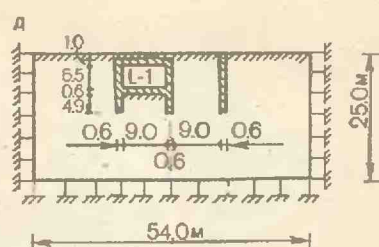
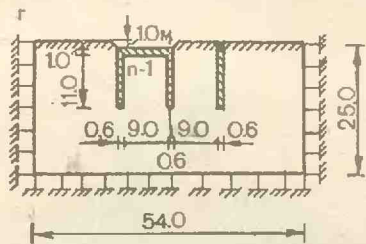
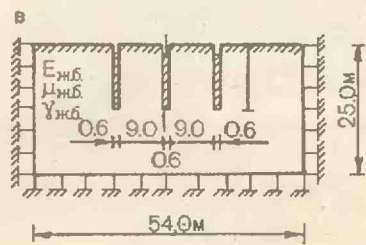
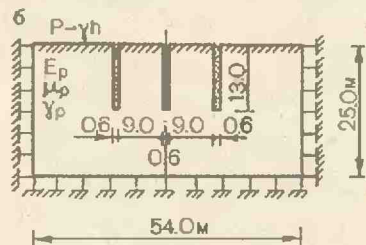
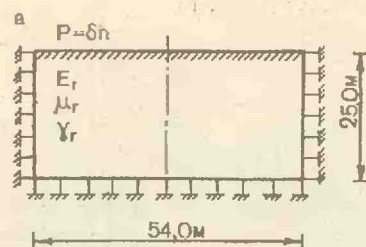
Основные характеристики модели представлены в таблице.

Характеристики	Грунт	Глинистый раствор	Бетонная смесь	Железобетон
Модуль упругости E , кН/м ²	40000	1000	1000	30×10^6
Коэффициент Пуассона	0,35	0,5	0,5	0,15
Удельный вес, кН/м ³	18,0	11,5	25,0	25,0

В результате проведенных расчетов найдено распределение главных нормальных σ_1 и σ_2 и осевых σ_x и σ_y напряжений в грунтовой массе и обделке, а также вертикальные и горизонтальные смещения грунта U и V для всех этапов строительства.

Анализ полученных данных позволял определить характер влияния процесса сооружения тоннеля траншейным способом и других моделируемых факторов на напряженно-деформированное состояние грунтового массива. Поля нормальных напряжений свидетельствуют о том, что наибольшее воздействие на его изменение оказывают технологические факторы.

Анализ полей максимальных напряжений σ_1 , а также σ_x и σ_y показал, что устройство траншеи под глинистым раствором и ее заполнение бетонной смесью



практически не изменяет напряженного состояния массива. Вблизи нее наблюдается небольшое снижение σ_1 и σ_y (в среднем на 10—15%). Это обусловлено ростом σ_x из-за создания в траншее большего давления на стены, чем боковое давление грунта при заполнении ее раствором бетонолитовых глин или подвижной бетонной смесью.

На последующих этапах вокруг стен наблюдаются концентрации напряжений σ_1 и σ_y (увеличиваются в 3—4 раза у крайних стен; в 5—8 раз — у средней) и снижение σ_x на 10—20% по сравнению с бытовыми значениями. Выявлены границы зон: ненарушенного грунта; концентрации напряжений, которая охватывает

участки грунта, равные $(1/6 - 1/4)H$ стены. Последние две составляют зону влияния шириной, близкой к ширине призмы обрушения $(2/3)H$.

Разработка грунтового ядра приводит к появлению дополнительных зон концентрации напряжений в местах сопряжения стены с лотком и перекрытия со стеной. Так, при II очереди строительства она вызывает некоторое увеличение напряжений в грунте под лотком между стенами тоннеля, кроме того наблюдаются концентрации напряжений в грунте под средней его стеной, причем в последней они снижаются.

Анализ состояния массива в упруго-пластической стадии на I, II, III этапах возведения тоннеля дает близкие к упруго-

тоннеля дает близкие к упругому расчету результаты; на последующих же этапах отмечается увеличение напряжений σ_1 и σ_u в зонах их концентрации на 15 % в первой стадии по сравнению со второй.

На основе результатов расчета можно сделать следующие выводы.

Технологическая последовательность производства работ существенно влияет на

формирование напряженного состояния окружающего выработку грунтового массива. Использование метода конечных элементов позволяет наилучшим образом учесть эти факторы при расчете конструкции обделки.

Значительные изменения напряженного состояния грунта наблюдаются на последних этапах строительства и касаются, главным образом, максимальных главных напряжений σ_1 и σ_u ;

величина горизонтальных σ_x в этих зонах снижается незначительно.

При выборе расчетной схемы обделки следует учитывать, что наилучшие условия работы крайних ступ, перекрытия и лотка наблюдаются после завершения всего цикла строительных работ, а для средней стены — после разработки грунтового ядра и бетонирования лотка тоннеля I очереди.

Из истории строительства и проектирования

Семен Николаевич Розанов — основоположник прогрессивных начинаний отечественного метростроения

У современников этот заговор может вызвать недоуменный вопрос: а кто такой Розанов, достоин ли он такой аттестации? И подобная реакция не будет неожиданной. Естественно, что забываются люди, даже увенчанные когда-то всеми знаками почета, но не оставившие заметных результатов личного творчества; преданно и искренно искореняются из памяти одаренные личности, неудобные сложившейся общественной формации. Таких примеров в истории развития науки и техники более, чем достаточно.

С.Н. Розанов, выдающийся специалист и неутомимый энтузиаст в области метростроения, принадлежал к группе творческих личностей и поэтому его имя не должно быть забыто. Его подвижническая деятельность напоминает тернистый путь инициатора и разработчика теоретических основ метростроения П.И. Балинского; близка его жизнь к судьбе Народного артиста И.В. Ильинского, которого при царизме заключали в тюрьму, как революционера, а при большевиках — как контрреволюционера.

Несмотря на очень короткую и кипучую жизнь, профессор



С.Н. Розанов — студент Петербургского Института путей сообщения.

Снимок, 1898 г.

Розанов практически воплотил основополагающие идеи в фундаменте отечественного метростроения.

Прошло 60 лет, как его не стало. Он скончался 21 декабря 1933 г. в возрасте 57 лет, в предверии осуществления своей мечты — пуска первого в родной стране метрополитена.

Семен Николаевич родился в Архангельске в 1876 г.

Автор этих строк с искренним чувством уважения

вспоминает первую случайную встречу с ним в октябре 1931 г. в помещении только что созданного Управления Московского метростроя на Ильинке, 3. Эта встреча ознаменовалась зачислением меня в число первых сотрудников Технического отдела. Его начальник — проф. В.Л. Николаи усомнился тогда в компетентности молодого техника, но последнего поддержал Розанов, устроивший небольшой экзамен. Он развернул лежащие на столе чертежи подпорных стенок и тоннелей, в элементах конструкций и принципах расчета которых проявил соображение. Вскоре, когда Технический отдел приступил к реальному проектированию, произошла вторая памятная встреча, позволившая узнать некоторые сведения о годах учебы С.Н. Розанова и его многолетней дружбе с В.Л. Николаи.

Проектировщики размещались на втором этаже и трудились порой до глубокой ночи. Однажды, в такое позднее время, Семен Николаевич, еще не оформивший своего перехода в Метрострой и редко бывавший на консультациях в здании, спустился по лестнице к выходу с папкой в руках, но был задержан вахтером. Единственным

свидетелем, знавшим принадлежность Розанова к делам Метростроя, оказался я. Как-бы в оправдание, Семен Николаевич раскрыл свою рабочую папку, в которой были некоторые документы и фотографии биографического характера: групповой снимок учеников Первой Санкт-Петербургской гимназии, большая группа студентов Петербургского института путей сообщения, среди которых на первом плане, прямо на земле, сидит студент Семен Розанов, в последнем ряду стоят молодые его одноклассники — Виктор Николай и Николай Герсепавов. Семен Николаевич рассказал, что вместе с Виктором Леопольдовичем они получили среднее и высшее образование в одних и тех же учебных заведениях Петербурга, навсегда сохранили узы дружбы, что Розанов уговорил своего товарища перейти из «Фундаментстроя» на пост начальника Технического отдела Метростроя, что по рекомендации Николая Розанов стал его заместителем, а затем — первым заведующим кафедрой метроостроения в МИИТе.

После окончания института в 1901 г. С.Н. Розанову была предложена должность инженера Службы пути Юго-Восточной железной дороги, которую он занимал в чине начальника участка пути до 1905 г.

Начавшиеся революционные события не оставили равнодушным молодого восприимчивого специалиста. Он стал руководителем забастовки и как председатель революционного железнодорожного комитета Восточно-Донецкого участка этой дороги был арестован и в октябре 1905 г. посажен в тюрьму. Не имея возможности после освобождения продолжить работу в царской России, он в мае 1906 г. эмигрировал во Францию. Именно там он приобщился к метростроению и стал активным его проводником. В Париже к тому времени уже действовали около 50 км линий метрополитена и протяженность их продолжала интенсивно возрастать. Молодой инженер, назначенный на должность на-



С.Н. Розанов и Е.Т. Абакумов в тоннельной выработке.

чальника Технических Служб Парижского метрополитена, стремился вникать во всевозможные решения производственных задач строительства. В сложных инженерно-геологических условиях (как оказалось в дальнейшем весьма близких к московским) при непосредственном участии Розанова было построено различными методами (горным, котлованным, шитовым, опускными кессонами) еще 50 км трассы. Основным типом конструкций стали односводчатые персгоновые тоннели и станции с бетонной и бутобетонной обделками, а наиболее эффективным методом строительства — горный «парижский» («опертого свода») на временных деревянных креплениях. Этот метод, убежденным сторонником которого стал С.Н. Розанов, позволял успешно вести проходку при малом заглублении тоннелей — от одного метра и ниже, под существующими коммунальными сетями. Обосновывая возможность применения «парижского» метода в московских условиях, Розанов писал:

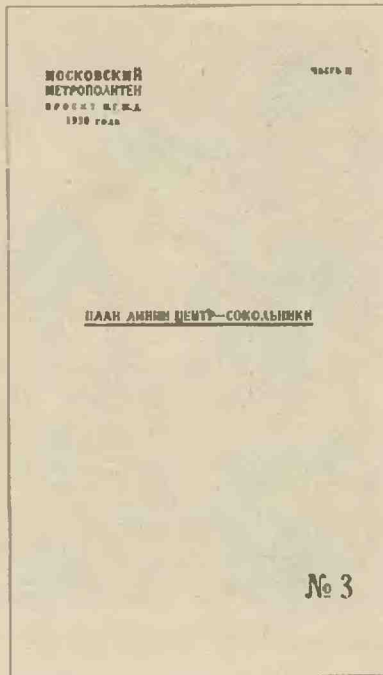
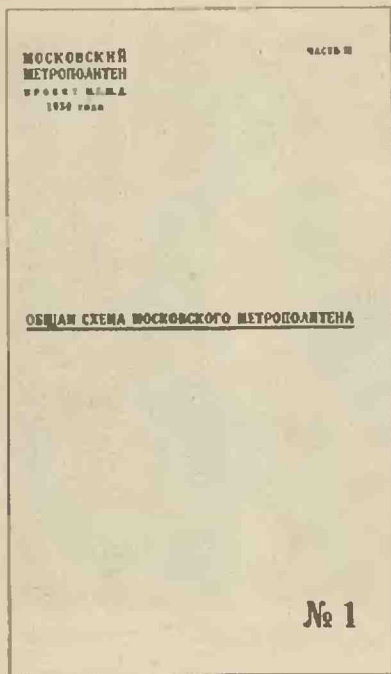
«Автору лично пришлось не только изучать за границей дело метрополитенного строительства, но и работать в качестве представителя контрагента в течение многих лет на очень

ответственных и трудных участках парижского метрополитена».

С началом первой мировой войны строительство метрополитена приостановилось и в 1914—1917 гг. Семен Николаевич принимал участие в проектировании порта Палезте на острове Таити, во французских колониях Тихого Оксана, близ берегов Австралии. Таким образом, помимо опыта в проектировании и прокладке линий городского внеуличного транспорта, он стал сведущ и в вопросах водного транспорта.

После февральской революции С.Н. Розанов возвращается в Россию и с августа 1917 г. вновь трудится в Правлении Общества Юго-Восточных дорог, откуда вскоре с должности зам. начальника Технического и эксплуатационного отдела, переходит на должность начальника Техническо-хозяйственного отдела Правления Западно-Уральской и Северо-Востоchno-Уральской железных дорог. Трудно было в то неустойчивое время формирования других порядков найти работу по душе.

В 1919 г., после ликвидации частных железнодорожных обществ, Розанов переходит в систему «Леспрома», где одновременно с постройкой подъездных лесовозных железнодорож-



Титульные листы папок с чертежами проекта МГЖД.

ных ветвей к Петрограду приступил к чтению лекций по метростроению в Петроградском политехническом институте. Среди его студентов были такие известные впоследствии первостроители Московского метро, как А.И. Барышников и Л.В. Миткин.

С возвращением Москве статуса столицы в ней создается Управление Московского Коммунального Хозяйства для упорядочения и развития коммунальных устройств и городского транспорта.

Розанов без колебаний переходит в эту систему и становится вместе с опытным специалистом по электротяге К.С. Мышенковым руководителем подотдела по проектированию Московского метрополитена, созданного при подчиняющемся МКХ управлению МГЖД (городская трамвайная сеть). В МГЖД Розанов занимался разработкой всех чертежей строительной части проекта.

Среди известных специалистов, составивших впоследствии основное ядро проектировщиков Метропроекта, были и молодые инженеры, такие как Л.В. Миткин и выпускник Москов-

ского Высшего Технического Училища А.М. Горьков. Доцентом и заведующим кафедрой подземных и подводных сооружений инженерно-строительного факультета МВТУ, наряду с работой в МГЖД, в 1924—1930 гг. стал С.Н. Розанов. Активную творческую поддержку проектировщикам метрополитена оказывал главный инженер МГЖД А.В. Гербко.

