

ISSN 0869-4265

METRO



1
1993

1
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,
В.А. ДРОНОВ,
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. ФЕДУНЕЦ,
Ш.К. ЭФЕНДИЕВ.

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

Сдано в набор 12.01.93. Подп. в печать 22.04.93. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. 8 т.ч. Тираж 1000 экз. Заказ Цена 9 руб.

Адрес редакции: 109031, Москва, К-031, Кузнецкий мост, 20, 2-й этаж, телефоны: 923-86-02, 923-77-72

В НОМЕРЕ

| | |
|---|----|
| А. Балыбердин. Лицензия — гарантия надежности подрящика | 1 |
| И. Якобсон. Новый участок Тимирязевской линии | 4 |
| Линия продлена до «Уральской» | 5 |
| В. Гацько. Сооружение перегонных тоннелей с комплексным применением специальных методов работ | 6 |
| В. Жданов. Методы крепления бортов котлованов и гидроизоляции станций | 9 |
| Г. Цимянтия. Опыт применения набрызгбетона в качестве постоянной тоннельной обделки на объектах Тбилтоннельстроя | 11 |
| Метрополитен в Челябинске | 14 |
| Ю. Добровольский, П. Пузынов. Скоростной трамвай в Кривом Роге | 15 |
| Ю. Колбас, З. Менакер, В. Самойлов, Г. Тележки. Навигационные системы на базе лазерных гироскопов для проходческих и буровых работ | 19 |
| В. Кабанов. Лифтовые подъемники вместо эскалаторов | 24 |
| В. Яцков, М. Шевякина, Г. Сучилин, Г. Бутаков. Устройства для закрепления рельсовых транспортных средств | 26 |
| В. Сарбеев. Новая редакция ВСН 139-92 «Правила производства и приемки работ по герметизации стыков и отверстий сборной тоннельной обделки при закрытом способе строительства» | 28 |
| И. Дорман, С. Курявин. Обеспечение сейсмобезопасности эксплуатируемых тоннелей при ведении вблизи них взрывных работ | 30 |
| Ковструктор | 32 |
| Методы бестраншейной прокладки трубопроводов | 37 |
| Пути повышения безопасности объектов ядерной технологии | 39 |
| Н. Кравченко, Ю. Крук, К. Кученков, А. Мельник, А. Минаев, В. Шадрин. Путь с железобетонными лежнями, замоналическими в путевой бетон | 41 |
| А. Ярхо, Л. Вставский, Ю. Крук, В. Мирошниченко. Пути уменьшения эффекта «дутья» | 45 |
| М. Сокольский. Как мы монтировали английский щит | 48 |
| В. Пихуль. К вопросу о тоннеле под Беринговым проливом | 50 |
| С. Власов. Микропроходка — новое направление в коммунальном тоннелестроении | 54 |
| Л. Маковский. Подземные автостоянки и гаражи | 58 |
| Б. Келлерман. «Туннель» | 61 |

Лицензия — гарантия надежности подрядчика

А. БАЛЫБЕРДИН

Со времени выхода Постановления Совета Министров РСФСР от 08.11.91 № 593 «О введении лицензирования строительной деятельности на территории Российской Федерации» прошло чуть больше года. На основании этого Постановления Министром России был разработан и разослан в первом квартале 1992 г. пакет необходимых документов для организации и проведения этой работы.

В соответствии с «Положением о государственном лицензировании строительной деятельности на территории РСФСР» и Положением о Министре России на Министерство было возложено нормативно-методологическое руководство и организация лицензирования строительной деятельности.

Советам Министров республик в составе РФ, главам администрации краев, областей, автономной области, автономных округов, городов Москва, Санкт-Петербург было поручено создать центры, являющиеся основой государственной системы лицензирования, в которую входят также аккредитованные специализированные и территориальные экспертные базовые центры, образованные в составе головных организаций строительного комплекса.

В числе выпущенных документов — «Перечень видов строительной деятельности и работ, осуществляемых на основании лицензий» и «Очередность осуществления лицензирования строительной деятельности на территории РФ».

Напомним, что предельным сроком для лицензирования организаций и предприятий,

созданных до 1 января 1989 г., является 1993 год, а для организаций, начавших свою деятельность после 1.01.89 г. — по графикам, утверждаемым администрацией регионов, но не позднее 1 июля 1993 г. После указанных сроков деятельность организаций без лицензий запрещается.

Нет необходимости много говорить о важности лицензирования организаций и предприятий, занятых в строительстве. На сегодня это один из эффективных рычагов обеспечения защиты интересов потребителей строительной продукции на основе повышения качества.

Благодаря совместно проведенной работе Министром России и администраций регионов уже созданы и приступили к практической работе 84 территориальных лицензионных центра. Ими за истекший год выдано около 6000 лицензий, что, однако, составляет 10 % от общего числа субъектов лицензирования (общее их число на территории Российской Федерации, по предварительным данным, составит не менее 60 тыс.). Следовательно, основной объем работ с этими организациями перейдет на 1993 год, так как до каждой из них предстоит «дойти» и оценить ее потенциальные возможности.

Придавая большую значимость этому вопросу, Коллегия Министерства 28 октября 1992 г. рассмотрела его состояние и определила меры по активизации данной работы с целью завершения лицензирования в установленные сроки. В отдельных регионах России территориальными

лицензионными центрами уже накоплен практический опыт, — например, в Уфе, Челябинске, Екатеринбурге, Сыктывкаре, Краснодаре, Вологде и др. городах, где выдано от 150 до 500 лицензий. В то же время, во многих регионах работа только разворачивается из-за инертности субъектов лицензирования, а также за небольшими исключениями, недостаточной организаторской деятельности руководителей предприятий по подготовке своих подразделений к лицензированию строительной деятельности.

Имеются значительные резервы, по, к сожалению, недостаточно используемые во многих регионах. Это — привлечение средств массовой информации, проведение совещаний различного уровня с целью пропаганды важности и необходимости осуществления лицензирования строительной деятельности в определенные сроки. Большую роль в этом направлении приобретает установление надлежащих контактов территориальных лицензионных органов с государственными надзорными органами (областная архитектура, госархстройнадзор, налоговые инспекции), со своей стороны побуждающих к получению лицензий. Серьезными документами, которые подтолкнут к лицензированию, являются Закон об основах градостроительства, а также принятый Верховным Советом Российской Федерации Закон «Об административной ответственности предприятий, учреждений, организаций и объединений за правонарушения в области строительства» (№ 4121—1 от 17.12.92). Эти законы предусматривают значительные штрафные санкции за работу без лицензии и низкое качество строительства.

Первоочередными мерами, наряду с укреплением государственных территорий служб, являются активная организаторская работа по подготовке к лицензированию строительных организаций и предприятий в регионах действия лицензионных центров.

Остановимся на отдельных узловых вопросах, касающихся функционирования государственной системы лицензирования, завершающим звеном которой является создание Федерального лицензионного центра. Министерством разработано Положение, утвержден Перечень организаций и предприятий, подлежащих лицензированию этим центром (инофирмы; совместные предприятия; организации и предприятия, выполняющие работы на крупных объектах и магистральных сооружениях в ряде

регионов и т.п.). С правительством РФ обсуждается вопрос о наделении этого центра правом выдачи лицензий Федерального уровня. Необходимость его решения подтверждается многочисленными обращениями в Госстрой России инофирм, совместных предприятий, а также организаций и предприятий, выполняющих работы во многих регионах России, на магистральных сооружениях, на крупных и уникальных объектах и т.п. Задержка в рассмотрении данного вопроса сдерживает процесс лицензирования организаций указанного профиля.

На Федеральный лицензионный центр, согласно Положению, возложены и другие, необходимые для всех центров функции: оказание организационной, методической помощи, контроль за деятельностью территориальных лицензионных центров; создание и ведение банка данных о лицензировании строительной деятельности на территории РФ, учет и издание Реестров лицензий и аттестатов аккредитации на территории РФ и др. В связи с этим представляется необходимым и целесообразным отчисление определенной части средств территориальными центрами в пользу Федерального по договору за конкретные услуги. Однако большую часть средств на свое содержание Федеральный лицензионный центр должен зарабатывать за счет своей непосредственной деятельности.

Принимая во внимание значительное количество субъектов лицензирования в большинстве регионов и в целом по РФ следует создать автоматизированные банки данных (региональных и Федерального) по лицензированию, а также Реестров (региональных и Федерального) организаций, имеющих лицензии, уже сейчас позаботиться о компьютеризации этого процесса, предусмотрев необходимые затраты на приобретение программ, технических средств, и т.д., а также произвести подбор специалистов.