Ведущая роль Розанова заключалась в том, что в проекте МГЖД полностью были учтены положительные стороны метрополитена Парижа. Основным методом производства работ стал закрытый «парижский» при мелком заложении трассы; двухпутные перегонные и одноводчатые станции с обделками из монолитного бетона и бутобетона предусматривались как типовые. Выбор направления первоочередных линий от Сокольников к центру с ответвлениями на Арбат и к Крымской площади стал буквально основой для осуществленной трассы I очереди Метростроя в 1931—1935 гг.

Проект МГЖД содержал продольные профили с геологическими напластованиями, нанесенными по данным бу-

рения разведывательных скважин в 1924—25 гг. Розанов по этому поводу писал: «Перед составлением проекта Московского метрополитена было произведено под руководством ст. геолога Геологического Комитета В.Г. Хименкова разведочное бурение по трассе первоочередных линий метрополитена от Сокольников через Каланчевскую пл. по Мясницкой ул. до Охотного ряда, а также на Моховой, Воздвиженке, Арбату до Бородинского моста».

Интересно, что определяя материалы для конструкций, карьеры для заготовки камня и щебня, технологию со значительным применением ручного труда (пока не было своего совершенного проходческого оборудования), проектировщики намеревались обеспечить заработком до 2—3 тыс. безработных. Использование распорных сводных систем тоннелей из монолитного бетона, испытывающих только сжатие, позволяло значительно сэкономить дефицитную арматурную сталь.

В связи с предстоящим претворением проекта в жизнь и необходимостью учета новейших зарубежных достижений Моссовет в 1926 г. командировал Розанова в Берлин, Гамбург и Париж.

С 1 февраля 1932 г. С.Н. Розанов зачисляется консультантом Метростроя по подземным работам, затем становится заместителем начальника Технического отдела Управления, а в феврале 1933 г. по специальному указанию Московского Комитета партии выдвигается на ответственный пост главного инженера Метростроя по тоннельным работам.

Менее, чем за два года оставшейся жизни, Розанову удалось вселить уверенность строителей в возможность преодоления трудностей, организовать подготовку инженерных кадров, внести ряд ценных предложений по технологии производства работ и доказать применимость их в московских условиях. Но когда речь зашла о закрытом «парижском» методе

постройки тоннелей мелкого заложения, он встретил сопротивление, особенно на Арбатском радиусе, где руководители считали «вопрос построения арбатского радиуса вопросом политическим» и хотели придумать «свой» безопасный метод. Предлагали заглубить трассу до 30 и даже 45 м. Отстаивая многократно проверенные на практике принципы, Розанов говорил: «Дайте мне руководство работами и я докажу вам, что пройду без аварий и катастроф... Уверю вас, все пройдет благополучно, ваш пессимизм объясняется тем, что дело для вас новое, небывалое».

Московский Комитет партии, правда, одобрил мелкое заложение, но в примитивно «траншейном» варианте. Впоследствии арбатское направление было дублировано глубоким заложением...

Первоначально всю трассу I очереди начали строить открытым способом, но еще в 1932 г. поднялся разговор о переходе на глубокое заложение, а в марте 1933 г. такое изменение было узаконено правительственным постановлением на участке от Красных ворот до центра.

Для выработки обоснованных рекомендаций по реализации постановления Розанов направился в Ленинград. Сохранился содержательный протокол совещания от 12 мая 1932 г., в котором под его председательством приняли участие известные ученые А.В. Ливеровский, А.Н. Пассек, А.Я. Тихонов, Н.Н. Давиденков и другие видные инженеры.

Несмотря на столь неожиданные осложнения Семсону Николаевичу удалось практически доказать возможность сооружения закрытым способом односводчатых тоннелей и станций мелкого заложения в трудных инженерно-геологических условиях Москвы.

Прежде всего это относится к самому первому отрезку Московского метрополитена — опытного тоннеля под путепроводом в Сокольниках, конструкция которого была создана им еще в проекте МГЖД.

Ярким примером возможности применения односводчатых станций явилось успешное возведение станции «Библиотека им. Ленина». Чтобы оценить энергию и опытность Розанова, следует вспомнить определяющий приказ начальника строительства П.П. Ротерта от 13 апреля 1933 г. о реорганизации линейного аппарата Метростроя, в котором, в частности, говорилось:

«На должности начальников шахт назначаются нижеследующие лица:

Шахты №№ 7 и 8 — т. Барышников А.И. Учитывая особо тяжелые условия работы на шахте № 8 (ст. «Библиотека им. Ленина»), в Управлении Метростроя возлагается непосредственное руководство и ответственность на шахтах № 7 и 8 на главного инженера по тоннельным работам С.Н. Розанова».

В акте Правительственной Комиссии по приемке I очереди подчеркивалось, что расчет монолитных обделок перегонных и станционных тоннелей (безупречно функционирующих и в наши дни), был осуществлен по методу проф. Розанова.

До предела нагруженный производственными заданиями С.Н. Розанов вместе с В.Л. Николаи создали первую в стране кафедру метростроения при МИИТе для подготовки столь необходимых Метрострою кадров инженеров. Стенографические записи нескольких лекций свидетельствуют о высокой эрудиции Розанова. Концентрированное освещение вопросов строительства метро и тоннелей впервые в отечественной литературе 30-х годов было выполнено им в «Технической энциклопедии». Эти материалы и его многочисленные статьи в периодической печати служили для студентов ценными учебными пособиями.

Он активно участвовал в работах Комитета Научного содействия Метрострою при АН СССР, экспертизах проектов I очереди Московского метрополитена. В изданных капитальных сборниках экспертиз немало

текстов, переведенных им с французского.

Многие его советы и предложения были использованы в ходе строительства. Так, он контролировал правильность сборки поступившего из Англии неизвестного еще метростроителям тоннелепроходческого ирота; его (совместно с инж. Г.С. Какановым) предложение гидроизоляции сборной железобетонной обделки с применением внутренней оболочки было внедрено на участке первой шитовой проходки между Театральной и Лубянской площадями.

Кипучая творческая жизнь С.Н. Розанова, подорванная жестокими испытаниями судьбы, оборвалась в самом зените. Он не стал свидетелем того, как соратники, реализовавшие его замыслы, были удостоены высоких наград и почестей. Розанову не досталось ничего.

При торжественном пуске метрополитена никто не вспомнил о замечательном проекте МГЖД. В потоке словословий «лучшему в мире метрополитену имени Л.М. Кагановича» остались незамеченными слова друзей по профессии: «Основным руководителем работ в первый период проектирования являлся покойный инженер Розанов, единственный в то время на Метрострое практик строительства метрополитена».

«Из строителей станции особенно запечатлелся в нашей памяти покойный профессор Семен Николаевич Розанов. Энтузиаст метростроения, знаток и ценитель именно таких конструкций, как станция «Библиотека им. Ленина» он был блестящим практиком и сочетал в себе большую эрудицию с разносторонним опытом проектировщика, строителя и тоннельщика. Смерть его в самый разгар работ была тяжелой потерей для московского метрополитена.»

Некролог, написанный В.Л. Николаи в то смутное и беспокойное время, опубликован не был.

Впрочем, жестокие grimасы судьбы преследовали С.Н. Роз-

анова в течение всей его сознательной жизни. В опубликованном в 1916 году списке околпачивших, начиная с середины прошлого столетия, «Институт инженеров путей сообщения императора Александра I» не оказалось имени С.Н. Розанова, выпускника 1901 года. Как будто он и не учился там в течение пяти лет. Очевидно тому были свои причины. В печати советской формации также невозможно разыскать его биографических данных. Случайно в семье В.Л. Николаи нашелся дарственный снимок студента III курса С. Розанова.

В наши дни, когда справедливым судьей становится время, начинает проявляться истинная ценность прогрессивных идей Розанова.

Преимущественные качества одноводчатых станций, трсбуемых по сравнению с колонными и пилонными меньших размеров выработки, создающие при этом эффект большого свободного пространства, удобные в эксплуатации, получают все возрастающее применение в метростроении. Все больше и больше красивых одноводчатых станций появляется на наших метрополитснах; не зря один из самых современных — Вашингтонский метрополитсен — отдал предпочтение таким станциям. В шестидесятые годы идею прохода тоннелей мелкого заложения под названием «московский способ» пытался возродить начальник Метростроя В.Д. Полежаев, но, видимо, отсутствие технологии, га-

рантирующей безосадочность и разнообразность структуры линий, не способствуют пока ес преимущественному распространению. Забывать об этом прогрессивном направлении однако нельзя. Достаточно вспомнить о катастрофическом пожаре на пересадочном узле Лондонского метрополитсена, чтобы ощутить трагедию пассажиров, оказавшихся в глубокой ловушке при остановке эскалаторов.

Нужно надеяться, что имя С.Н. Розанова займет одно из самых почетных мест в истории метростроения.

В. ПИКУЛЬ,
канд. техн. наук,
ветеран Метростроя.

Выдающийся инженер-тоннелестроитель

(к 100-летию со дня рождения А. И Барышника)



В августе 1993 г. исполнилось 100 лет со дня рождения в многодетной интеллигентной семье А. И. Барышника — одного из наиболее деятельных основоположников отечественного метро-тоннелестроения.

Пожалуй, никто из специалистов не пользовался такой как он известностью и популярностью в различных направлениях отрасли: опытного производственника и организа-

тора постройки особо ответственных подземных сооружений, руководителя крупнейших проектных разработок, восстановителя разрушенных войной транспортных тоннелей, воспитателя первых инженерных кадров метростроителей, авторитетного судьи в научных кругах. Многие было сделано им не тривиально и впервые.

Барышников — ученик профессора С. Н. Розанова, лекции которого по тоннеле- и метростроению слушал в Петроградском политехническом институте. После окончания в 1920 г. учебы он был направлен на строительство 850-м железнодорожного тоннеля у Днепропетровска. В те годы штат его помощников не превышал числа пальцев на руке, но молодой инженер успешно справился с первым непростым делом.

В 1924 г. он возглавил постройку аналогичных транспортных тоннелей на линии Баку — Джульфа, а в начале 30-х —

главного тоннеля Аджаро-Цхаловской ГЭС под Батуми.

Наиболее плодотворно его деятельность развернулась на прокладке первоочередных линий Московского метрополитсена, куда он был приглашен в 1932 г. Как уже сложившемуся тоннельщику, ему было доверено возведение в особо трудных инженерно-геологических условиях станций «Библиотека им. Ленина», «Дзержинская («Лубянская») площадь» на I очереди, а затем «Динамо» на II очереди с примыкающими перговыми тоннелями. Приглашение Барышника совпало по времени с назначением Розанова главным инженером Метростроя по тоннельным работам, и они совместно стали делить ответственность за возведение первой одноводчатой станции у здания Ленинской — ныне Российской Государственной библиотеки. Такое творческое содружество не могло не привести к победе. После преждевременной кончины в 1933 г. С. Н. Розанова, А.

И. Барышников не мог не возглавить постройку станции под Лубянской площадью (не прекращающая работ на станции «Библиотека им. Ленина»).

Инженерно-геологические условия здесь оказались еще более коварными. Успешное завершение строительства, правда, в облегченном (двухсводчатом вместо трехсводчатого) предварительном варианте, было единодушно признано выдающейся победой коллектива над небывалым противодействием пльвунов и горного давления. В этом коллективе получили профессиональную закалку известные инженеры А. Ф. Денищенко (конструктор станции), К. А. Кузнецов, П. С. Сместанкин, Н. Г. Трулак, А. Д. Бегун и многие другие. На станции были проведены уникальные работы по сооружению наклонного эскалаторного тоннеля с применением сжатого воздуха и замораживания. Столь же уникальным опытом обогатилось метростроение и при сооружении глубокой трехсводчатой станции «Динамо» с примыкающими перегонными тоннелями. Здесь строители II очереди перешли на индустриальные методы щитовой проходки тоннелей со сборной обделкой. Щиты монтировали не в подземных камерах, как обычно, а опускали в специальных тоннелях — кессонах в готовом уже виде. Всего на этом объекте одновременно работало 10 агрегатов.

Незадолго до начала Великой отечественной войны московским метростроителям поручили начать строительство метрополитена в Ленинграде. Первыми руководителями Ленметростроя стали И. Г. Зубков (начальник) и А. И. Барышников (главный инженер). Война приостановила работы, а метростроители переквалифицировались на возведение строительных сооружений и «Дороги жизни» к заключенному в тиски блокады городу.

Герой труда Иван Георгиевич Зубков трагически погиб в возрасте 35 лет, освобождая город, в 1944 г. Александр Иванович Барышников, несколько оправившись от истощения в период блокадной голодовки, продолжил выполнение специальных поручений военного времени. Неотложным его делом стало восстановление разрушенных тоннелей в Донбассе, Прибалтике и на Северном Кавказе. Реконструкция некоторых тоннелей без перерыва движения поездов стала возможной благодаря применению разработанной им временной арочной крепи из гнутых рельсов.

Громадному производственному багажу Барышникова соответствовал его талант крупного организатора, проектировщика и научного работника. В послевоенные годы он занимал должности начальника и главного специалиста Метротранса, главного инженера Мосметростроя и Главтоннельстроя. В 1945 г. он был удостоен звания генерал-директора пути

и строительства III ранга, а за активную общественную деятельность неоднократно избирался депутатом Моссовета.

Осязаемые результаты научной деятельности сказались в его работе в качестве доцента МИИТа, консультанта крупнейших тоннельных строек (в том числе за рубежом), сотрудничестве в научно-исследовательских институтах ЦИИИС и НИИ-ОСП. В 1956 г. он был избран действительным членом Академии Строительства и Архитектуры.

За участие в усовершенствовании и внедрении на Мосметрострое пилотного метода проходки тоннелей в 1947 г. ему была присуждена Государственная премия.

Выдающаяся деятельность А. И. Барышникова была отмечена многими правительственными наградами. Еще на I очереди за строительство двух уникальных станций он был удостоен ордена Ленина. Среди наград особую значимость для него имела медаль «За оборону Ленинграда» — города, в котором он родился.

Александр Иванович скончался в 1976 г. на 83 году. В жизни он отличался кипучей энергией и безупречной исполнительностью при неподдельной скромности и отзывчивости к людям любого положения в обществе. Имя А. И. Барышникова занимает прочное место в исторической летописи отечественного тоннельного строительства.

В. С.