Предстоит в ходе практической работы по лицензированию отрегулировать вопросы взаимодействия как на местах, так и в центре со службами других министерств, которым также предоставлены права выдачи лицензий на отдельные виды строительной деятельности (Комитет по геодезии и картографии, Госгортехнадзор, Минатомэнерго РФ, и др.). При этом можно использовать имеющийся положительный опыт в Минтрансе РФ: выдача лицензий

сохраняется за территориальными центрами, а подготовка заключений осуществляется специализированными экспертными центрами.

Необходимо решить еще один вопрос разумной платы за лицензии. Министерство рекомендовало территориальным центрам придерживаться в 1992 г. ранее установленного порядка — индексирования базовой стоимости лицензии пропорционально изменению уровня оплаты труда и с учетом местных особенностей. Не следует допускать завышения оплаты, так как это может оттолкнуть субъектов и тем самым осложнить и затормозить процесс лицензирования.

Изложенные проблемы были рассмотрены в начале декабря 1992 г. на совещании с руководителями лицензионных центров, где было выработано и принято постановление, на реализацию которого направлены усилия территориальных центров и управления лицензирования. Решение данного совещания направлено с обращением к администрации регионов о рассмотрении состояния лицензирования организаций и предприятий строительного комплекса в регионах и при необходимости оказать содействие территориальным лицензионным центрам с целью завершения этой работы в установленные сроки.

В сфере деятельности Управления лицензирования Министерства находятся такие вопросы, как разработка и совершенствование методологической базы лицензирования; подготовка пакета документов; изучение и обобщение положительного опыта; координация деятель-

ности и оказания организационно-методической и практической помощи территориальным центрам; аккредитация специализированных экспертных базовых центров и координация их деятельности; организация взаимодействия с органами государственной власти, управления и надзора на территориях на уровне РФ по вопросам лицензирования; проведение проверки исполнения законодательных актов, постановлений Правительства России по вопросам лицензирования; рассмотрение спорных вопросов и т. п.

Эти и ряд других функций лицензионной службы Министерства не утрачены при преобразовании Министерства в Государственный Комитет Российской Федерации по вопросам архитектуры и строительства, так как сохранилась преемственность проводимой государственной политики в области лицензирования строительной деятельности на территории Российской Федерации. Это крайне важно на первых этапах становления государственной системы лицензирования, для предотвращения опасной тенденции резкого падения качества, для защиты интересов, прав потребителей строительной продукции.

Лицензия — это государственная гарантия на деятельность организаций или предприятий. Уместно здесь напомнить, что лицензирование строительной деятельности осуществляется с целью защиты прав и интересов потребителей строительной продукции, что играет первостепенное значение в условиях рыночных отношений.



Сооружение ствола из чугунных трубчатых с резиновыми прокладками на станции «Марьино роща» в Москве.

Новый участок Тимирязевской линии

И. ЯКОБСОН,
районный инженер Мосметростроя

Московский метрострой закончил строительство и сдал в эксплуатацию в конце прошлого года участок Тимирязевской линии метрополитена от станции «Отрадное» до «Бибирево». Строительная его длина — 2,5 км, эксплуатационная — 2,57 км.

Новый участок включает: перегонные тоннели, станцию «Бибирево», временный сокращенный съезд и отстойный тупик за станцией.

Вся линия проложена мелким заложением.

Строительно-монтажные работы Мосметростроем и его субподрядными организациями выполнялись в соответствии с утвержденным технико-экономическим обоснованием (ТЭО) по проектно-сметной документации, разработанной институтом «Метрогипротранс» и рядом других проектных организаций.

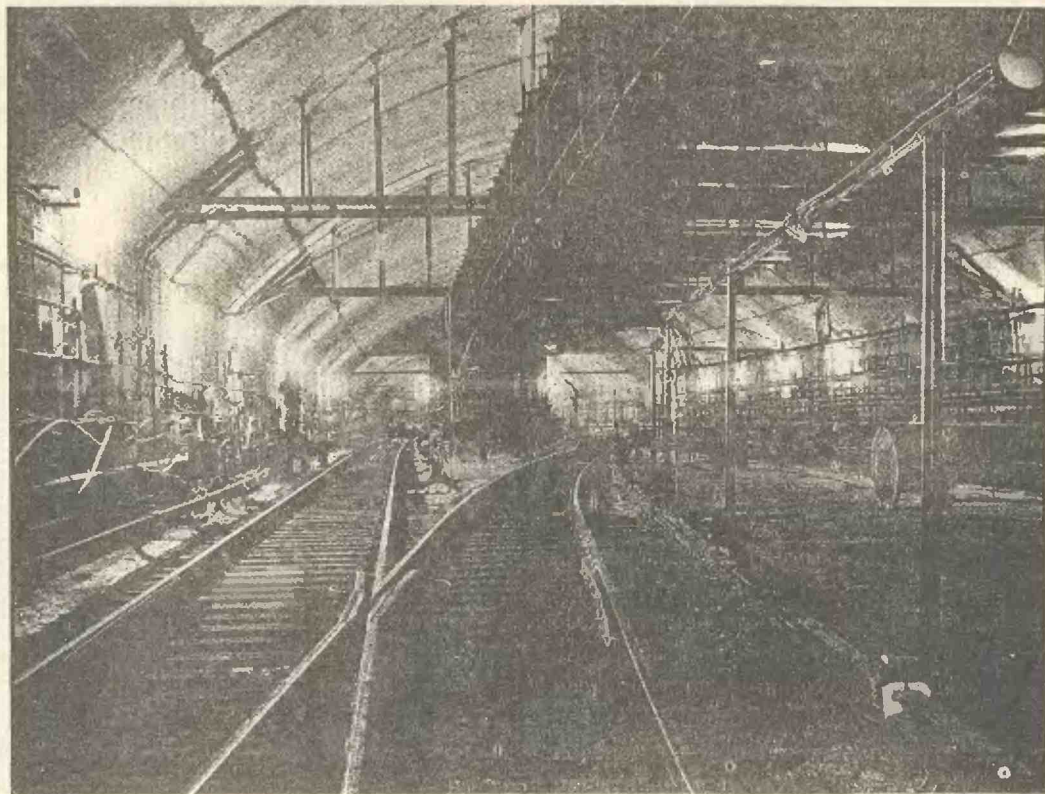
Строительство началось в 1989 г.

Исходя из инженерно-геологических условий

и прохождения трассы вблизи крупных наземных сооружений и подземных коммуникаций, были применены наиболее прогрессивные конструкции и способы производства работ. Так, несущие стены станции «Бибирево» и вестибюлей выполнены способом «стена в грунте», перекрытие — индустриальным методом с применением передвижной опалубки.

Перегонные тоннели при открытом способе работ проходили с ограждением котлована методом «стена в грунте» или в свайном креплении. Их конструкции выполнены из железобетонных цельносекционных обделок или сборных элементов; на отдельных участках в качестве несущих конструкций использована «стена в грунте».

На участке пересечения железной дороги и ЛЭП перегонные тоннели сооружались закрытым способом с чугунной тубинговой обделкой.



Камера съездов за станцией «Бибирево».

На участке трассы, где расстояние от тоннеля до жилых зданий менее 40 м, а также вблизи памятника архитектуры, в соответствии с рекомендациями ЦНИИС реализованы мероприятия по шумовиброзащите — увеличена масса обделки или ограждающей «стены в грунте».

На главных путях рельсы сварены электроконтактным способом в плети длиной 225 м, контактный рельс — в плети по 100 м. Он закрыт защитным коробом прогрессивной конструкции из стеклопластика.

Линия оборудована системами тоннельной и местной вентиляции, поддерживающими параметры воздуха в перегонных тоннелях, на станции, в туниках, служебных и технологических помещениях. Есть системы водопровода, водоотвода и канализации.

Снабжение станции теплом осуществляется от городских тепловых сетей. В помещениях, где не допускается устройство водяного отопления, смонтировано электрическое с использованием масляных электронагревателей.

Электроснабжение потребителей постоянных устройств линии предусмотрено от СТП-812, расположенной у станции «Бибирево». Она получает питание непосредственно от источника Мосэнерго и по перемычке от СТП-813 у станции «Отрадное».

На введенном участке смонтирован комплекс устройств обеспечения безопасности, организации регулирования движения поездов и пассажиропотоков:

автоматическое регулирование скорости (АРС);

электрическая централизация стрелок и сигнала (ЭЦ);

автоматическая блокировка (АБ);

каналы связи автоуправления поездами;

все виды связи, сигнализация и радиосвязь.

Проведены мероприятия по охране труда, обеспечению взрывобезопасности, охране окружающей природной среды.

В период строительства участка выполнены следующие основные объемы работ:

разработано грунта — 505 тыс. м³;

произведено обратной засыпки — 269 тыс. м³;

смонтировано сборного железобетона — 33 тыс. м³;

чугунной обделки — 6,5 тыс. т;

трубоводов — 70 км;

эскалаторов — 2;

проложено кабелей — 480 км;

уложено пути — 5102 пог. м;

облицовано мрамором — 3300 м²;

гранитом — 4200 м².

Линия продлена до «Уральской»

В канун нового года в Екатеринбурге пущен в эксплуатацию очередной участок I линии метрополитена от действующей «Машиностроителей» до станции «Уральская» протяженностью около 2 км.

Новый участок глубокого заложения связал промышленные районы, где расположены такие гиганты индустрии, как Уралмаш и другие, с железнодорожным вокзалом.

Движение поездов осуществляется пока по челночной схеме. Станция «Уральская» выполнена в пилотном варианте из сборных железобетонных элементов. Она связана с поверхностью ленточным эскалаторным тоннелем, имеет наземный вестибюль с разветвленной сетью подземных подулечных переходов. Его проходка осуществлялась в сложных инженерно-геологических ус-

ловиях в грунтах с большим водопритоком, что вызвало необходимость проведения большого объема работ по водоподавлению.

В текущем году строительству предстоит сдать в эксплуатацию еще две станции глубокого заложения, два перегонных тоннеля и камеру съездов, уже готовых в конструкции.

Сооружение перегонных тоннелей с комплексным применением специальных методов работ

В. ГАЦЬКО,
главный инженер Харьковметростроя

Первый участок III очереди Харьковского метрополитена протяженностью 5,6 км с 5-тью станциями расположен, в основном, в пойменной части реки Харьков и сооружается в крайне сложных инженерно-геологических условиях: несколько водоносных горизонтов, в ряде случаев соединенных между собой трещинами и разломами в водоупорах, представленных глинами и песчаниками.

Наибольшие трудности представляет проходка тоннелей на перегонах «Совнаркомовская» — «Площадь Восстания» — «Плехановская», а также соединительной ветки между I и III очередями (общая протяженность в двухпутном исчислении более 4,7 км). Здесь работы вели с применением кессона (1500 пог.м), под защитой замораживания грунтов (600 пог.м), химического их закрепления и цементации (150 пог.м), а также различных способов водопонижения (2450 пог.м).

Учитывая относительно неглубокое заложение объектов, неоднородность грунтового массива и незначительную мощность слоев на отдельных участках, пришлось одновременно использовать несколько видов специальных работ.

Значительный объем приходится на кессонный способ. Несмотря на его недостатки, связанные с вредным воздействием на организм человека при избыточном давлении воздуха, в условиях тесной городской застройки, он, как правило, остается незаменимым.

В современных условиях подземного

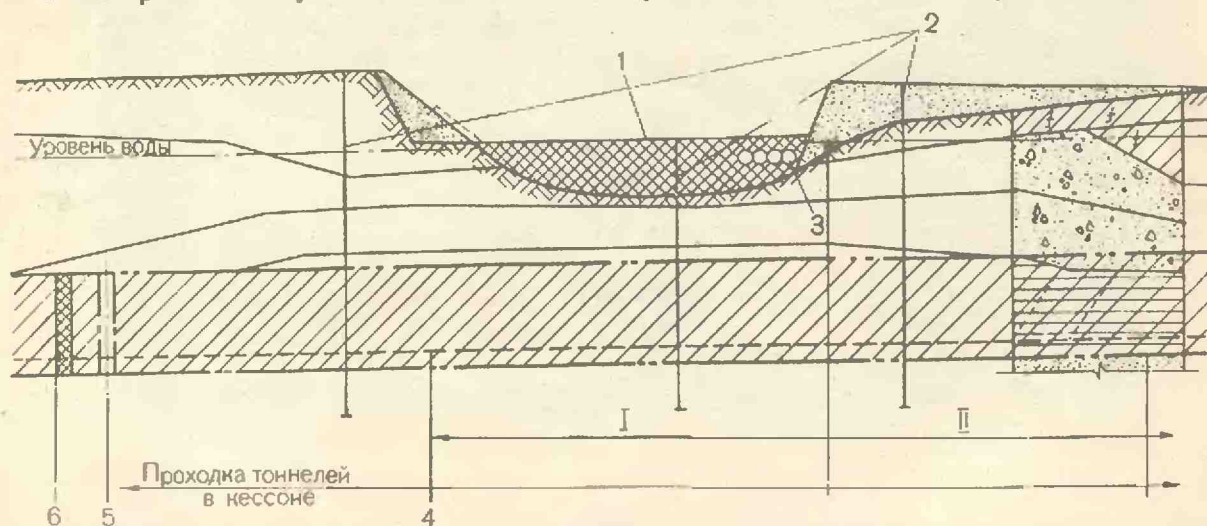
строительства в ряде развитых стран широкое применение нашли специализированные проходческие комплексы, оборудованные кессонным пригрузом только забойной зоны, типа «Вайсс унд Фрайтаг». Однако при ограниченных возможностях большинства отечественных строек их приобретение пока невозможно.

На наш взгляд, некоторый опыт работ Харьковметростроя по сооружению подземных выработок с применением кессона и других специальных методов может оказаться полезным при возведении объектов в аналогичных (или близких) гидрогеологических и градостроительных условиях.

На участке перегона «Совнаркомовская» — «Площадь Восстания» длиной 400 пог.м тоннели прокладывают на незначительной глубине под рекой Харьков и под производственными корпусами заводов «Здоровье трудящихся» и «Точмедприбор».

В зоне проходки ширина реки — 45, глубина до 4 м. Дно представлено мелкозернистыми илистыми песками мощностью до 3-х м, расположенных на глинистом водоупоре.

Тоннели сооружаются в глинах и бучакских мелкозернистых песках водоносного напорного горизонта (см. рисунок 1). На рисунке представлена схема проходки в пойме реки Харьков: 1 — дамба, укрепленная железобетонными плитами; 2 — скважины водопонижения; 3 — водопропускные трубы; 4 — граница замораживания; 5 — сбойка между тоннелями; 6 —



предохранительная перемычка; I и II — этапы замораживания. В этих условиях на отрезке в 130 пог.м одновременно использовали:

замораживание грунтов верхнего водоносного горизонта и ложа реки над сводом тоннеля; глубинное водопонижение, обеспечивающее снятие напора воды нижнего бучакского горизонта;

кессон с избыточным давлением воздуха 1—1,2 атм как страхующее средство для безопасности проведения работ под рекой в случае возникновения «окош» в замороженном массиве.

До начала проходки реку перекрыли плотиной (из песчаного грунта) шириной 25 м с превышением ее над уровнем реки 1,5 м. Воду через плотину пропустили по четырем заложенным в ней металлическим трубопроводам диаметром 1,2—1,6 м.

Для предохранения плотины от разрушения на период паводка и при ливнях ее поверхность и откосы укрепили железобетонными плитами с увязкой отдельных узлов монолитным бетоном.

Замораживание осуществляли шестью аммиачными компрессорами АМ-220 (производительность каждого 220 ккал/ч), размещенными в специально сооруженной замораживающей станции.

Для проходки участка перегона в 60-ти м от реки построили монтажную щитовую камеру открытым способом под защитой свайного ограждения и ледопородной стенки, а лотковую ее часть — с водопонижением иглофильтровой установкой. Котлован пересекает 2 водоносных горизонта, причем нижний — напорный. Для снятия напора «бучакского» горизонта были введены в работу 4 глубинные скважины.

Однако принятый способ сооружения монтажной камеры не оправдал себя в полной мере: наблюдалась циркуляция воды на границе ледопородной стенки. По этой причине, а также в связи с отдельными упущениями в проекте и нарушением технологии работ при выводе щита из камеры произошла разгерметизация ледопородной стенки котлована. Для ликвидации образовавшихся «окош» пришлось затопить камеру и увеличить толщину ледопородной стенки путем устройства дополнительного контура. В дальнейшем, учитывая длительную эксплуатацию камеры, по всему ее периметру на высоту 6—7 м возвели бетонные стенки толщиной 20—30 см. Их функции: ограждение ледопородной стенки от высоких температур окружающей среды в летнее время и в случае появления в ней «окош» — защита от выноса песка из стен камеры.