Подземные этажи России

В. КОНУХИН

Владимир Пантелеймонович Конухин родился в деревне Сергеевской Архангельской области в 1938 году. После окончания в 1962 году Тульского политехнического института работал на строительстве высокогорных тоннелей в Закавказье: проходчиком, горным мастером, начальником участка. С 1971 по 1986 год — главный инженер, начальник Североморского специализированного управления «Гидроспецстрой» в Мурманской области. Сейчас — руководитель первой в стране лаборатории физико-технических проблем освоения и рационального использования подземного пространства Горного института Кольского научного центра Российской Академии наук. Автор 150 печатных научных трудов и 110 изобретений. Доктор технических наук. Живет в Апатитах. В публицистике выступает впервые.

Проблема, которой посвящается данная статья, большинству читателей, вероятно, покажется непривычной — освоение и рациональное использование подземного пространства. До подземных ли этажей современной России, когда встающие перед ней задачи все усложняются, а преобразования, на которые мы возлагаем надежды, идут с величайшим трудом.

Но в том-то и дело, что целый ряд острейших технологических и экономических задач, связанных с этими преобразованиями, можно решить с гораздо меньшими затратами и значительно быстрее, если задействовать важнейший ресурс страны — ее подземное пространство, о котором в широких общественных кругах известно пока еще очень мало.

А.Д. Сахаров нас понял первым

С Андреем Дмитриевичем Сахаровым меня познакомил профессор, ныне член-корреспондент Российской Академии наук Н.Н. Мельников. Было то в холле президиума Академии наук СССР в октябре 1989 года. Мы втроем присели за небольшой мраморный столик, и разговор сразу пошел о подземных атомных станциях. Вернее, разговор был продолжен. В конференц-зале только что закончилась острейшая дискуссия по

докладу о целесообразности подземного размещения атомных станций, подготовленному Горным институтом Кольского научного центра Академии наук по заданию тогдашнего Совета Министров СССР. Авторы доклада: Н.Н. Мельников, В.В. Гущин, В.И. Конухин и В.А. Наумов.

Для предварительной оценки правительство направило наш доклад в комиссию по атомной энергетике АН СССР. С совещания этой комиссии мы тогда все трое и вышли. Как вскоре на Научно-техническом Совете при правительстве СССР, так и на заседании комиссии по подземному размещению АЭС высказывались прямо противоположные мнения. Позиция Андрея Дмитриевича была однопозиционной. Именно в использовании подземного пространства страны для размещения АЭС он увидел реальный путь кардинального повышения безопасности ядерной энергетики и исключения новых Чернобылей в будущем, что полностью совпало с нашими выводами, изложенными в докладе.

Поскольку об этих выступлениях А.Д. Сахарова, по моему, не было никаких публикаций, позволило себе изложить суть их более подробно. Но вначале поясню, на чем же основывается безопасность реакторных установок при авариях.

Первое: активная зона реактора, где располагается ядерное топливо, должна быть готовой к быстрому погашению. Время тут не золото, секунды определяют жизнь людей. Лучший вариант — когда при аварии происходит самопогашение активной зоны, но как это сделать в реальной обстановке действующих АЭС, никто не знает. Второе: нельзя допустить, чтобы при аварии произошла утечка теплоносителя. Третье: необходимо включение естественных процессов рассеивания и отвода тепла, ведь при аварийных процессах выделяется огромное количество энергии. И, наконец, четвертое: должна быть предусмотрена локализация всех аварийных радиоактивных выбросов в специально созданных герметичных помещениях.

Во всех промышленно развитых странах для этой цели на АЭС используют железобетонные оболочки, оборудованные фильтрующими устройствами для осаждения радиоактивных аэрозолей. Наши самоуверенные специалисты многие годы такую защиту реакторных установок считали излишней. Чернобыль показал, как крупно они просчитались. Впрочем, звонки о грядущей чернобыльской катастрофе звучали и раньше. Аварии происходили, и неоднократно, на Белоярской, Ленинградской, Армянской, Балаковской и на

той же Чернобыльской станциях, но их тщательно скрывали.

Но следует сразу сказать, что и защитные железобетонные оболочки — не панацея от всех бед. Ведь в лучшем случае они могут выдержать внутреннее давление в 4—5 атмосфер, в то время как при крушной аварии оно может превысить 9 и даже 14 атмосфер. К тому же оболочки легко уязвимы при злонамеренных действиях, например, диверсиях.

Есть один вид защитных барьеров, лишенный этих недостатков, — толща скальных пород. Даже при заглублении реактора под землей на пятьдесят метров над ним образуется защитный слой, способный выдерживать нагрузки в десятки раз больше, чем любые железобетонные конструкции. Лучшим помещением для герметизации также является подземное сооружение. В современной фортификации для герметизации подземных сооружений разработано множество типов быстродействующих шлюзов, клапанов и приспособлений. За доли секунды они намертво перекроют любые проходки и каналы и тем самым предотвратят опасный для населения и внешней среды выброс радиоактивных веществ.

Выступления А.Д. Сахарова на обоих совещаниях были идентичными. Привожу его высказывания почти дословно по своим записям, сделанным тогда.

— Проблема размещения АЭС — не только техническая. Она стала колоссальной важности экономической, социальной проблемой. Все связано в общий узел. Сколько бы мы ни рассуждали о безопасности АЭС, никто нам сейчас не поверит. В существующих реакторных установках физическую безопасность обеспечить невозможно. И все мы знаем, что аварии происходят неожиданно, а в необычных ситуациях операторы начинают действовать нерационально...

При любых военных действиях все АЭС опасны. Но есть еще более близкий фактор. Это

— террористы. При наземном размещении АЭС мы все — заложники у террористов. Если мы не разместим АЭС под землей, то мы не решим проблему безопасности ядерной энергетики.

Мы должны остановить то строительство АЭС, которое начато. Необходима пятилетняя пауза. Чем раньше такое решение будет принято, тем меньше будут потери. Через несколько лет это решение принять все равно придется, но тогда уже будет нанесен большой ущерб. АЭС без оболочек надо постепенно закрывать. Прежде всего вызывающие сомнения — расположенные поблизости от крупных населенных пунктов и в сейсмических районах. Надо принять закон, запрещающий строительство наземных атомных станций... И это должно решаться на уровне большой сложности...

Мы не имеем права решать за другие страны. Чернобыль был у нас, и прежде всего нам надо решать, что делать...»

Признаться, меня А.Д. Сахаров интересовал не только как выдающийся ученый и общественный деятель, но и просто как человек. Именно по этой причине я с вполне понятным волнением шел и на первую встречу с ним, о которой уже рассказывал, и был просто обрадован, когда на научно-техническом совете Совмина СССР (заседание состоялось 13 октября 1989 года) он неожиданно сел в соседнее со мной кресло. Я изволью обратить внимание, что Андрей Дмитриевич в тот день выглядел чрезвычайно усталым, а лицо его было неестественно бледным.

Мы перебросились с ним несколькими фразами, а затем все время, пока шло совещание, а шло оно более четырех часов, он сидел молча, то и дело беспокойно перебрасывая одно колено на другое.

Любопытная деталь: в перерыве я быстро направился к единственному городскому телефону, стоящему на столе в углу зала, — мне надо было срочно позвонить по одному очень важ-

ному делу. Но только я стал набирать номер, как увидел стоящего рядом со мной Андрея Дмитриевича. Естественно, я немедленно уступил ему телефон. Сахаров проговорил весь перерыв, решая судьбу каких-то беженцев, которые должны были выехать в Америку, но застряли в аэропорту... Он был пластичен и ссыдался на свои договоренности с Рейганом и Горбачевым.

В следующий перерыв перед подготовкой заключительного документа я уже не пытался звонить, так как Сахаров, улыбнувшись, снова направился к телефону... Он торопился доделывать свои дела. И торопился, как оказалось, не зря: через несколько месяцев его не стало.

Когда утомительное заседание закончилось и все стали расходиться, Андрей Дмитриевич медленно встал, подал мне руку и произнес своим характерным негромким голосом:

— Желаю вам успехов!

Подземные атомные станции получили благословение академика А.Д. Сахарова, и эта поддержка значила для нас очень многое, поскольку в некоторых кругах, привыкших к абсолютной монополии своих идей и решений, идея создания подземных АЭС встретила просто-таки яростное сопротивление.

Когда начнем!

Прежде чем попытаться ответить на этот далеко не риторический вопрос, хотел бы сделать небольшой исторический экскурс. Первые подземные АЭС были построены еще в 60-е годы: «Халден» (Норвегия, 1960), «Хамболт» (США, 1963), «Агеста» (Швеция, 1964), «Сена-Чуз» (Франция, 1967), «Люцерн» (Швейцария, 1968). За исключением французской «Сена-Чуз» в 275 мегаватт все перечисленные станции — весьма малой мощности и были созданы в качестве экспериментальных. Но любопытнее всего тот факт, что и у нас в стране уже более тридцати лет весьма надежно и успешно действует крупная такая АЭС, обеспечива-

ющая теплом и электроэнергией целый город. Правда, до недавнего времени она была сверхсекретной, как и весь опыт ее эксплуатации. Речь о подземной АЭС под Красноярском-26 в составе хозяйства, ранее занятого производством радиоактивных материалов для создания ядерного оружия. Сейчас о нем вышло немало публикаций за рубежом и у нас.

И, естественно, когда в 1987 году, вскоре после чернобыльской катастрофы, жестко продиктованной необходимостью поиска альтернативных путей повышения безопасности ядерной энергетики либо ее полного свертывания, Горный институт выходил в союзное правительство с предложенным использовать для этой цели подземное пространство страны, в полной мере учитывался опыт создания зарубежных и Красноярской подземных АЭС.

С тех пор много воды утекло. Еще больше написано всевозможных протоколов и решений. При этом четко прослеживаются две взаимно отвергающие друг друга тенденции.

Первая, простая и понятная каждому: никакой атомной энергетики!... Все действующие АЭС закрыть. Тем более что на их станциях продолжали и продолжают возникать одна за другой внеплановые остановки на ядерных электроблоках из-за ошибок персонала и отказов оборудования. Только за 1989 год на шестнадцати АЭС Союза ССР таких остановок было более 100, в том числе на Балаковской — 30, Запорожской — 11, Ровенской — 13, Южно-Украинской — 12, Чернобыльской — 8. В 1991 году их количество возросло до 270, причем три из них — на Игналинской, Билибинской и Чернобыльской (2-й энергоблок) — сопровождалось радиационными авариями, к счастью, не ставшими катастрофическими.

Страшновато, не правда ли? И вовсе не надуманным кажется в такой ситуации требование закрыть действующие атомные станции и приостановить строительство новых. И совсем не

случайно под влиянием антиядерных настроений, как правило, поддерживаемых местными органами власти, в последние несколько лет прекращены строительные и проектно-изыскательские работы на площадках атомных станций общей мощностью более 100 гигаватт. Но очень показательны, что при этом всегда делаются ссылки на возможность решения энергетических проблем без ядерных источников энергии.

Увы, такая ссылка — глубоко ошибочна. Расчеты недвусмысленно показывают, что даже при наличии огромных запасов топлива, залегающего в недрах России, уже в ближайшее десятилетие будет происходить все более быстрое истощение наиболее экономичных и благоприятных месторождений топлива. Европейскую Россию не спасут и потоки энергоресурсов и электроэнергии из ее восточных регионов, на которые наивно рассчитывают некоторые экономисты и политики. Не будет таких потоков... Это — всего лишь одна из легенд, созданных в недавнюю «легендарную» эпоху.

В феврале нынешнего года в составе группы экспертов Министерства науки, высшей школы и технической политики Российской Федерации мне пришлось побывать в Приморском и Хабаровском краях. Мы увидели там настоящий энергетический кризис. И причина его — тяжелейшая ситуация с топливом. Уголь на Дальний Восток везут из-за Урала и из Монголии. Когда мы спросили у руководителей «Востокэнерго», почему они мало используют уголь из близлежащего Нерюнгринского месторождения, нам ответили: запасы топливных углей не подтвердились. А говорили, что Нерюнгри обеспечит топливом полстраны и ис на одну сотню лет. Так что идея России без ядерной энергетики утопична и несостоятельна.

А теперь о второй тенденции. Она предполагает развитие энергетики России таким образом, чтобы одной из ее полноправных составляющих

компонентов была ядерная энергетика, естественно, основанная на использовании всех современных мировых достижений в данной области. Но главный вопрос здесь, безусловно, в обеспечении безопасности ядерных реакторов для окружающей среды и населения.

И хотя создание нового поколения реакторов в перспективе, вероятно, существенно изменит положение с безопасностью АЭС, ясно, что без подземных сооружений не обойтись — только они позволят защитить атомные станции от экстремальных внешних воздействий, и прежде всего от возможных диверсий.

Для оценки дел с созданием реальной подземной ядерной энергетики страны рассмотрим выдержки из некоторых официальных документов.

Из протокола расширенного заседания секции «Размещение атомных станций и экология» Комиссии АН СССР от 12 октября 1989 года: «...считать весьма актуальной и своевременной постановку вопроса о необходимости комплексной научной разработки широкого круга проблем подземного размещения атомных станций, являющегося одним из возможных путей повышения их безопасности и экологической чистоты; ... определить головные организации, ответственные за решение проблем атомных станций...»

Из протокола заседания научно-технического Совета Бюро Совета Министров СССР от 13 октября 1989 года: «... поручить Академии наук СССР (т. Руденко), Минатомэнергопрому СССР (т. Проценко) совместно с Горным институтом Кольского научного центра... и других заинтересованных организаций разработать комплексную программу по проблеме подземного строительства атомных станций...»

Из протокола совещания у заместителей Председателя Совета Министров СССР тт. Лаврова Н.П. и Рябева Л.Н. № НЛ-1 от 25 мая 1990 г.: «...включить... в состав Государ-

ственной научно-технической программы «Экологически чистая энергетика», утвержденной постановлением Совета Министров СССР от 30 декабря 1988 г. № 1474 шестое основное направление «Подземные атомные станции»; назначить... научным руководителем направления академика Субботина В.И....»

В 1991 году в самых высоких государственных инстанциях был наконец утвержден и сам проект создания в стране подземных атомных станций. Новое руководство Министерства науки, высшей школы и технической политики России подтвердило перечисленные решения. Первые подземные АЭС коммерческого назначения могут стать реальностью через несколько лет. Заказы на проектные проработки уже дали областной совет Мурманской области и отдельно глава администрации г. Апатиты, администрации Приморского и Хабаровского краев, энергетики Красноярска-26. Серьезный интерес к подземным АЭС проявили в Казахстане, а также в Канаде, Финляндии, Японии, с фирмами которых уже завязаны первые контакты и заключены первые договоры о совместных действиях.