Для проходки перегонных тоннелей смонтировали два щитовых комплекса ЩН—IX и вертикальный переподъемник. Затем под защитой замораживания верхнего водоносного горизонта и при водопонижении нижнего напорного «бучакского» горизонтов прошли 50 пог.м обеих перегонов. После их гидроизоляции

в одном из тоннелей смонтировали три шлюзовых аппарата (два людских и один грузовой) с кессонной перемычкой. Для возможности прокладки обеих тоннелей без перемонтажа шлюзовых аппаратов и возведения второй кессонной перемычки на пройденном участке между тоннелями построили транспортную штольню сечением 10 м², а в одном из них (со стороны котлована) соорудили бетонную перемычку с герметичной дверью, открывающейся в сторону рабочей кессонной зоны.

Перед началом кессонных работ на поверхности оборудовали медицинский пункт и диспетчерскую для распределения сжатого воздуха. От стационарной компрессорной (суммарная мощность компрессоров 600 м³/мин), расположенной в 2-х км от рабочей зоны, проложили два воздуховода d=219 мм с подогревом воздуха перед его поступлением в кессон.

Одновременно с подготовительными процессами, выполняемыми ТО № 15, силами участка СУ № 157 велись работы по созданию ледопородного массива над тоннелями с плотины, возведенной через реку Харьков.

Кессонная зона проходки составляла 400 пог.м, т.е. значительно выше оптимальной (180—250 пог.м). С учетом этого проектом было предусмотрено сооружение через 200 пог.м предохранительных перемычек с герметичными дверями.

В условиях неглубокого заложения тоннелей, расположенных частично в песчаных грунтах, с увеличением длины проходки возрастает расход сжатого воздуха для поддержания расчетного давления в рабочей зоне.

Так как кессонная зона обеспечивалась им от стационарной компрессорной, которая одновременно обслуживала всю стройку, встал вопрос сокращения расхода сжатого воздуха.

В связи с этим применяли технологию, обеспечивающую герметизацию тоннеля (чеканка свинцовым шнуром и контрольное нагнетание цементного раствора) вслед за продвижением забоя с отставанием не более 35—40 пог.м. В результате расход сжатого воздуха снизился до 50 м³/мин (по расчету 60 м³) и отпала необходимость устройства дополнительных перемычек.

Прокладка тоннелей велась под комплексом производственных технологических и административных зданий и требовала усиления не только их фундаментов, но и самих строений.

Наиболее сложной оказалась проходка правого тоннеля под четырехэтажным производственным корпусом завода «Точмедприбор» с предельно допустимыми нагрузками от технологического оборудования на всех этажах. Здание — с несущим каркасом из сборного железобетона и навесными ограждающими стеновыми панелями. Колонны здания опираются на отдельные, не объединенные единым ростверком фундаменты, заложенные в обводненных песках.

Тоннель пересекал здание (под углом к оси) на длине 40 пог.м, в зоне активного влияния просадок грунта от проходки.

Тщательное обследование, проведенное перед началом работ, и расчеты, выполненные институтом «УкрпромНИИпроект», показали, что для сохранности здания и использования его в дальнейшем по прямому назначению, просадка должна быть не более 15 мм. Кроме того, предстояло произвести:

демонтаж тяжелого оборудования на 3-х этажах;

уменьшить жесткость каркаса здания за счет ликвидации связей между ригелями и колоннами;

устройство стяжек между колоннами в зоне размещения ригелей и усиление последних;

дополнительное крепление панелей к каркасу.

На период проходки рабочих вывели из зоны влияния тоннеля на устойчивость здания и частично переместили оборудование.

Тоннель проходит, в основном, в суглинках на контакте с водоносными песками, в которых размещены опорные фундаменты; расстояние между ними и сводом тоннеля 2,5 м.

Наибольшую опасность вызвала неравномерность осадок здания, что потребовало разработки дополнительных мероприятий, сокращающих их до минимума.

Первоначально проектом предусматривалось осуществить проходку под заводом, используя железобетонную обделку с металлоизоляцией, обжатой на породу.

Однако этот вариант отвергли из-за большого объема сварочных работ в условиях кессона и ограниченного числа специалистов, которые могли бы трудиться в этих условиях.

В конечном счете решили использовать обычную чугунную обделку $d=5,5$ м с перевязкой стыков, а для сокращения просадок грунта приняли следующие меры:

на болтовых соединениях применили временные плоские шайбы;

затюбинговое пространство заполнили цементно-песчаным раствором в первое от забоя кольцо, а для ускорения схватывания добавляли хлористый кальций;

в третье от забоя кольцо произвели промежуточное контрольное нагнетание цементного раствора с хлористым кальцием при давлении до 1 ати;

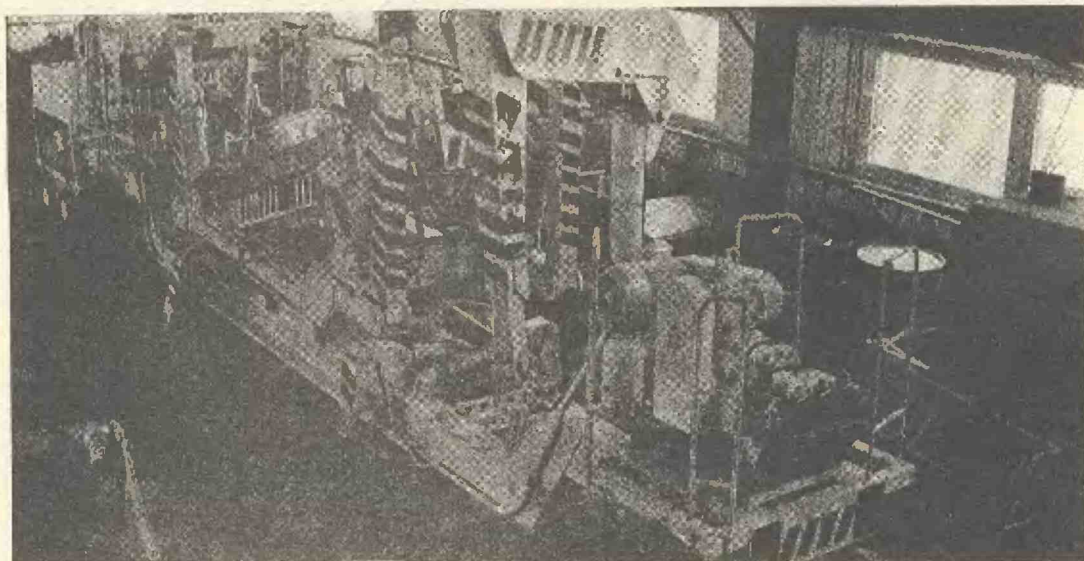
после каждого продвига осуществляли дополнительную обтяжку болтовых соединений трех последних колец;

основное контрольное нагнетание выполняли под давлением до 3 ати с отставанием 15—18 м от забоя;

ежедневно проводили маркшейдерский контроль за параметрами обделки в тоннеле и за поведением реперов и «маяков», установленных непосредственно в здании.

Принятые меры по усилению здания и организации работ позволили пройти тоннель с минимальными просадками грунта (и соответственно, здания) — до 6—10 мм с обеспечением полной сохранности производственного корпуса. После завершения проходки выполнили гидроизоляцию тоннеля с заменой плоских шайб на сферические, а также нагнетание за обделку цементного раствора.

Производственные площади, высвобожденные на период строительства тоннеля, были возвращены заводу через 1,5 месяца (досрочно), так как никаких работ по ремонту здания производить не потребовалось.



Буровой станок. Разработчик СКТБ «Метротоннельстрой».

Методы крепления бортов котлованов и гидроизоляции станций

В. ЖДАНОВ, главный инженер УС «Ташметрострой»

Исходя из инженерно-геологических условий, Ташкентский метрополитен — мелкого заложения, поэтому практически все станции и притоннельные сооружения выполняются открытым способом.

При строительстве котлована станции в случае наличия грунтовых вод, просадочных грунтов и в непосредственной близости от зданий или транспортных магистралей, деформации которых недопустимы, самым простым методом защиты его стен от обрушения является устройство откосов. Однако при этом вскрывается значительная площадь дневной поверхности, что не всегда возможно в стесненных условиях городской застройки, так как возрастают объемы земляных работ и по перекладке коммуникаций.

Основным методом крепления котлованов в таких условиях является метод свайно-балочного ограждения с расстреливаемым или анкерным креплением. Но для этого требуется большое количество остродефицитного металлопроката и пиломатериала.

Поэтому трест «Ташметрострой» был вынужден искать другие методы, и в этом немалую помощь ему оказал ЦНИИС, который провел ряд научно-исследовательских работ.

Проведенные испытания показали, что в условиях Ташкента наиболее прогрессивным методом крепления вертикальных стен котлованов является укрепление грунта системой арматурных стержней (нагелей). Он основан на повышении несущей и деформативной способностей армированного грунтового массива вследствие возникновения внутреннего поля напряжений и увеличения эффективного сцепления.

При нагельном креплении функции ограждения котлована выполняет массив грунта, пок-

рытый по наружному контуру тонкой армированной оболочкой, служащей защитой от эрозии и местных вывалов.

Грунт, армированный стержнями, представляет собой квази-моноклитный блок, который в состоянии не только выдержать свой собственный вес, но и воспринять внешние нагрузки.

По проекту котлован станции «Тинчлик» второй линии Ташкентского метрополитена предусматривалось сооружать в свайно-балочном ограждении с анкерным креплением. Как уже говорилось, двутавровая балка № 55 или № 60 является острым дефицитом, а пиломатериал, которым производится затяжка пространства между сваями, в условиях Средней Азии — еще больший дефицит.

Тогда было принято решение выполнить крепление бортов котлована с помощью нагельных стержней (а. с. № 1313953, авторы Скармин и Малоян) сначала на опытном участке длиной 60 м (в районе сооружения

СТП), а затем и всего котлована станции.

Технология крепления (глубина котлована 12 м) включала в себя следующие операции:

- установка продольных балок № 30 вдоль бортов котлована;
- бурение вертикальных и наклонных скважин под нагели для крепления продольной балки;
- монтаж нагелей и их заливка цементно-песчаным раствором;
- разработка грунта до уровня первого яруса крепления;
- установка продольных балок второго яруса;

- крепление этих балок нагелями;

- монтаж сборных железобетонных плит размером 2х3 м, толщиной 100 мм;

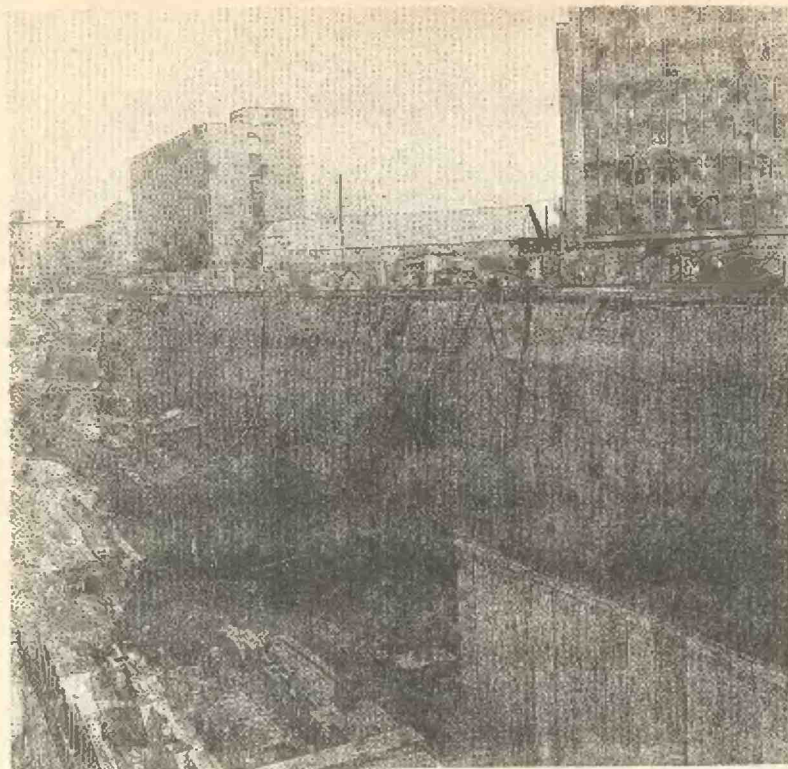
- бурение наклонных скважин через отверстия в железобетонных плитах, монтаж нагелей и их заливка раствором;

- приварка фиксирующих накладок для крепления плит ограждения.

В дальнейшем циклы повторяются.



Нагельное крепление бортов котлована станции «Тинчлик».



Нагельное крепление с набрызгбетонным покрытием на станции «Ляхути».

Бурение скважин $d=100$ мм производилось универсальным станком, изготовленным Дарницким заводом совместно с фирмой «Бауэр». Нагели длиной 6,5—7,9 м выполнялись из арматурной стали 18 мм класса А-III. Ими закреплено 6000 м².

Предложенная технология крепления бортов котлована станции «Типчлик» позволила сэкономить металла 1076 т, пиломатериала 287 м³ и получить экономический эффект в сумме 333,3 тыс.руб.

В дальнейшем на возведении станций третьей линии метрополитена нагельное крепление котлованов стали применять с использованием набрызгбетона по арматурной сетке.

Первая из сооружаемых по этой технологии станций — «Ляхути» по предварительным подсчетам дает обнадеживающие результаты по экономичности и скорости сооружения крепи котлована, а также по несущей способности нагелей.

Нагельное крепление с набрызгом по сетке дает возможность максимально механизировать производственный процесс с помощью высокопроизводительного оборудования. И, поскольку набрызгбетон служит только защитным экра-

ном от эрозии грунта, он наносится слоем толщиной 30—60 мм. Скорость его возведения при односменной работе достаточно высока, что не сдерживает темпы земляных работ, выполняемых в три смены. Единственным недостатком нагельного крепления, исходя из многоярусной системы разработки грунта, является необходимость обеспечения большого фронта работ практически по всей длине котлована.

Следует отметить, что внедрение в широком масштабе этого прогрессивного метода крепления котлованов сдерживается из-за отсутствия необходимого оборудования. Имеем в тресте единственный буровой станок «Бауэр» явно не хватает и в случае его поломки останавливается производство всех земляных процессов. В настоящее время в Ташкенте метод нагельного крепления применяется на сооружении шести котлованов и, естественно, что один станок не в состоянии обеспечить своевременное бурение скважин. Такое же положение и с механизацией набрызгбетонных работ.

Еще одним сложным технологическим процессом при строительстве метрополитена мел-

кого заложения является гидроизоляция сооружений. Отсутствие надежных отечественных материалов заставило нас искать новые, которые обеспечили бы качественную изоляцию и были технологичны в производстве работ, а также не требовали защиты от механических повреждений. Поиск мы начали с применения предложенной профессором Елпшиным И.М. из МИСИ фурано-эпоксидной смолы ФАИС-30. Однако отлично зарекомендовавшая себя при заделке течей, она при нанесении на поверхность, подверженную солнечной радиации, не выдерживала высоких температур из-за наличия в составе быстротвердеющих веществ (ацетона, растворителя) и начинала пузыриться.

Мастика, приготовленная из отходов капролактинового производства, весьма технологичная при нанесении на поверхность, также не выдержала солнечной радиации.

Были попытки использовать антикоррозийный лак «Электроника» и мастику от отходов нефтеперегонных заводов, но все эти материалы были либо не технологичны, либо не обеспечивали качество изоляции и требовали дорогостоящей защиты от механических повреждений.

Перебрав множество материалов и методов, мы остановились на комбинированном способе гидроизоляции станций открытого способа работ, основанном на укладке на горизонтальные поверхности резинокордовых плит размером 500x500x10 мм на битумной мастике (лоток и перекрытие). Этот способ, на наш взгляд, обеспечивает достаточную надежность. Вертикальные поверхности изолируются до уровня грунтовых вод полимерами на основе фурано-эпоксидных смол. Выше используется гидростеклоизол или «Эталмин».

Работы производит МП «Адгезия» фирмы «Союзчернобыль».

Этот способ также не лишен недостатков, поэтому поиски для решения данной проблемы необходимо продолжать.

Опыт применения набрызгбетона в качестве постоянной тоннельной обделки на объектах Тбилтоннельстроя

Г. ЦИМИНТИЯ,
канд. техн. наук, заслуженный инженер Грузии

В мировой практике строительства тоннелей различного назначения сравнительно часто используют в качестве временной крепи и постоянной обделки неармированный, армированный, в комбинации с анкерным креплением, стальными жесткими или решетчатыми арками набрызгбетон.

Усовершенствование оборудования и технологии возведения обделок позволило наносить бетонные смеси с заполнителями значительной крупности (до 40 см). Повышение производительности машин и введение в смесь специальных добавок — ускорителей схватывания, допускающих нанесение за один прием несколько слоев, резко снизили стоимость набрызгбетона и значительно расширили область его применения.