Очищение земли

Мне нравятся слова одной современной песни: «Ради гнездышка грача не рубите сгоряча... Не рубите, мужики, не рубите!... Не губите первоцвет, аль креста на вас нет?...»

К великому сожалению, на тех, кто безраздельно правил нашей страной в течение семи десятилетий, креста не было ни в прямом, ни в переносном смысле... Ибо только люди, утратившие последние проблески совести, могли пойти на столь безнравственное разрушение и загрязнение природы собственной Родины.

Сам я вырос в одном из красивейших уголков северной России. Наше селенье Пучуга

расположено на западном берегу Северной Двины — когда-то полноводной и чистой реки, где еще лет тридцать назад вся ее широкая пойма, заросшая чудным разнотравьем и изумрудно-зелеными рощами, звенела от птичьего гомона.

Прошлым летом прискал я в родные места и был буквально потрясен увиденным. Двина так обмелела, что теплоходы из Архангельска доходили только до Березника, вода же в реке была настолько отравлена всевозможными промышленными стоками, что ее нельзя было не только пить, но и брать для того, чтобы умыться. У берегов плескалась какая-то гадкая зеленая пена. Утратили прежнюю звучность напы луга — не то что птицы, редкостью там стали стрекозы. Печальная картина...

Северная земля рапима, как ребенок. Чтобы восстановить нарушенное в ней экологическое равновесие, нужны годы и годы. Но ее одарившую Россию бесчисленными богатствами, при разработке и переработке этих богатств травят нещадно. Посмотрите, к примеру, вокруг Мончегорска — там уже пустыня, и оголенные остовы деревьев стоят вместо роскошных когда-то лесов.

В дополнение ко всем этим бедам Российский Север превращен в рапидище и отстойник всевозможных ядерных устройств и радиоактивных отходов. Поскольку в нашей печати открытых публикаций по этому вопросу не было, воспользуюсь сведениями журнала «Эконорд Магазин». Они никак не опровергнуты.

По данным журнала, на Мурмане базируется 7 атомных ледоколов, а Северный флот имеет 123 ядерных судна с 235 ядерными реакторами. На Новой Земле взорвана 121 ядерная бомба, в том числе 86 — в атмосфере. 2 ядерных взрыва произведено в Хибинах. Вероятно, были и другие «мирные» взрывы, в том числе на материковой части Архангельской

области. На Северном флоте и на береговых батареях сейчас сосредоточено 3000—3500 ядерных боезарядов. При разоружении большую часть этих боезарядов придется утилизировать.

На Кольской АЭС действуют 4 реакторные установки, которые также непрерывно вырабатывают радиоактивные отходы, в том числе высокоактивные. К концу эксплуатации станция даст в общей сложности более 100 тысяч кубометров таких отходов. Сейчас практически уже решен вопрос о строительстве еще двух энергоблоков по 1000 мегаватт каждый.

И наконец, возникший при Чернобыльской аварии северный след радиоактивного облака, пройдя через Брестскую область, Литву, Латвию, Эстонию, пересек Карельский перешеек и пошел дальше. И на всем его пути есть весьма опасно пораженные участки. Их надо также обрабатывать.

Говоря о выходе из создавшегося положения, мы вновь возвращаемся к использованию подземного пространства. Только в подземных сооружениях, укрытых в высокопрочных скальных породах или плотных глинах, можно изолировать всю эту радиоактивную нечисть. И, бесспорно, саму утилизацию и переработку радиоактивных материалов следует производить также под землей, чтобы исключить возможность утечки в любом из звеньев общей цепи обращения с ними.

2 ноября 1991 года Президент России Б.Н. Ельцин отдал распоряжение о неотложных мерах по обеспечению радиационной безопасности на территории РСФСР, признав в нем оздоровление радиологической обстановки задачей особой государственной важности. В частности, правительству дано поручение до 1 января 1993 года составить общий Государственный реестр мест захоронения радиоактивных отходов, а в течение 1992 года составить кар-

ты-схемы радиоактивного загрязнения федерации.

Будем считать это добрым знаком.

О конверсии в делах подземных

Подземные сооружения давно привлекают внимание военных политиков. Готовя оружие для нападения на более мирных соседей, агрессор ловко прятал свои секреты под землей. Жертвы агрессии в свою очередь искали укрытия в различных подземных выработках, штольнях, туннелях и т.п. Так было всегда. Для примера вспомним хотя бы подземный завод «Миттельверк» в четырех километрах от Нордкаузена, где гитлеровцы ковали свое «оружие возмездия» — первые ракеты класса «земля — земля», более известные как «ФАУ-1» и «ФАУ-2». Что представлял собой этот завод? Гору Конштайн, где он располагался, насквозь пронизывали три туннеля длиной около трех с половиной километров. В сорока четырех поперечных выработках располагалось множество цехов, обеспечивающих выпуск 35 ракет в сутки.

Любят подземки и моряки. На территории военно-морских баз многих стран мира созданы крупнейшие укрытия и целые судоремонтные заводы для подводных и надводных кораблей. По данным иностранной печати только в Норвегии, Швеции и Франции более десяти военно-морских баз оснащены такими подземными комплексами. Характерный пример — девять укрытий туннельного типа на базе Хер-Фьорд близ Стокгольма, в том числе два сухих подземных дока для эсминцев и один — для подводных лодок. О последнем в свое время мне весьма красочно рассказывал Главнокомандующий ВМФ адмирал С.Г. Горшков, лично побывавший на этой базе. Там не делают секретов из того, что при современных средствах обнаружения, когда со спутников можно за-

снять номер автомашины, невозможно сохранить в тайне.

И хотя в России все сведения о подземных военных объектах за редким исключением остаются для общественности по-прежнему закрытыми, нетрудно догадаться, насколько разветвлена их сеть и велики их объемы.

Даже частичная их конверсия и передача для нужд народного хозяйства позволила бы России при самых минимальных капиталовложениях создать десятки безопасных подземных АЭС различной мощности, разместить предприятия по переработке и захоронению радиоактивных отходов, развернуть целые региональные системы овощехранилищ, в чем сейчас наша усталая страна в столь драматический период ее жизни так остро нуждается.

Но тут потребуются смелые и неординарные решения как со стороны военного ведомства, так и со стороны высших руководителей Российской Федерации. Готовы ли они к этому, трудно сказать, но экономия средств, возможная при положительном решении, могла бы исчисляться во многие миллиарды, и даже десятки миллиардов рублей.

Опыт предков и прагматичных соседей

Подземные хранилища продуктов — рядовое явление; вспомним хотя бы, что наши предки для хранения продуктов использовали ледники и погреба. Это весьма выгодно, так как расход энергии в этом случае снижается в 10 раз. Практичными были наши предки, а мы забыли об их опыте. У наших соседей все большее пространство получают и подземные хранилища нефтепродуктов. Например, в Финляндии, Норвегии и Швеции уже эксплуатируется более 200 таких хранилищ, расположенных в крепких кристаллических породах. Общий их объем в странах Скандинавии составляет

порядка 40 миллионов кубометров. Построены подземные — вестибулы вокзалов и аэропортов, библиотеки и стадионы, плавательные бассейны и лаборатории, заводы и фабрики, гаражи и магазины. Есть даже подземные церкви и жилые дома. Весьма показательны, что для создания комфортных условий в подземных помещениях все чаще используются системы световодов. С их помощью достигается полная иллюзия обычного наземного помещения с дневным светом.

В нашей стране лучшие подземные комплексы — метрополитены крупных городов и, конечно, объекты военно-промышленного комплекса.

И если говорить по-крупному, то в заключение можно сказать следующее: использование подземного пространства — наиболее реальная и эффективная перспектива расширения области жизнедеятельности человечества. В отличие от ближнего и дальнего космоса, пустынь и дна океанов, фантастические проекты освоения которых в последние годы все чаще публикуются популярными изданиями, подземное пространство можно с великой пользой использовать уже в настоящее время и при существующих технологиях. Последнее немаловажно.

Реалистичность такого подхода тем более очевидна, что стоимость подземных сооружений вовсе не баснословна. Так, в Мурманской области средняя стоимость одного кубометра готовых подземных помещений в железобетонных обделках, возведенных в гранитах и гнейсах с 1971 по 1984 годы, составила, — в доперестроечных ценах, — всего 86 рублей. Она вполне доступна любым государственным организациям, акционерным фирмам и частным лицам.

Не следует затягивать начало работы по возведению подземных этажей России. Дерзайте, предприниматели!

Сингапур

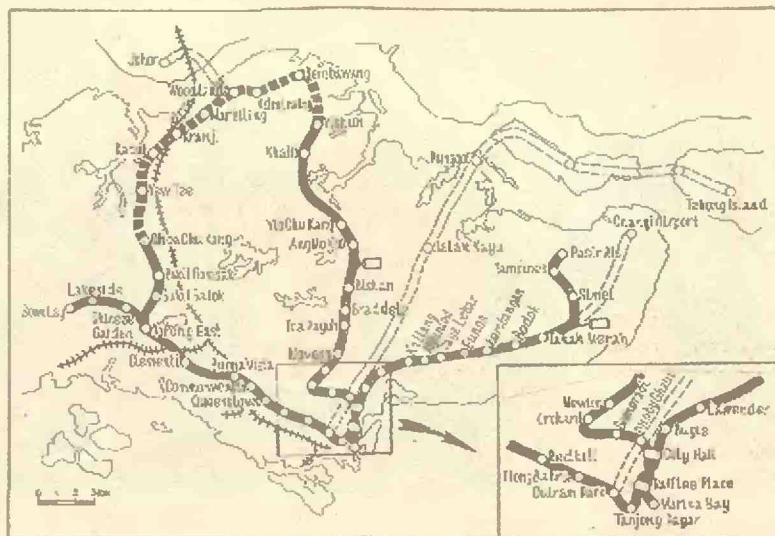
П. ПУЗАНОВ,
инженер

Сингапур — столица одноименного государства, город-порт. Он расположен на небольшом одноименном острове, отделенном от южной части Малакского пролива Джохорским проливом. Площадь города — 0,6 тыс. км². Население его за период с 1957 по 1979 г. увеличилось с 1,5 млн. до 2,2 млн. человек с прогнозируемым ростом к середине 90-х гг. до 3,2 млн.

Острая необходимость создания сети метрополитена возникла в конце 70-х гг. из-за исключительно тяжелых условий транспортного сообщения. При занимаемой площади в 412 км² здесь насчитывалось свыше 300 тыс. автомобилей, причем их количество постоянно увеличивалось в среднем на 2 тыс. в месяц.

Впервые проблемами метрополитена начали заниматься в 60-е гг. В 1967—71 гг. была составлена комплексная транспортная схема Сингапура, предполагающая строительство 32 км линий метрополитена и 300 км городских автомагистралей.

К детальному проектированию приступили в 1974 г., в результате чего была уточнена составленная ранее схема, состоящая из двух линий общей длиной 37 км. В ходе проработок 1975—76 гг. суммарная протяженность возросла до 45 км, а затем и до 66,8 км. Всего к 1984 г. появилось свыше 1500 предложений на строительство системы от более, чем 20 стран; договоры на сооружение I очереди заключены с 38 фирмами. Предварительный технический проект выполнен несколькими фирмами Великобритании. Сеть метрополитена включает в себя



две линии: первая пересекает город с севера на юг, вторая — с запада на восток. В центральной части трасса преимущественно проходит в тоннелях, а на периферийных — по поверхности.

В октябре 1983 г. фирмы «Хенри Бут» (Великобритания), «Гаммон» (Сянган) и «Синга» (Сингапур) приступили к прокладке метрополитена. 7 ноября 1987 г. началось движение поездов между «Е Шу Кан» и «Тоа Пайо» (7,5 км 5 станций), затем в декабре того же года линия была продлена до станции «Оутрэм парк». Причем на первом этапе северный и южный участки, являющиеся составной частью различных линий, эксплуатировались как единый маршрут.

К концу 1990 г. была введена в строй вся первоочередная сеть длиной 66,8 км. За семь лет было построено 20,4 км тоннелей, 45 км эстакадных участков и 3 км наземных линий, что соответствует прокладке 9,5 км линий в год.

В настоящее время ведется сооружение 16-км, так называемой, Вундлэндской линии в северной части города, которая как бы замкнет в кольцо существующую сеть. Эта линия с 7 станциями (одна из которых «Кодут» — перспективная) соединяет действующие станции

«Чоа Чу Кан» и «Юшань» и проходит из-за сложных геологических условий в основном на наземных и эстакадных участках. Работы намечено завершить к февралю 1996 г. Движение поездов по этой линии будет осуществляться от «Марина Бэй» до «Джуронг Ист».

Инженерно-геологические условия на подземных трассах представлены гранитами и песчаниками различной степени выветрелости (от трещиноватого или обломочного скального грунта до глинистой массы), а также слабым морским и речным аллювием. Характер напластования трудно предсказуем. Все грунты слабоустойчивы и обводнены. Проходка в них ведется зачастую под сжатым воздухом при избыточном давлении до 180 кПа. Наибольшие сложности представляет проходка в обломочных массивах при наличии валунов объемом до 250 м³ из сплошного скального грунта прочностью на сжатие до 150 МПа. Поскольку в Сингапуре действуют жесткие ограничения на производство взрывных работ, валуны в большинстве случаев разрушают гидродинамически. Для укрепления мягких аллювиальных глин широко применяются высоконапорные инъекции химических растворов, песчаные включения



Эстакадный участок.

закрепляют силикатизацией. Несмотря на это, в таких грунтах случались обрушения забоя.

Перегонные тоннели диаметром в свету 5,2 м сооружали щитами с экскаваторным и фрезерным исполнительными органами и механизмами крепления забоя. Некоторые из щитов имеют сменный исполнительный орган или комбинацию органов экскаваторного или фрезерного типа. Обделка в большинстве случаев блочная железобетонная толщиной 250 мм с гидроизоляцией швов упругими уплотнителями. Горнопроходческие работы ведутся круглосуточно. Из-за неоднородных инженерно-геологических условий темпы работ также весьма различны и в благоприятных условиях составляют в среднем 30—40 м в неделю.

Некоторые участки перегонных тоннелей проходили с помощью механизированного щита диаметром 6,4 м, оснащенным роторным исполнительным органом японской фирмы «Хитачи», с максимальной скоростью (с арочной крепью) до 140 м в неделю, а средняя колебалась от 25 до 60 м.

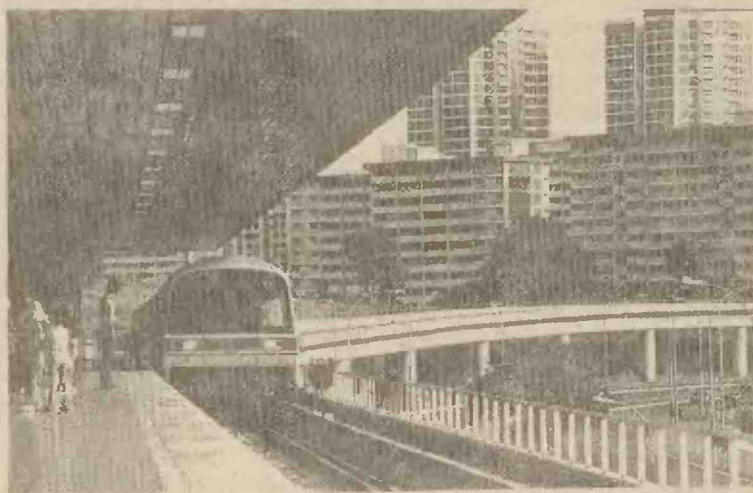
На небольших участках перегонные тоннели сооружались горным способом с временным креплением стальными арками и набрызгбетоном и немеханизированной разработкой за-

боя ручными перфораторами. В мягких выветрелых песчаниках и алевролитах скорость проходки составляла 25 м в неделю. При наличии в грунте крепких глыб, требующих дробления гидроклиньюми, она снижалась до 10—15 м.

Перегонные и станционные тоннели открытого способа имеют прямоугольное поперечное сечение и сооружаются из монолитного железобетона в котлованах с ограждением «стена в грунте», или шпунтовым. Участок перегонного тоннеля под рекой прошли в два этапа, разрабатывая котлован на дне реки после откачки воды под защитой двойной шпунтовой перемычки.

Ширина колеи 1435 мм. Рельсы массой 60 кг/пог.м укладываются на железобетонных шпалах в тоннелях на путевой бетон, а на наземных участках — на щебень. Там, где линия метрополитена проходит вблизи фундаментов жилых домов, отелей и т.д. в конструкции пути использованы «плавающие плиты» для уменьшения шума и вибрации. Самый протяженный участок с такой конструкцией пути находится в центре города у станции «Раффлс Плэйс». Здесь имеются два стрелочных перевода марки 1:14. Они установлены на бетонных плитах толщиной 450 мм, уложенных на резиновые маты. Другие участки расположены к северу от станции «Брэддэлл», где тоннель проходит под жилым массивом и под торговой площадью Скоттс Роуд. Путь на «плавающих плитах» состоит из больших корытообразных блоков массой 3 т, покоящихся каждый на трех композитных стале-резиновых элементах, опирающихся на нижний свод тоннеля. В «корыта» блоков укладываются обычные железобетонные шпалы и замоноличиваются при окончательной рихтовке и выправке пути. Собственная частота системы 10 Гц, что позволило уменьшить шум до 25 дБ(А).

В центральной части города трассы обеих линий совпадают



Станция «Ю Шу Конг».

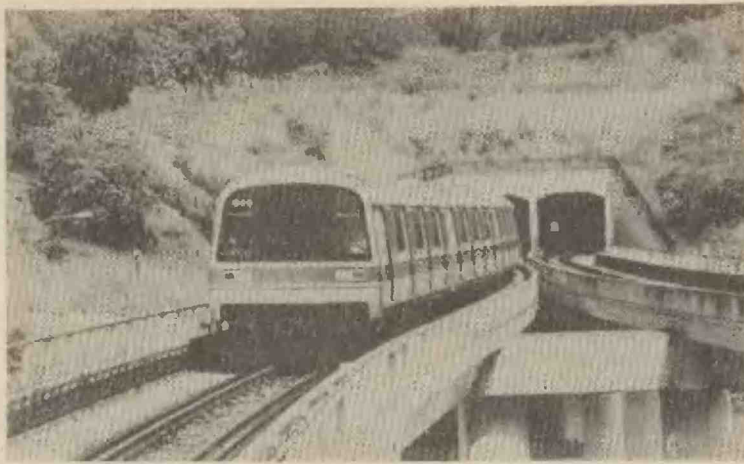
на одном перегоне, обе станции которого запроектированы как двухъярусные пересадочные. Причем в каждом их ярусе островные платформы размещены таким образом, что для пересадки достаточно перейти на другую сторону платформы той станции, где поезд одной линии проходит в одном ярусе с поездом нужного направления второй.

Всего на сети метрополитена расположено 42 станции, из которых 15 — подземные, возведенные открытым способом, а остальные располагаются на эстакадах и на поверхности. Платформы длиной 150 м в большинстве своем островные.

Архитектурное оформление станций выполнено в национальном китайском колорите в сочетании с монументальными формами стиля модерн. Для отделки станций используются как естественные природные материалы, так и искусственные, металл и стекло.

Поскольку эксплуатация подземных участков Сингапурского метрополитена в тропических условиях требует охлаждения воздуха на станциях, платформы отделены от путей перегородками с автоматическими раздвижными дверями. Это позволяет сократить энергозатраты на кондиционирование воздуха на 70%. Для проветривания тоннелей на концах каждой станции предусмотрено по вентиляционному стволу. На случай необходимости принудительной вентиляции или вытяжки дыма при пожаре запланированы реверсивные вентиляторы, включаемые автоматизированной системой. Кроме того, под платформами смонтированы установки для вытяжки горячего воздуха из-под поездов во время их стоянок.

В основу расчета системы кондиционирования воздуха положены следующие параметры: температура и влажность наружного воздуха для системы кондиционирования — 31 °C и



Портальный участок.

75%; температура и влажность воздуха в пассажирских помещениях станций — 29 °C и 65%; максимальная температура в тоннеле — 40 °C (допускается кратковременное увеличение до 45 °C).

Для I очереди метрополитена японской фирмой «Кавасаки» были изготовлены 66 шестивагонных составов, из них 25 — к моменту открытия. Два первых прототипных поезда были доставлены морским путем в мае 1986 г. в депо Бишан, где в течение 5 месяцев совершали поездки на специальной обкаточной ветке длиной 1,8 км. Перед поставкой все вагоны прошли заводские температурные испытания в диапазоне от —45 °C до +50 °C.

Каждый шестивагонный поезд состоит из двух идентичных секций, включающих головной немоторный вагон с кабиной управления, прицепной моторный и моторный с устройством управления маневровыми стрелками.

Пол салона выполнен из алюминия, уложенного на нержавеющей сталь, ниже которой расположен изоляционный материал. Требования, предъявляемые к противопожарной безопасности, должны удовлетворять американский стандарт, по

которому температура 900 °C выдерживается в течение 45 мин.

Все моторные вагоны имеют длину 22,8 м, головные прицепные — 23,65 м. Их вес соответственно 37,8 и 30,7 т. Высота расположения пола 1,1 м, диаметр колес 850 мм. Четыре пары дверей шириной по 1,45 м открываются и закрываются машинистом.

Головная часть вагонов, где размещается кабина машиниста, выполнена из фиброгласса. В середине ее имеется широкая дверь, которая в случае быстрой эвакуации пассажиров из вагонов, может быть использована как трап для спуска на путь, а также как мост для перехода с одного поезда на другой.

Планировка салонов — продольная. В нем 62 сидячих и 320 стоячих мест. Между вагонами имеется переход шириной 1,5 м, позволяющий осуществлять свободный проход пассажиров вдоль всего состава. Все вагоны с учетом тропического климата оборудованы кондиционерами мощностью 66500 ккал/ч каждый. Тяговые двигатели мощностью 2x145 кВт напряжением 375 В постоянного тока соединены последовательно на каждом вагоне. Управление двигателями осуществляется через импульсные преобразователи; тормоза — отдельные

рекуперативно-реостатные и воздушные. Максимальная скорость — 80 км/ч, ускорение — 1,0 м/с², замедление — 1,3 м/с².

Тележки вагонов алюминиевые H-образные, аналогичные разработанным фирмой «Дюваг» для метрополитена Гонконга. Их база 2,5 м. Расстояние между осями тележек 15,8 м. Кабина машиниста оборудована замкнутой телевизионной системой, позволяющей наблюдать за посадкой пассажиров на станциях с изолирующими дверями.

Подвижной состав в количестве 396 вагонов базируется в двух депо. Основное, у станции «Бишан», занимает площадь 30 га и вмещает 28 шестивагонных поездов. Оно оборудовано всем необходимым для осмотра и ремонта вагонов, включая станки для обточки бандажей. Для предотвращения его затопления устроен железобетонный настил площадью 120 тыс. м² на два метра выше уровня поверхности, опертый на фундамент из 14500 железобетонных свай глубиной 24 м.

Еще два депо, расположенные у станций «Танак Мирах» и «Юронг Ист» (строящееся), предназначены для ночного отстоя, мытья и уборки поездов.

Для Вундлэндской линии у консорциума фирм «Сименс» и «Шкода» были заказаны 19 шестивагонных составов, первый из которых будет поставлен уже в сентябре 1994 г. На них будут установлены тележки фирмы «Дюваг», тормозное оборудование «Вестингауза», трехфазные электродвигатели и рекуперативные тормоза.

Энергоснабжение метрополитена осуществляется от внешних источников 22 кВ. Тяговое напряжение 750 В постоянного тока. Токосъем осуществляется с нижней поверхности третьего рельса новой композитной конструкции, выполненного из стал-алюминиевого сплава. При то-

ке 2000 А падение напряжения между поездом и выпрямительной подстанцией составляет 27 В/км для стального рельса и 13,5 В/км для композитного. Это снижает падение напряжения на 15 % и потери энергии на 30 % по сравнению со стальным рельсом такого же сечения. В тоннелях третий рельс закрыт кожухом из пластмассы, армированной стекловолокном, а на наземных участках из поливинилхлорида.

Для связи между отдельными системами управления, устройствами энергоснабжения, вентиляции и другими применяются дублированные для надежности каналы с использованием волоконной оптики.

Компания «Вестингауз Брайк энд Сигнал» (Великобритания) оснастила метрополитен автоматизированной системой управления движением (АСУД), что позволило полностью автоматизировать контроль и управление движением поездов с интервалом до 100 с. В будущем с помощью АСУД предполагается поддерживать наименее энергоемкий режим эксплуатации подвижного состава путем нахождения оптимального соотношения между режимами тяги и выбега. Эта система обеспечивает высокую степень безопасности движения.

Применяются следующие устройства СЦБ и связи: система автоматического поездного контроля (АТС) и автоведения (АТО) с использованием низковольтных путевых цепей; внутренняя телевизионная сеть; громкоговорящая связь на станциях и в поездах, вспомогательная в виде розеток, установленных в тоннелях и на персеплах для подключения к связи машинистов в случае остановок поездов; линейно-точечная индуктивная.

Движение поездов может быть организовано с интервалом 90 с, по первоначально он ус-

тановлен в 120 с. Провозная способность линии в настоящее время — до 36 тыс. человек в час в каждом направлении, максимальная — 60 тыс. в час.

Ежедневно услугами метрополитена пользуется 860 тыс. пассажиров с последующим увеличением к 2000 г. до 1 млн. человек.

Стоимость проезда дифференцирована и колеблется от 0,5 до 1,1 сингапурских долларов. Контроль проезда осуществляется при помощи билетов с магнитным покрытием, на которое наносится необходимая информация. Кроме обычных, продаются льготные билеты для учащихся, военнослужащих и пожилых граждан.

Существует также довольно строгая система штрафов. За брошенный мимо урны мусор — 500 долларов, за безбилетный проезд — 1000, за использование преднамеренно поврежденного проездного магнитного билета — 2,5 тысячи. Все помещения станций контролируются при помощи телеустановок.

В перспективе возможно строительство третьей линии из центра города в северо-восточном направлении до Пунггола длиной около 15 км. Рассматривается вопрос о прокладке линии через Малаккский пролив до штата Джохор в соседней Малайзии. Считают, что в этом есть резон. По выходным дням единственный мост над проливом забит автомобилями: из Сингапура едут в Малайзию на отдых, а оттуда жители устремляются на остров за покупками. Кроме того, зарезервирована полоса для возможного продления в будущем линии № 2 в аэропорт. Пока количество направляющихся туда пассажиров не оправдывает стоимости строительства, но после расширения аэропорта ожидается рост их числа.

Сооружение крупнопролетной подземной камеры в слабоустойчивых грунтах

А. МАКОВСКИЙ,
канд. техн. наук

В практике современного городского подземного строительства наместилась тенденция сооружения крупнопролетных подземных выработок различного назначения: для пропуска и хранения транспортных средств, машинных залов ГЭС и ГАЭС, для захоронения ядерных и токсичных отходов, охраны окружающей среды и пр.

Наибольшие трудности возникают при проходке выработок в мягких и слабоустойчивых грунтах, когда необходимо обеспечить стабилизацию породного массива на всех этапах раскрытия профиля.

В последние годы для возведения крупнопролетных подземных объектов все шире используют новоавстрийский способ. По такой технологии построены подземные гаражи в Мюнхене (пролет 18,9; высота 16,4 м), Штутгарте (площадь сечения 210 м²) и двухсводчатые автодорожные тоннели: Хаберберг в Австрии (пролет 23, высота 9,1 м), Вуппертале в Германии (пролет 37; высота 12 м), Хеслах в Штутгарте (площадь сечения 246 м²) и участок тоннеля Таннерберг-Фесенштауб в Швейцарии (пролет 18,1; длина 14,1 м).

В связи с прокладкой крупнейшего подводного тоннеля под проливом Ла-Манш на английском и французском берегах, на расстоянии от порталов соответственно 8 и 12 км, сооружают две крупнопролетные камеры съездов для маневрирования подвижного состава в процессе эксплуатации будущего тоннеля.