Наряду с новыми его качествами полностью сохранились основные свойства, присущие торкрету:

плотное примыкание наносимого слоя к основанию,

исключающее наличие пустот между конструкцией и породой; прочная связь нанесенного слоя с основанием (породой, бетоном, ранее нанесенными слоями набрызгбетона), обеспечивающая их сращивание в единую, монолитно работающую конструкцию;

повышенная прочность бетона в особенности на растяжение и изгиб.

Эти свойства наиболее важны для подземных конструкций.

При обычных способах крепления горных выработок между затяжкой временной крепи и породой в большинстве случаев остаются пустоты, способствующие разрыхлению горного массива в окрестности выработки.

При сооружении постоянной монолитно-бетонной обделки эти пустоты в сводовой части должны заполняться нагнетанием в несколько приемов. В этом случае обделка тоннеля работает как кольцо, вложенное в окружающий его массив, и в расчетах могут быть учтены, в

основном, только радиальные (нормальные) составляющие сил однозначного отпора. Возникновение значительных по величине касательных составляющих не всегда обеспечивается, а появление нормальных растягивающих сил, по существу, полностью исключено.

В случае применения набрызгбетонной обделки плотно примыкающей ее к контуру окружающей породы полностью гарантировано и на контакте могут возникнуть нормальные составляющие сил двузначного отпора, как сжимающие, так и растягивающие и очень большие касательные составляющие — напряжения сдвига его слоя по весьма шероховатой поверхности выработки.

Набрызгбетонная обделка работает как монолитно спаянная с окружающим массивом горных пород система «порода—обделка». Эта особенность коренным образом улучшает условия работы конструкции, хотя слой набрызгбетона обычно в 2—3

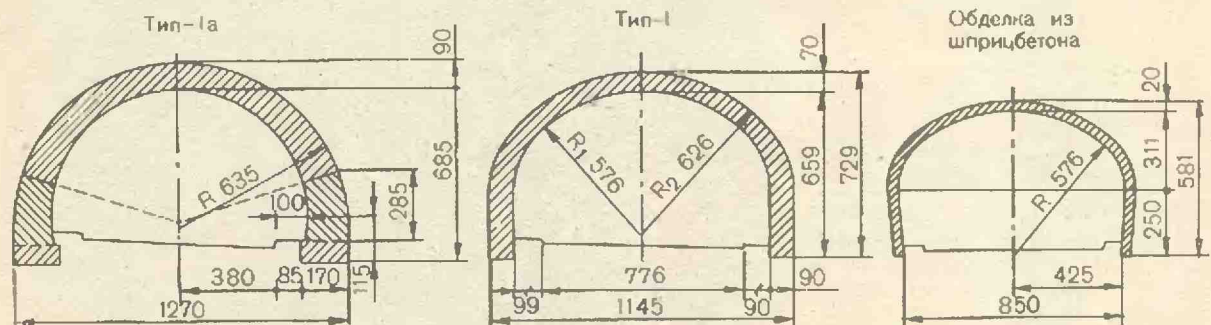


Рис. 1. Поперечное сечение тоннеля на Военно-Грузинской дороге.



Рис. 2. Рельеф местности.

раза тоньше обычных монолитных обделок.

Кроме того, эта обделка легко комбинируется с другими крепежными элементами — стальными арками и анкерами, которые органически включаются в состав постоянной обделки. Их наличие может учитываться при проектировании.

Технологические преимущества набрызгбетона заключаются в:

- отсутствии затрат труда и средств на сооружение опалубки, вагнетание и инъекцию;
- достаточно полной механизации возведения обделки;
- возможности совмещения возведения обделки с другими работами проходческого цикла;
- упрощении транспортировки материалов крепления, особенно в коротких тоннелях;
- резком снижении затрат труда и материалов.

С обделкой из набрызгбетона при непосредственном руководстве автора построен автодорожный тоннель на Военно-Грузинской дороге (рис. 1, 2, 3).

Тоннель прорезает гранитный батолит. Прочность породы составляет от 80 до 120 МПа. Проходка велась полным сечением с применением контурного взрывания заходками длиной 2,5 м.

Необходимо отметить, что для использования набрызгбетонных обделок в скальных

породах крайне важным является паспорт буровзрывных работ для гладкого взрывания, запроектированный в соответствии с конкретными геологическими условиями и отработанный пробными взрывами.

Гладкое взрывание обеспечивает:

- минимальные переборы, а следовательно, и наименьшие перерасходы материала крепления;

контур выработки, максимально приближенный к проектному очертанию;

- минимальную сейсмичку взрыва и наименьшие нарушения сплошности окружающего

массива, являющегося в этом случае основной несущей конструкцией тоннеля, а следовательно и повышенную устойчивость и безопасность незакрепленной выработки до сооружения постоянной обделки.

Кроме того, с точным оконтуриванием выработки связано дальнейшее совершенствование нанесения набрызга, создание автосопловщиков-роботов, автоматизирующих этот процесс и облегчающих тяжелый и, по существу, ручной труд сопловщика и повышающих безопасность работ.

При сооружении этого тоннеля вопросу гладкого взрывания нами уделялось максимальное внимание.

Применение буровой самоходной установки СБУ—4 обеспечило точное обуривание контура тоннеля.

Маркшейдерскими замерами установлено, что переборы не превышали 5—8 см, что дало экономию и на погрузке, и на транспортировке породы.

Схема организации работ следующая. Сначала производили обуривание забоя. Для зарядки шпуров и их оборки использовали площадку, смонтированную в верхней части платформы СБУ—4 и способную двигаться в любом направлении. После обуривания забоя и зарядки шпуров буровой агрегат перемещают в безопасное место.



Рис. 3. Тоннель на Военно-Грузинской дороге с обделкой из набрызгбетона.

Когда произведен взрыв и проветрен забой, в тоннель вводят электроэкскаватор для уборки взрывной породы, которая вывозится автосамосвалами. Возведение постоянной обделки осуществлялось шприц-бетон-машиной типа БМ—60, инертные материалы к ее транспортеру подвозили автосамосвалами.

Применение таких обделок продолжили в транспортной штольне Иверских пещер (Новый Афон), которые прорезают местами окварцованные, трещиноватые мергеля и мергелистые известняки аптского яруса нижнего мела.

Проходка велась буровзрывным способом на полное сечение, затем выработка крепилась слоем набрызгбетона толщиной 7—8 см (рис. 4). В результате расходы на сооружение тоннельной обделки сократились на 40 %.

В пределах этой штольни автором совместно с СИБЦНИ-ИСом проведены экспериментальные исследования работы постоянной обделки из набрызгбетона. Наблюдения за ее состоянием в течение многих лет не выявили каких-либо повреждений.

В дальнейшем СМПН № 212 Тбилтоннельстрой проложил еще два тоннеля с обделкой из набрызгбетона: автодорожный на 19 км дороги Бзыби—Рица в известняках и водоотводный в Тбилиси на территории правительственной резиденции Крцаниси, заложенный в буропесчаниках. Расчет толщины обделок выполнен по методу автора статьи.

В настоящее время на строительстве линии «Руставели—II» — «Вазисубани» III очереди Тбилисского метрополитена на шахте № 60 успешно используют тоннелепроходческий комбайн 4ПП—5 Ясиноватского завода и набрызгбетонная обделка в подходной штольне (рис. 5). Здесь же проходит опробование нового комплекса шприц-бетон машины конструкции ЦНИИСа.

Теоретические и экспериментальные исследования по статической работе набрызгбе-

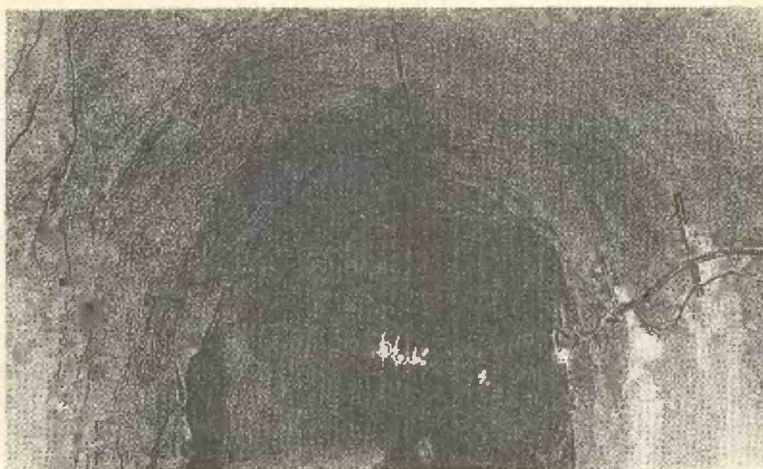


Рис. 4. Транспортная штольня Иверских пещер.

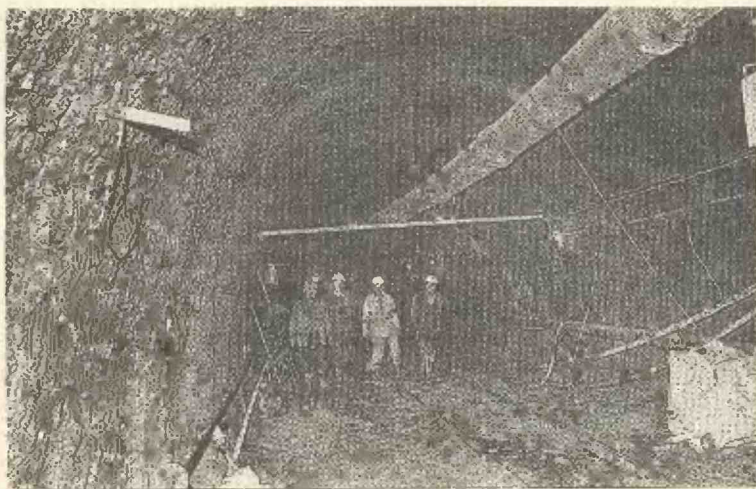


Рис. 5. Подходная штольня на шахте № 60 Тбилисского метрополитена.

тонных обделок, проведенные на объектах Тбилтоннельстрой, конкретизированы для трещиноватых скальных пород и подобран метод расчета. Длина всех тоннелей, построенных Тбилтоннельстроем с постоянной набрызгбетонной обделкой, составляет 2,6 км.

Проведенные наблюдения, экспериментальные исследования и опытные работы в процессе строительства тоннелей в Грузии позволили совместно с ЦНИИСом разработать и издать рекомендации по возведению набрызгбетонных конструкций.

Как показывает отечественная и зарубежная практика, они

имеют большие перспективы в подземном строительстве. Их можно применять как несущую конструкцию в тоннелях малого и большого сечения, в средних и трещиноватых скальных грунтах.

В заключение хочу с благодарностью отметить имена коллег и специалистов, оказавших тоннельщикам Грузии бескорыстную и братскую помощь: В.И. Размерова, Я.И. Марениного, Ю.А. Кошелева, С.Н. Власова, А.П. Даушвили, Г.А. Джакели, Н.Г. Чачхуани, В.Д. Гоциридзе, Б.П. Пачулия, В.А. Ходоша, В.Е. Меркина и других.

Метрополитен в Челябинске

Институтом «Ленметрогипротранс» разработан проект строительства первого пускового участка метрополитена в Челябинске протяженностью 8,6 км от «Тракторозаводской» до «Проспекта Победы».

В проекте предусматривается возведение на трассе 5 станций: 3 — глубокого заложения («Площадь Революции», «Торговый центр», «Проспект Победы») и 2 — мелкого («Комсомольская», «Тракторозаводская»).

Станции глубокого заложения, расположенные в скальных грунтах, приняты двух типов: «Площадь Революции» и «Проспект Победы» — пилонные из сборных железобетонных конструкций со стальными балочными перемычками с сооружением их буровзрывным способом. Это типовая конструкция в настоящее время широко применяется при строительстве отечественных метрополитенов в аналогичных условиях. Она имеет уже отработанную технологию возведения и полный набор необходимого горнопроходческого оборудования. К недостаткам можно отнести значительную материалоемкость и большую долю ручного труда.

«Торговый центр» — односводчатая, экспериментальная, с обделкой из армированного набрызгбетона с анкерами и боковыми посадочными платформами, также сооружаемая буровзрывным способом. Данная конструкция станции позволяет за счет компоновки всех притоннельных сооружений над платформой под единым сводом и применения новых конструктивных материалов значительно снизить материалоемкость станционного узла и использовать новые типы проходческих и строительных машин, что повысит производительность и скорость проведения работ при снижении доли ручного труда.

Перегоны глубокого заложения приняты трех типов:

от станции «Комсомольская» до «Площади Революции» и от «Проспекта Победы» до конца пускового участка — в традиционной для отечественных метрополитенов сборной железобетонной (или в зависимости от величины водопритока — чугунной) обделке круглого очертания диаметром 5,5 м;

от «Площади Революции» до ПК 80+00 и от ПК 100+20 до «Проспекта Победы» — запроектированы экспериментальные однопутные, с обделкой подковообразного сечения из набрызгбетона с анкерами. Эти участки предполагается сооружать с помощью порталной буровой рамы буровзрывным способом. Такая конструкция даст возможность применить вы-

сокопроизводительное оборудование. Кроме того, при значительном снижении материалоемкости резко увеличиваются производительность труда и почти в два раза скорость проходки;

перегоны от ПК 80+00 до «Торгового центра» и далее до ПК 100+20 — двухпутные; по конструкции аналогичны предыдущим, но помимо прочих преимуществ позволяют уменьшить суммарные материальные затраты, увеличить производительность труда, и, что очень важно для городских условий, сократить число проходимых выработок. Учитывая большое сечение, появляется возможность использовать высокопроизводительное оборудование, применяемое при прокладке однопутных железнодорожных тоннелей.

Станции мелкого заложения, возводимые в четвертичных отложениях, предусмотрены двух типов:

«Комсомольская» — экспериментальная, колонного типа с боковыми тоннелями, сооружаемыми щитовым комплексом закрытым способом в сборной чугунной обделке $d=5,5$ м, с колоннами, устраиваемыми с поверхности методом буронабивных свай: разработка грунта до уровня перекрытия и его бетонирование в открытом котловане, разработка ядра и сооружение обратного свода;

«Тракторозаводская» — односводчатая с боковыми тоннелями в сборной чугунной обделке $d=5,5$ м, проходимыми закрытым способом щитовым комплексом; с монолитным верхним сводом, сооружаемым в открытом котловане, и разработкой ядра и бетонированием обратного свода закрытым способом.

Существенным недостатком конструкции станции мелкого заложения на сегодня является необходимость отрывки котлована под ее монтаж на полный профиль, что требует значительных затрат на крепление и поддержание котлована от обрушения. Кроме того, с точки зрения градостроительных проблем необходим отвод значительной площади на весь период строительства. Это вызывает большие трудности в организации транспорта и ухудшает условия жизни людей.

Запроектированные две принципиально новые конструкции станций позволяют резко снизить объем работ по отрывке котлованов и их креплению, широко применить индустриальные способы строительства.

Перегонные тоннели мелкого заложения от «Комсомольской» до «Тракторозаводской» пла-

нируется сооружать закрытым способом с обделкой круглого очертания $d=5,5$ м.

Учитывая значительный уровень грунтовых вод на всей длине участка, проектом предусмотрено предварительное водопонижение. Для исключения понижения уровня грунтовых вод под фундаментом лабораторного корпуса «ЧТЗ», находящегося в непосредственной близости от возводимой станции (10—12 м), предполагается создание (до начала работ по водопонижению) противодиффузионной стены (сооружаемой методом «стена в грунте»), заведенной в водоупор на всем протяжении лабораторного корпуса и отделяющей его от котлована.

Переходный участок от ст. «Комсомольская» до ПК 61+10, находящийся в неустойчивых водонасыщенных грунтах с высокими коэффициентами фильтрации (большими водопритоками) сооружается закрытым способом с предварительным тампонажем с поверхности глиноцементным раствором.

Данный участок трассы пересекает железнодорожную насыпь и проходит под автодорожной эстакадой. Учитывая неизбежные просадки дневной поверхности в зоне проходки переходного участка, планируется реконструкция эстакады (замена ее насыпью в зоне строительства), а также усиление железнодорожных путей (установка пакетов, постоянный контроль и ремонт путей в период строительства, ограничение скорости движения поездов).

Ветка в депо мелкого заложения прокладывается закрытым способом с проходкой щитовым комплексом КМ-34 и открытым — с монтажом сборных железобетонных конструкций в открытом котловане крановым оборудованием.

Для соединения в дальнейшем с тоннелем II очереди и последующих линий без нарушения герметизации эксплуатируемого участка проектом предусматривается устройство на концах перегонных тоннелей и средних туннелей демонтируемых камер, отделенных от действующего метрополитена временными затворами, закрываемыми перед сбойкой.