На английской стороне пролива камера располагается непосредственно по трассе путевых тоннелей, что позволяет пропу-

скасть через нее шпиговые комплексы для их проходки. Сервисный тоннель на этом участке удален от камеры на 30 м.

Размеры камеры съездов определены условиями маневрирования подвижного состава и составляют: длина 156, пролет 21, высота 15 м. Объемно-планировочная схема ее сопряжения с путевыми, сервисным и вспомогательными тоннелями представлена на рис. 1.

Камера залегает на глубине 35 м ниже уровня дна пролива в толще меловых отложений и мергелей, подстилаемых плотными глинами. Напластование близко к горизонтальному. Породы обладают повышенной водонепроницаемостью, что облегчает производство горно-проходческих работ.

Анализ нескольких вариантов технологии сооружения подземной камеры показал, что наиболее эффективен новоавстрийский способ с проходкой, в первую очередь, двух боковых опережающих штолен, последующим раскрытием профиля сверху вниз и закреплением контура выработки двухслойной комбинированной крепью (рис. 2).

Штольневые выработки шириной 7,8 и высотой 10 м имеют криволинейное очертание типа «готической арки», что повышает их устойчивость. Наличие опережающих штолен обеспечивает достоверный прогноз геологической ситуации в пределах камеры и позволяет корректировать конструктивно-

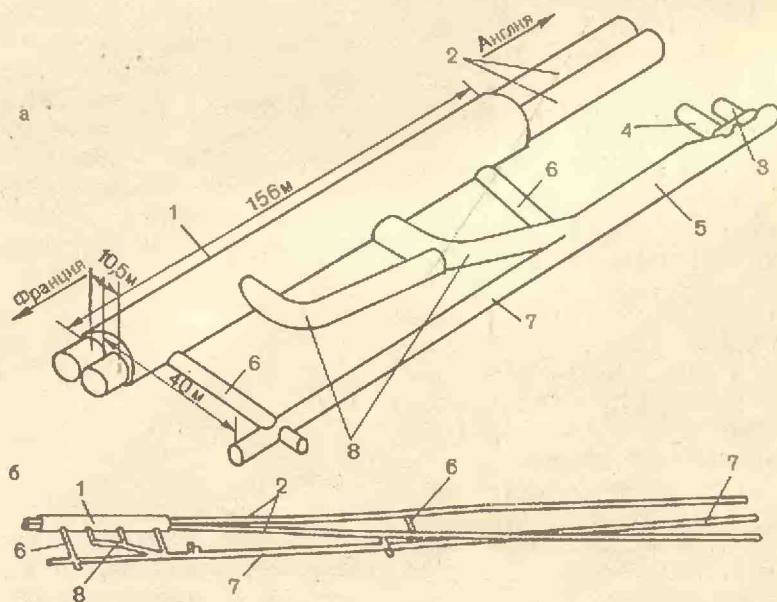


Рис. 1. Общий вид (а) и план (б) расположения камеры съездов, путевых и вспомогательных тоннелей:

1 — камера съездов; 2 — путевые тоннели; 3 — электростанция; 4 — компрессорная; 5 — уширенная часть сервисного тоннеля; 6 — поперечная сбойка; 7 — сервисный тоннель; 8 — подходы выработки.

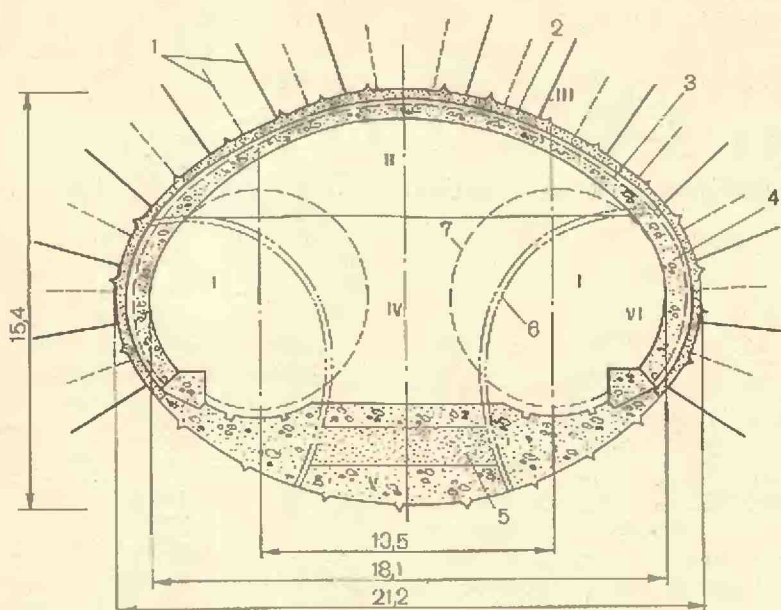


Рис. 2. Технологическая последовательность сооружения подземной камеры: I—VI — этапы работ; 1 — скальные анкеры; 2 — первичная крепь из набрызгбетона; 3 — гидроизоляция; 4 — вторичная крепь из монолитного бетона; 5 — засыпка; 6 — контур опережающих штролов; 7 — контур путевых гонимелей.

технологические параметры в процессе строительства.

Породу разрабатывают тоннельпроходческими машинами АМТ-70 фирмы «Фест Альпине» (Австрия) с рабочим органом избирательного действия. Длина машины с транспортером 17, ширина 2,8, высота 4,29 м, производительность конвейерной ленты 200 м³/ч. Помимо АМТ-70 используют погрузчики «Эймко», буровые рамы «Бозерт», подъемные платформы «Нормет» и др.

По контуру штролов наносят покрытие из набрызгбетона толщиной 300 мм, причем наружные стены усиливают скальными анкерами для восприятия в дальнейшем давления со свода камеры. После проходки последовательно раскрывают ее калотную часть, штроссу и лотковую, разрушая при этом внутренние стены штролов.

По мере раскрытия основной выработки непосредственно в забое устанавливают решетчатые арки, скальные анкеры глубиной 6 м и возводят первичную крепь толщиной 400 мм из набрызгбетона, покрывая ее пленочной гидроизоляцией из поливинилхлорида и геотекстиля. В

последнюю очередь устраивают вторичную крепь толщиной 700 мм из монолитного бетона. Между крепями оставляют зазор порядка 150 мм для устранения возможных деформаций первичной крепи (в пределах 100 мм) и неточностей при ее возведении (порядка 50 мм).

Строительство камеры съездов сопровождается комплексными экспериментальными исследованиями поведения бинарной системы «крепь-породный массив», проводимыми Исследовательской дорожно-транспортной лабораторией (Великобритания) совместно с консультантами — геотехниками из Инсбрука (Австрия).

Исследования включают: натурные наблюдения и измерения напряженно-деформированного состояния и геотехнических характеристик породного массива и элементов крепи на всех этапах раскрытия выработки. Организовано несколько измерительных станций, оснащенных почти 200 приборами и инструментами (экстензометрами, измерительными анкерами, оптическими геодезическими приборами, датчиками давления и

пр.). Ежедневно регистрируются изменения 120 параметров, передавая информацию в главную компьютерную систему на мысе Шекспира.

По результатам наблюдений и измерений корректируют параметры крепи (длину анкеров, толщину набрызгбетонного покрытия), регулируют время ее устройства и необходимость нанесения второго слоя набрызгбетона. На одном из этапов проходки смещения породного массива в своде камеры превысили нормативные, что потребовало установки дополнительных анкеров и утолщения набрызгбетонного покрытия.

После разработки породы в лотковой части камеры горизонтальные смещения стен возросли с 10 до 20, а диагональные — с 17 до 35 мм, но после замыкания обратного свода они полностью стабилизировались.

Таким образом, концепция новозавстрийского способа, предусматривающая вовлечение крепи в совместную работу с породным массивом, полностью подтвердилась, что позволило осуществить безопасное раскрытие выработки площадью поперечного сечения 252,2 м² в слабоустойчивых породах.

На французской стороне пролива подземную камеру съездов возводили многошпальевым способом, который впервые применили при сооружении двухъярусного автотранспортного тоннеля диаметром 24 м под коллом Бэйкер Ридж в Сент-Лис (США). Шпальевые выработки проходят по периметру камеры и в них монтируют элементы обделки, под защитой которой разрабатывают грунтовое ядро.

Опыт сооружения камеры съездов под проливом Ла-Манш свидетельствует об эффективности применения новозавстрийского способа для раскрытия крупнопролетных выработок в слабоустойчивых породах при тщательном геотехническом сопровождении горнопроходческих работ.

Строительство подземных сооружений под зданиями с применением опорно-ограждающих конструкций

Возведение городских подземных сооружений на плотно застроенных территориях сопряжено с необходимостью производства работ вблизи зданий, а в ряде случаев, и непосредственно под ними. В зависимости от инженерно-геологических условий, конструктивных особенностей зданий и их фундаментов строительство ведут открытыми или закрытыми способами, применяя специальные защитные меры, обеспечивающие устойчивость здания как в период проведения работ, так и эксплуатации подземного сооружения, вибро- и шумоизоляцию, а также предотвращающие сдвигание и деформации грунтового массива и прилегающей поверхности земли.

В современной практике при проходке тоннелей мелкого заложения получили распространение защитные меры конструктивно-технологического характера, предусматривающие разделение зданий на отсеки деформационными швами, усиление несущих конструкций тяжами, поясами, распорками, плитными фундаментами, выравнивание наземной части домов домкратами, статическое и динамическое уплотнение или искусственное закрепление грунтов в основании, устройство временных или постоянных опорно-ограждающих конструкций (ООК), частично передающих нагрузку от зданий на грунтовый массив или на конструкции подземного сооружения.

Применяют различные ООК, включающие балочные, плитные или решетчатые перекрытия, опирающиеся на сплошные стены, сваи или ряд колонн. Перекрытия целесообразно выполнять из предварительно напряженного железобетона, причем натяжение арматуры должно производиться одновременно с переносом нагрузки от здания, и реактивные усилия в процессе

преднапряжения обеспечиваются путем поддомкрачивания. Обе эти операции выполняются поэтапно с тщательной взаимной увязкой и должны контролироваться специальной измерительной аппаратурой.

Объединение перекрытия ООК с фундаментами здания достигается посредством продольных и поперечных рандбалок и подхватов из прокатных стальных профилей, закладываемых в штрабы, заранее устроенные в стенах здания, и объединенных между собой стальными тяжами.

Наружные поверхности ООК, выходящие за пределы здания, устраивают чаще всего по технологии «стена в грунте», из пересекающихся или касающихся буронабивных свай, а находящиеся непосредственно под ним — из микросвай. При этом работы ведут из подвального помещения или первого этажа, а в некоторых случаях — из предварительно пройденных штольневых выработок.

По мере вскрытия котлована между стенами их раскрепляют расстрелами или грунтовыми анкерами и покрывают слоем набрызгбетона. При больших пролетах перекрытия помимо боковых устраивают промежуточные стены, либо колонны из стальных или железобетонных элементов, опирая их на фундаменты в виде буровых свай.

После возведения ООК на нее передают нагрузку от здания. Возникающие при этом деформации должны быть заранее определены расчетом и компенсироваться поддомкрачиванием отдельных его элементов. Под защитой ООК ведут проходку тоннеля закрытым способом или разрабатывают котлован, в котором возводят постоянные конструкции.

ООК успешно применяли при строительстве ряда тоннелей в городах Германии. Так, станцию метрополитена «Альт-

на» в Гамбурге под административным зданием соорудили под защитой ООК из 16 предварительно напряженных железобетонных балок, опирающихся на стену из микросвай (под зданием) и на ряд стальных колонн на буронабивных фундаментах (вне здания), рис. 1, а. В связи с малой глубиной заложения станции балки перекрытия ООК имели тонкие опорные части, под которые подводили ростверки. Нагрузку со стен здания на перекрытие передавали системой рандбалок и подхватов из прокатных двутавров. Микросваи устраивали из первого этажа.

Чтобы исключить передачу нагрузок со здания, при возведении в котловане постоянных конструкций станции колонны изготавливали полыми, не омывая их со стальными колоннами ООК. Учитывая возможные осадки буронабивных фундаментов колонн, поддомкрачивание здания осуществляли поэтапно по мере преднапряжения несущих балок.

Аналогичным способом соорудили двухпутные перегонные тоннели метрополитена в Гамбурге под зданием музея. ООК выполняли из предварительно напряженных железобетонных балок, опирающихся через ростверки на буронабивные сваи диаметром 0,9 м и промежуточные опоры из микросвай (рис. 1, б). Нагрузку с фундаментов на несущие балки передавали пропущенными через стены продольными и поперечными рандбалками. По мере разработки котлована пространство между буронабивными сваями крепили набрызгбетоном и наклонными микросваями, выполняющими функции грунтовых анкеров.

Промежуточные опоры устраивали из расположенных по окружности микросвай, которые при разработке котлована объединяли оболочкой из армированного набрызгбетона.

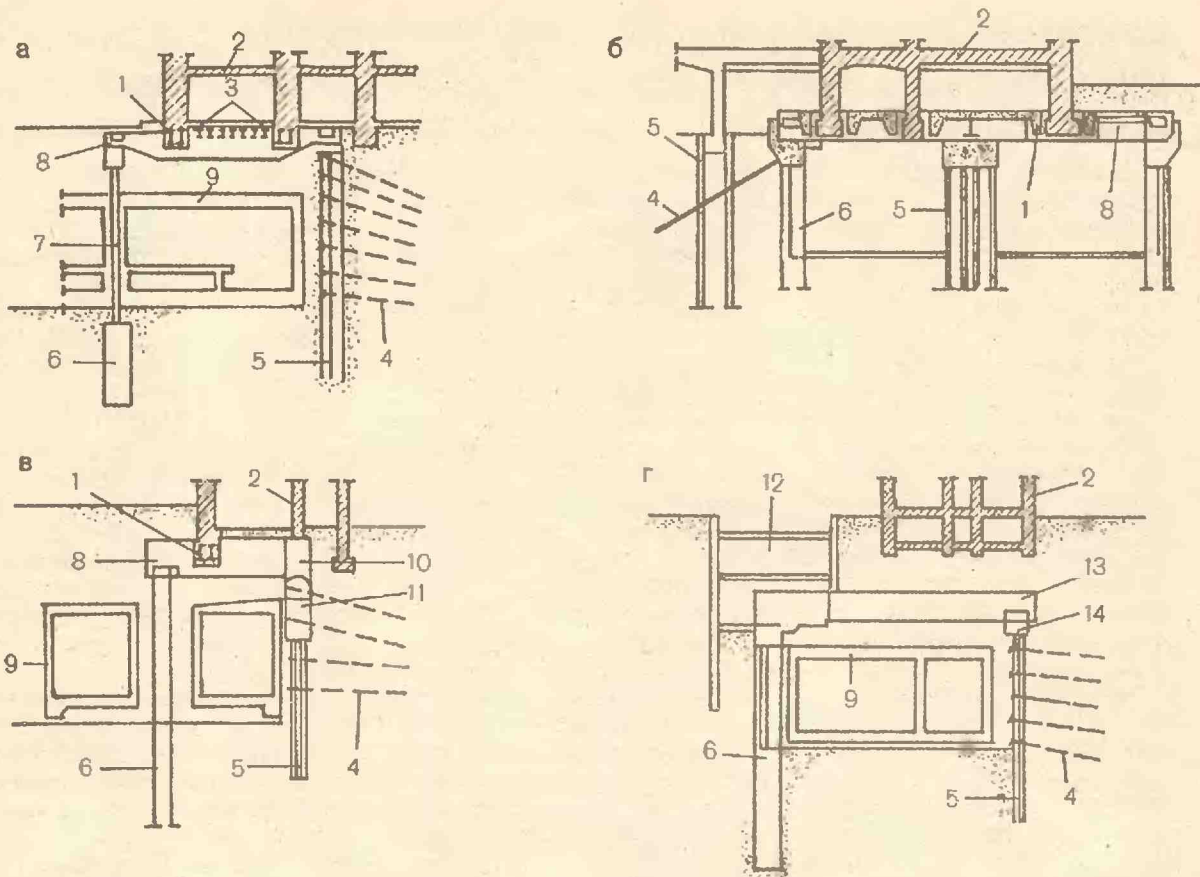


Рис. 1. Схемы опорно-ограждающих конструкций при строительстве подземных сооружений котлованным способом (а—г): 1 — раицбалки; 2 — здание; 3 — подхваты; 4 — грунтовые анкеры; 5 — стены из микросвай; 6 — буронабивные сваи; 7 — стальные колонны; 8 — преднапряженные балки; 9 — подземное сооружение; 10 — продольная балка; 11 — штольни; 12 — «забойный» котлован; 13 — экран из труб; 14 — ростверк.

Нагрузки от здания на ООК передавали поэтапно по мере натяжения арматуры балок перекрытия с помощью 120 гидrocилиндров с централизованным управлением. В связи с тем, что уровень грунтовых вод расположен ниже подошвы котлована, постоянную конструкцию тоннелей не возводили.

ООК из преднапряженных балок перекрытия, опирающихся на буронабивные сваи с одной стороны и на микросваи с другой, применили также при проходке под зданием школы участка перегонных тоннелей метрополитена в Мюнхене (рис. 1, в). Буронабивные сваи устанавливали с поверхности земли рядом со зданием, а микросваи — из заранее пройденной штольни. Для передачи нагрузки от фундаментов здания на ООК использовали двоянные

рандбалки, что позволило смонтировать монолитные несущие балки перекрытия в уровне фундаментов без предварительного временного опирания последних.

После устройства трех рядов микросвай штольню, пройденную под зданием школы, заполнили бетоном, создав таким образом продольную несущую балку. Здание выравнивали с помощью плоских домкратов, заложенных в оголовки буронабивных свай.

В тех случаях, когда укладка плитного или балочного перекрытия ООК связана с серьезными трудностями, а расстояние от низа фундамента до верха тоннеля не менее 2—2,5 м, целесообразно использовать экран из труб. Таким образом было устроено перекрытие ООК

на участке тоннеля городской железной дороги в пригороде Гамбурга под жилым домом на глубине до 7 м (рис. 1, г).

После возведения стенок из буронабивных свай из «забойного» котлована, вскрытого рядом со зданием, продавливали звенья стальных труб диаметром 2 м, объединяя их между собой сваркой. После этого в концевых звеньях труб вырезали «окна», через которые устраивали стену из микросвай и ростверк. Затем в трубы помещали армокаркасы и подавали бетонную смесь. Концы труб в котловане жестко омоноличивали с буронабивными сваями. Нагрузки от здания передавали на ООК путем предварительного напряжения экрана за счет поддомкративания на буровых сваях.

Устройство стены из микросвай через «окна» в трубах эк-

рана — сложная и трудоемкая операция. Более рациональным может оказаться возведение стен ООК закрытым способом путем проходки нескольких ярусов штоделн. Такую технологию применили при прокладке тоннеля городской железной дороги в Оффенбахе. Трасса проходит под зданием, для обеспечения устойчивости которого устраивали ООК, включающую экран из стальных труб диаметром 1,5 м, наружную стену из буронабивных свай и внутреннюю, возведенную в штольневых выработках (рис. 2).

Трубы экрана продавливали звеньями по 2 м из «забойного» котлована рядом со зданием и опирали с одной стороны на ряд буронабивных свай, а с другой — на забетонированную в пройденных штольнях железобетонную стену тоннеля. После разработки грунтового ядра закрытым способом бетонировали перекрытие, одну из стен и лоток тоннеля.

Подобные ООК использовали при строительстве трех параллельных тоннелей метрополитена в Дюссельдорфе под административным зданием, перегонных тоннелей в Берлине под тремя жилыми домами и др. Участки под зданиями сооружали по технологии котлованного способа.

При расположении автомобильной или железной дороги рядом со зданием подземное сооружение целесообразно возводить по технологии траншейного метода, включая ООК в состав постоянной конструкции, на которую и передается нагрузка со здания. При этом обеспечивается быстрое восстановление движения транспорта над строящимся объектом. Аналогично возведена двухъярусная станция скоростной железной дороги в Цюрихе (Швейцария), расположенная рядом со зданием музея и частично под главным вокзалом и под автомобильной и железной дорогами (рис. 3, а).

После устройства боковых стен станции толщиной 1 м методом «стена в грунте» и двух рядом расположенных сквозных стальных колонн диаметром 50 см и массой 20 т, опущенных в пробуренные скважины, монтировали верхнее перекрытие из преднапряженного железобетона. При осадке плиты перекрытия его приподнимали встроенными плоскими домкратами. Под защитой стен и верхнего перекрытия вели разработку грунта сверху вниз сначала в пределах верхнего яруса станции, а после бетонирования промежуточного перекрытия — нижнего. Разработанный грунт выдавали через «окна» в перекрытиях конвейером к месту загрузки в железнодорожные платформы.

По технологии траншейного способа в Цюрихе построен подземный участок городской железной дороги длиной 23 м на глубине 1—2 м под ленточным фундаментом здания (рис. 3, б). В первую очередь вдоль его стен закрепили стальные рандбалки, с помощью которых нагрузку временно перенесли на микросваи из стальных труб длиной 11—14 м и диаметром 127 мм, их верхнюю часть изолировали

от грунта антифрикционным покрытием, обеспечив тем самым передачу нагрузок на грунт в нижней части временного фундамента. Во избежание осадок во время переноса нагрузок здание поддомкрачивали.

После перекрепления фундаментов в колодцах сечением 2,5x1,5 м (с железобетонными стенками толщиной 25 см) с уширением опорных частей до 2,7 м начали возводить пустотелые боковые стены ООК, являющиеся одновременно стенами тоннеля. Работы сопровождались водопонижением с суммарным дебитом 400 л/мин с помощью 16 скважин.

На следующем этапе разрабатывали грунт под фундаментом и укладывали ячеистую плиту перекрытия на боковые стены ООК. Далее разрабатывали грунт между стенами и крепили их расстрелами, разбивая микросваи временных фундаментов; в последнюю очередь забетонировали лотковую плиту тоннеля.

В процессе его строительства были зафиксированы перемещения здания порядка ± 1 мм.

Аналогично пройден участок двухъярусных перегонных тоннелей мелкого заложения мет-

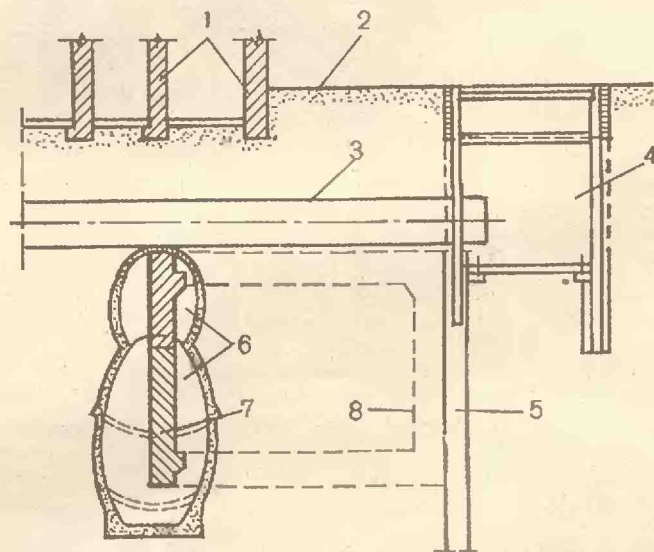


Рис. 2. Схема опорно-ограждающей конструкции со стеной, возведенной в штольневых выработках:
1 — здание; 2 — поверхность земли; 3 — экран из труб; 4 — «забойный» котлован; 5 — буронабивные сваи; 6 — штольневые выработки; 7 — стена тоннеля; 8 — контур тоннеля.

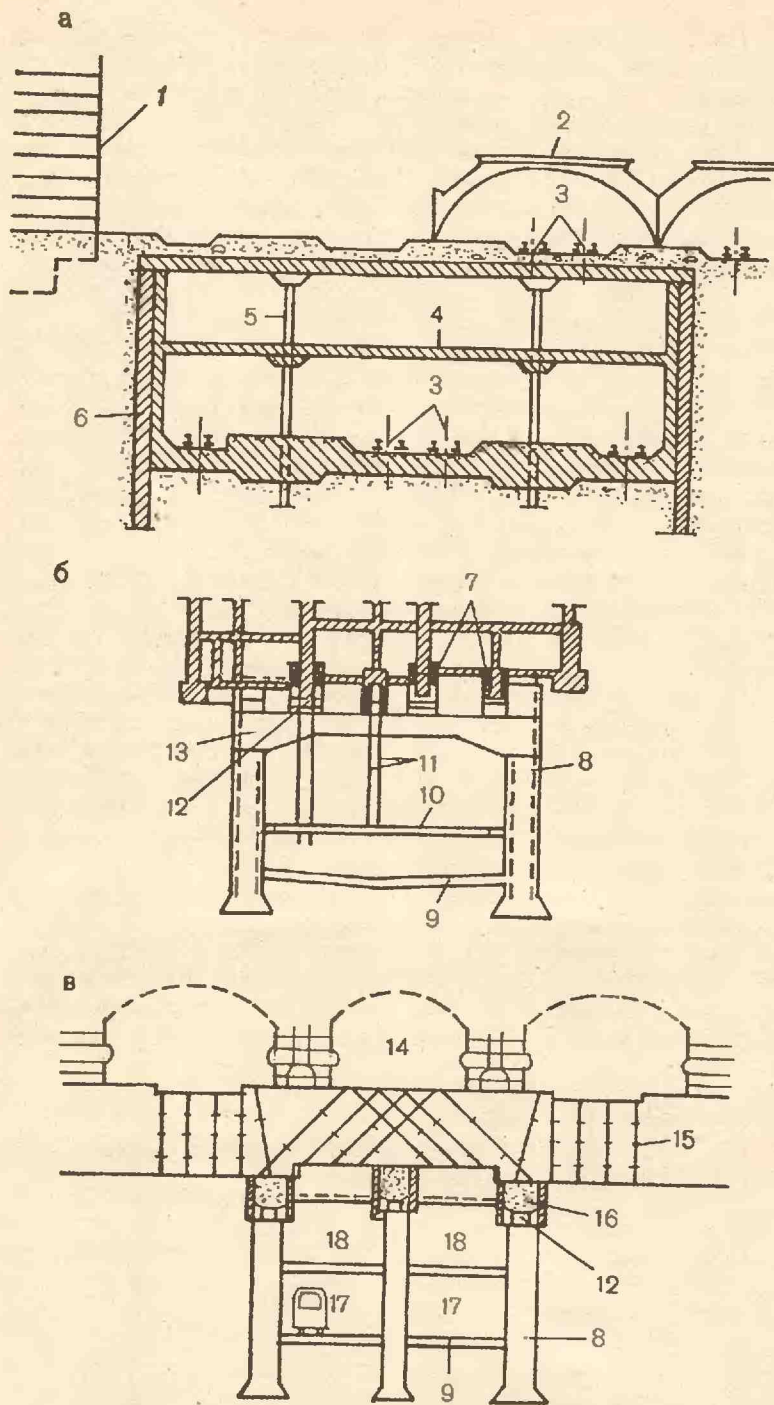


Рис. 3. Схемы опорно-ограждающей конструкции при строительстве подземных сооружений траншейным способом (а—в):

1 — здание музея; 2 — главный вокзал; 3 — железнодорожные пути; 4 — междууровневое перекрытие; 5 — колонны; 6 — «стеша в грунте»; 7 — рацбалки; 8 — боковые стены; 9 — лотковая плита; 10 — расстрел; 11 — микросваи; 12 — плоские домкраты; 13 — плита перекрытия; 14 — аркада; 15 — анкеры; 16 — штольня; 17 — отсеки для поездов метрополитена; 18 — отсеки для автомобилей.

реполитена в Брюсселе (Бельгия), совмещенных с автодорожным тоннелем, под архитектурно-историческим памятником — Триумфальной аркой. Тоннель мелкого заложения проходит в

песчаных грунтах под колоннами аркады, опирающейся на плитный фундамент толщиной 6 м (общая нагрузка 220 тыс. кН), рис. 3, в.

Работы начали с укрепления плитного фундамента 500 стальными анкерами диаметром 32 мм, омоноличеными безусадочным цементным раствором. После этого с двух сторон до сбойки прошли центральную штольню, из которой разработали траншею, и в ней забетонировали разделительную стену ООК и часть плиты перекрытия, положение которой корректировали 12 гидравлическими домкратами с усилием по 5200 кН. Затем соорудили боковые штольни, возвели крайние стены ООК и соответствующие части перекрытия, под каждую из которых установили по 14 таких же домкратов. После этого начали разрабатывать грунт между стенами сверху вниз и бетонировать оставшиеся участки верхнего, а затем промежуточного перекрытий и лотка тоннеля.

Под лотковой плитой уложили гравийную подушку, покрыв ее пленочной гидроизоляцией и слоем бетона. После набора им требуемой прочности в гравий нагнетали цементный раствор, что позволило частично передать нагрузку со стен на лотковую плиту. Выравнивание перекрытия плоскими домкратами типа Фрейсинг позволило свести к минимуму осадки фундамента над тоннелем.

Приведенные данные зарубежного опыта строительства подземных сооружений свидетельствуют о целесообразности применения ООК, практически исключая деформации грунтового массива и фундаментов зданий как в процессе строительства, так и эксплуатации подземного сооружения. Наиболее эффективны ООК при включении их в состав постоянных конструкций.

Бернгард Келлерман

ТУННЕЛЬ

Сам Ллойд поставил С. Вульфа во главе синдиката, и этим имя С. Вульфа было навеки связано с сооружением туннеля.

Его портрет появился в серьезных газетах: почтенный, серьезный, несколько тучный джентльмен восточного типа. Толстые губы, большой, с горбинкой, нос, короткие, черные, курчавые волосы и черные бачки, темные выпуклые глаза с несколько меланхолическим блеском.

Ллойд рекомендовал С. Вульфа как самого выдающегося финансиста, какого ему приходилось встречать на своем веку, и Аллан, которому тип С. Вульфа был чужд и мало симпатичен, уже через несколько дней должен был признать, что С. Вульф по меньшей мере изумительный работник.

4

Призыв к подписке был опубликован, и туннель начал проглатывать поступающие деньги.

Цена акций была тысяча долларов, цена шервов — сто, двадцать и десять долларов. В громадном голом зале Нью-Йоркской фондовой биржи в день выпуска бумаг стоял чудовищный шум. Уже много лет не появлялось на рынке бумаги, судьбу которой так трудно было предугадать. Эта бумага могла оказаться блестящим помещением капитала и могла не стоить ни гроша. Спекулянт

охватило лихорадочное водопение, но они держались выжидательно, так как никто не решался быть первым. Но исходом С. Вульф уже несколько недель провел в спальнях вагонов, зондируя позицию, занятую в отношении синдиката крупной промышленностью, наиболее заинтересованной в туннеле. Он не подписывал ни одного заказа, не убедившись, что контрагент настроен дружелюбно. Поэтому ровно в десять часов агенты крупной промышленности открыли энергичный спрос. Они приобрели акций примерно на семьдесят пять миллионов.

Плотина была прорвана...

Но Аллан стремился главным образом к тому, чтобы получить деньги от народа. Не шайка капиталистов и спекулянтов должна была строить туннель, он должен был стать собственностью народа, Америки, всего мира.

И пародные деньги не заставили себя ждать.

Люди всегда преклонялись перед смелостью и богатством. Смелость — это торжество над смертью, богатство — торжество над голодом, а нет вещи, которой люди боялись бы больше смерти и голода.

Жизнь была горяча и стремительна, безумна и гибельна, пуста, бессмысленна. Тысячи отбрасывали ее. Нельзя ли новый мотив, довольно старых песенок!

И Аллан дал им сто. Он дал им песнь из железа и треска электрических искр, и они поняли: это была песнь их эпохи, и они слышали ее неуловимый ритм в грохоте про-

посившихся над их головами поездов надземной дороги.

Этот человек не сулил никаких прав в царстве небесном, не утверждал, что душа человека имеет семь этажей. Этот человек не жонглировал давно забытым прошлым или туманным будущим, этот человек был современность. Он обещал нечто осязательное, всем понятно; он хотел прорыть в земле дыру — вот и все!

Но несмотря на простоту проекта, каждый сознавал его необычайную смелость. А главное: он был окружен ослепительным сверканием миллионов!

Вначале деньги «маленьких людей» притекали скудно, но потом полились рекой. По Нью-Йорку, Чикаго, Сан-Франциско, по всей Америке носились слова «туннельные шервы». Вспоминали о шервах «Виктория Рэнд-Майн», о шервах «Континенталь-Радиум», обогативших их держателей. Туннельные шервы могли оставить далеко за собой все бывшее до них. Можно было... О, что и говорить, их необходимо было купить! Речь ведь шла не о лишней тысяче долларов, речь шла о том, чтобы обеспечить себе отступление в старость, пока еще не вывалились из челюстей зубы.

Неделями людской поток наводнял гранитные лестницы здания синдиката. Несмотря на то, что шервы с таким же успехом можно было приобрести в сотне других мест, каждый хотел получить их свеженькими из первоисточника. Кучера, шоферы, официанты, лифтеры, конторщики, продавцы, ремесленники, воры, евреи, христиане, американцы, французы, немцы, русские, поляки, армяне, турки — все нации и все оттенки кожи толпились перед синдикатом и горячо спорили о шервах, дивидендах, прибылях. Воздух был насыщен запахом денег! Казалось, будто с серого зимнего неба на Уолл-стрит лился дождь верных денег, солидных долларовых банкнот.

В иные дни скопление народа было так велико, что у служащих не оставалось вре-

мсни сложить в пачки собранные деньги. Это было, право, совсем как в давно минувшие дни Франклинского синдиката, дни покойного «520-процентного Миллера». Кассиры просто бросали деньги на пол позади себя. Они ходили по щиколотку в деньгах, и артельщики без перерыва уносили деньги в бельевых корзинах. Этот все нараставший поток денег вызывал блеск неистовой жадности в глазах людей, просовывавших голову в окошечко. Одной горсточкой, которую можно захватить в кулаке, достаточно, чтобы они — безличные номера, моторы, автомашины, машины — превратились в людей. Одураченные, словно после попойки, опьяненные мечтой, с горящими глазами, уходили они, чувствуя себя миллионерами.

А туннель глотал, туннель пил деньги, словно допотопное чудовище, обуреваемое жаждой. Он глотал их по обе стороны оксана.

5

Огромная машина работала полным ходом, и Аллан следил за тем, чтобы она не убавляла его.

Он считал, что всякое дело можно сделать в половину того времени, которое обычно считают необходимым. Все приходившие с ним в соприкосновение безотчетно заражались его темпом. В этом была сила Аллана.

Тридцатидвухэтажный человеческий улей из железа и бетона от подвальных кладовых до радиостанций на плоской крыше был пропитан потом и трудом. Его восемьсот ячеек кишели служащими, конторщиками, стенографистками. Его двадцать лифтов весь день сновали вверх и вниз. Здесь были лифты-нории, в которые можно было вскочить, когда они проносились мимо. Были лифты, не останавливавшиеся до десятого, до двадцатого этажа — лифты-экспрессы, был один лифт, вставший без остановок до самого верхнего этажа. Ни один квадратный метр тридцати двух этажей не лежал втуне. Почта, телеграф, кассы, управ-

ления, ведавшие надземными и подземными сооружениями, силовыми станциями, городским строительством, машинами, судами, железом, сталью, бетоном, деревом. До поздней ночи здание высилось феерически освещенной башней среди пестрой, многозвучной сумятицы Бродвея.

Во всю длину четырех верхних этажей тянулась грандиозная картина-реклама, сделанная по эскизу Гобби из тысяч разноцветных электрических лампочек. Огромная карта Атлантического океана, окруженная цветами звездно-полосатого флага.¹ Оксан из голубых, вечно колышущихся волнистых линий, слева — Северная Америка, справа — Европа с британскими островами — плотные, сверкающие звездные кучи. Туннельный город, Бискайя, Азорские, Бермудские острова и Финистерре — пятна рубиновых огней, слившихся, как прожектора. На океане, ближе к Европе — четкое изображение парохода из цветных огней. Но пароход не двигается с места. Под голубыми волнистыми линиями очерчена красными огнями главная кривая, через Бермудские и Азорские острова ведущая к берегам Испании и Франции: туннель. По туннелю от континента к континенту непрестанно мчатся взад и вперед огненные поезда. Шестивагонные поезда — каждые пять секунд! Светящийся туман подымается от сверкающей картины, основанием которой служат спокойные, самоуверенные, широкие, молочно-белые гигантские буквы: Атлантический туннель.

Чем лихорадочнее была окружающая Аллана атмосфера, тем лучше он себя чувствовал. Построен он был великолепно, жизнь была в нем ключом, он был здоровее и сильнее, чем когда-либо. Еще свободнее стала посадка его головы и плечи — еще шире и крепче. Глаза утратили свое детское добродушное выражение, сто взор был сосредоточен и уверен. Даже губы, прежде сжатые, теперь

словно расцвели неувольимой улыбкой. Он ел с аппетитом, спал глубоким, спокойным сном, работал — без торопливости, равномерно и неумолимо.

Мод, в противоположность ему, потеряла долю своей свежести и красоты. Ее юность прошла, из девушки она превратилась в женщину. Ее щетки лишились прежнего свежего румянца, они немного поблекли и похудели. Она всегда была теперь настороженной, на лбу, прежде гладком, легли задумливые складки.

Она страдала.

В феврале и марте она провела несколько чудесных недель, вознаградивших ее за скудную и бессодержательную зиму. Она побывала с Максом на Бермудских и Азорских островах и в Европе. Особенно на море она весь день могла наслаждаться обществом Мака. Тем тяжелее ей было по возвращении опять привыкать к Бронксу.

Неделями Мак бывал в разъездах: Буффало, Чикаго, Питтсбург, Туннельный город, силовые станции на берегу. Он жил в экспрессах. А в Нью-Йорке его уже снова ждала груда работы. Правда, он сдержал свое обещание и чаще приезжал теперь в Бронкс, но почти всегда, даже на воскресные дни, привозил неотложную работу. Часто он являлся только к ночи — выспаться, принять ванну, позавтракать и опять исчезал.

В апреле солнце уже высоко стояло на небе, и было даже несколько нестерпимо душных дней. Мод прогуливалась с Эдит, которая уже бодро семенила рядом с нею, по парку, благоухавшему влажной землей и свежей зеленью. Как и в прошлое лето, она часами стояла с Эдит на руках перед клеткой обезьян и весело смеялась. Маленькая Эдит с раскрасневшимися от восторга щеками каталась верхом на изящном шотландском пони, бросала хлеб медведям, сидевшим с раскрытой лапкой у решетки, оставалась перед львятами — так проходили послеобеденные часы. Иногда Мод отваживалась посетить с ребенком шумный, пыльный центр; у нее была потребность опудрять вокруг жизнь. Обычно после того она

¹ Национальный флаг США.

садилась отдохнуть в парке Баттери, где посзда воздушной железной дороги гремят над головами играющих детей. Это было излюбленное место Мод во всем несобъятном Нью-Йорке.

Мод опять усердно занялась музыкой. Она возобновила уроки и прилежно упражнялась. Как много она позабыла! Несколькo недель подряд она посещала все интересные концерты и два раза в месяц играла в общжитии продавщиц и швей. Но к сожалению, которое вместе с музыкой струилось ей в кровь, все чаще примешивалась мучительная тоска. От этого Мод все реже и реже подходила к роялю и в конце концов совсем бросила музыку. Она посещала рефераты по воспитанию детей, гигиене, этике и защите животных. Ес нья мслькало даже в списках покровительниц разных обществ

по призрению инвалидов и воспитанию сирот — этих современных амбулаторий, где перевязывают раны, нанесенные в немилосердной борьбе за хлеб насущный. Но она ощущала какую-то внутреннюю пустоту, пустоту, в которой клокотали гнев и желание.

Под вечер она неизменно вызывала Мака по телефону, и ей становилось легче от одного звука его голоса.

Но впоследствии часто случалось, что Лайону никак не удавалось вызвать Мака к телефону, так как он не мог оторваться от делового разговора.

И Мод, несчастная и рассерженная, нервно швыряла трубку, с трудом удерживаясь от слез.

По вечерам Мод читала. Она прочла целые шкафы книг. Но быстро убедилась в том, что

большинство книг не содержало ничего, кроме лжи. Нет, мой дорогой, жизнь — нечто совсем другое! Но иногда ей попадалась книга, изображавшая ее же горе во весь его рост. Глубоко расстроенная, со слезами на глазах, блуждала она взад и вперед по пустым и безмолвным комнатам. Накопец, ее осенила замечательная мысль самой написать книгу. Совсем особнную книгу — и эта книга должна была быть сюрпризом для Мака. Эта мысль захватила ее. Несколько часов она бегала по городу в поисках такой тетради, какую она представила себе накануне. Наконец, нашла то, что хотела. Это был дневник, тонкой желтоватой бумаги, в переплете из крокодиловой кожи.

(Продолжение следует)

Руководителям организаций, акционерных обществ, совместных предприятий, проектных институтов, научных центров, фирм, кооперативов, учебных заведений, дирекций строительства метрополитенов.

Уважаемые коллеги!

Вышел в свет капитальный труд — «Справочник инженера-тоннельщика» объемом 50 печатных листов, призванный заменить изданный в 1965 г. и устаревший к настоящему времени «Справочник строителя транспортных тоннелей».

В подготовке нового издания принимал участие широкий круг известных специалистов ведущих организаций тоннельного строительства: Главтоннельмостростроя, Метрогипротранса, Мосметростроя, Бамтоннельстроя, Ленметрогипротранса, Ленметростроя, ВНИИ транспортного строительства.

«Справочник инженера-тоннельщика» — настольная книга каждого специалиста, необходимая при выполнении проектных, маркшейдерских и строительных работ при сооружении тоннелей и подземных объектов.

Распространением книги занимается Исполнительная дирекция Тоннельной Ассоциации.

При ограниченном тираже цена справочника с учетом налога на добавленную стоимость 2500 руб.

Заказы на необходимое количество книг «Справочник инженера-тоннельщика» направлять по адресу: 107217, Москва, Б-217, Садово-Спаская ул., д. 21, ТА. К заявке прикладывается копия платежного поручения об оплате. Средства перечислять на р/счет № 700639 в Сокольническом филиале Московского индустриального банка в г. Москве, МФО 201218 для ТА на справочник.

Заявки принимаются от организаций и отдельных специалистов.

Исполнительная дирекция
Тоннельной Ассоциации