Для обеспечения строительства метрополитена предусматривается создание производственной базы, включающей:

базу ПВК;

завод железобетонных изделий производительностью 21,35 тыс.м³ в год железобетонных изделий, 45 тыс.м³ товарного бетона, 30 тыс.м³ раствора и 2,5 тыс.т арматуры; автотранспортное предприятие с парком 126 грузовых автомашин.

База будет расположена южнее электродпо в районе Сибирского переезда.

Материально-техническое снабжение предполагается осуществлять с максимальным использованием местных ресурсов.

Генеральным подрядчиком строительства первого участка линии метрополитена в Челябинске является УС № 30.

Скоростной трамвай в Кривом Роге

Ю. ДОБРОВОЛЬСКИЙ,
зам. директора депо скоростного трамвая
П. ПУЗАНОВ, инженер

В решении задач повышения уровня транспортного обслуживания населения крупных городов большое значение приобретает скоростной трамвай.

Опыт проектирования, строительства и эксплуатации линий скоростного трамвая за рубежом и в странах СНГ достаточно убедительно показал, что использование этого вида транспорта — один из эффективных путей повышения уровня обслуживания пассажиров, который реализован и в Криворожском бассейне.

Кривой Рог сегодня — большой индустриальный и культурный центр Украины с населением свыше 800 тыс. человек. Это — город горняков, металлургов, строителей. Он растянут в длину более чем на 100 км.





Станция «Проспект металлургов».

Необходимость строительства скоростного трамвая и его целесообразность обоснованы комплексной схемой развития всех видов городского пассажирского транспорта.

Проектирование линий скоростного трамвая осуществлялось институтами УкркоммунНИИпроект и «Харьковметрострой» на основе действующих СНиПов и ГОСТов для метрополитенов. Поэтому системы движения и обслуживания аналогичны метро.

В 1986 г. был введен в действие первый участок, а в 1989 г. — вся линия I очереди скоростного трамвая протяженностью 12,2 км, в том числе подземной части — 5,3 км. В его комплекс вошли: депо на 140 единиц подвижного состава, 7 пассажирских станций (3 из них — подземные) и службы обеспечения. Все пассажирские станции запроектированы и возведены с учетом передовых методов строительства.

Прокладка подземных участков I очереди велась как открытым, так и закрытым способами с применением щитовой проходки, которая будет доминирующей при прокладке II очереди.

Трасса проходит в обводненных сутлинках и супесях в пределах тектонически подвижного блока.

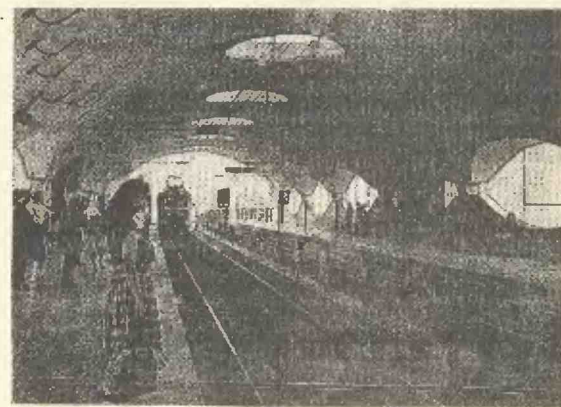
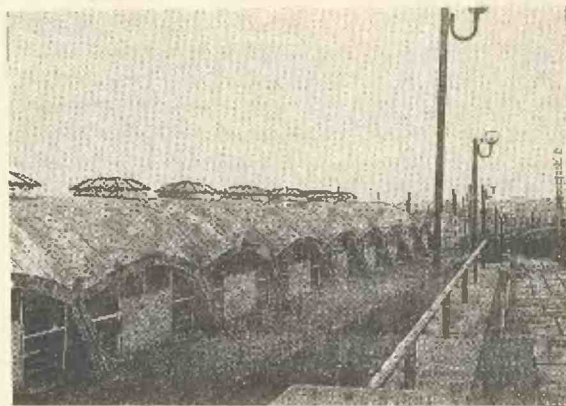
Тоннели закрытого способа работ сооружались из чугунных тубингов и железобетонных блоков, обжаты в породе Двугтр.—5,1 м, открытого — из сборных железобетонных элементов со скошенными в перекрытии вутовой части для размещения троллейного провода.

Строительство I очереди велось в два этапа: первый — от станции «Площадь Труда» до «Дзержинской» длиной 5,6 км с двухкилометровым подземным тоннелем; второй — включает два участка. 13 февраля 1988 г. началось движение трамваев на подземном километровом перегоне до станции «Дом Советов». Одновременно были задействованы пути станций «Дзержинская». Из-за отсутствия оборотных устройств на станции «Дом Советов» была принята временная схема эксплуатации с организацией двух маршрутов на линии. Трасса маршрута № 1 проходила от «Площади Тру-

да» до платформы «Дзержинской», расположенной на предпортальном разворотном круге, где производилась пересадка на маршрут № 2. Движение на нем осуществлялось между станциями «Дзержинская» и «Дом Советов» по челночной схеме по разным путям двумя двухвагонными нормально сцепленными составами. Кабина водителя одного из них была обращена к «Дому Советов», другого — к «Дзержинской». Перевозка пассажиров производилась только в составе с передними кабинами управления. При этом второй поезд, управляемый с временного поста, размещенного в хвосте, следовал синхронно с первым в обратном направлении без пассажиров.

После завершения возведения (31 декабря 1989 г.) станций «Проспект Металлургов» и временной конечной «Кольцевой» движение трамваев производилось по всей трассе — от «Площади Труда» до «Кольцевой». Учитывая одностороннее расположение дверей в вагонах Т-3 и островные платформы станций «Дом Советов» и «Проспект Металлургов», на предпортальном участке у станции «Дзержинская» предусмотрено пересечение тоннелей в разных уровнях с организацией левостороннего движения на всем южном отрезке линии.

В 1987 г. началось сооружение II очереди. Были пройдены 2 шахтных ствола, подходы



Наземный вестибюль и платформенная часть станции «Дзержинская».

выработки. Однако из-за нерешенности ряда технических вопросов работы на данном участке были остановлены, а готовые выработки — законсервированы.

Максимальный уклон трассы на подземных участках 8‰ , на наземных 4‰ . Минимальный радиус кривых в плане на перегонах 250 м, на оборотных петлях и в депо 30 м. На подземных участках использованы железнодорожные рельсы Р50 со скреплением типа «Метро» на деревянных шпалах, утопленных в бетон; на наземных участках путь на железобетонных шпалах уложен на щебеночное основание. Стрелочные переседы — трамвайного типа. Ширина колеи стандартная — 152 мм.

Посадочные островные платформы подземных станций «Дом Советов» и «Проспект Металлургов» имеют ширину 8 м, «Площадь Артема» — две боковые по 4 м. Их длина увеличена до 102 м по сравнению с 80-м на наземных «Дзержинской» и «Октябрьской», оборудованными соответственно на портале и эстакаде. Станции III очереди возводятся также с боковым расположением платформ, за исключением конечной «Роковатой». Преимущественно островное расположение платформ принято и для станций II очереди. Конечные остановки на временных разворотных петлях имеют раздельные площадки для посадки и высадки пассажиров. Высота платформ 0,3 м.

Подземные станции мелкого заложения с островной платформой сооружены в котлованах односводчатыми из монолитного железобетона; с боковыми платформами — из сборно-монолитного железобетона колонного типа. Платформенные части наземных станций перекрыты сводчатой железобетонной конструкцией с зенитными фонарями и витражными окнами в уровне платформ. Входы на станции предусмотрены, как правило, из подземных вестибюлей, расположенных с одной их стороны и включенных в единое архитектурное пространство прилегающей территории. Островные подземные станции имеют стандартное планировочное решение, применяемое обычно для аналогичных конструкций метрополитена.

Архитектурный и художественный облик станций характеризуется индивидуальной выразительностью и связан с современной историей города, названием его площадей, улиц и предприятий. В качестве облицовочных материалов применены гранит, мрамор, декоративная плитка. Все станции оборудованы электронными часами и счетчиками интервалов времени.

Вентиляция подземных участков — принудительная. На порталах предусмотрены воздушно-тепловые завесы.

На линии скоростного трамвая эксплуатируются составы из двух или трех вагонов (типа Т-3 Чехословацкого производства) длиной по 14 м, шириной 2,5 и максимальной высотой при нормально поднятом пантографе 6,2 м. Вес



Сооружение перегонных тоннелей «Камвольная» — «Электрозаводская».

вагона 17 т. Расстояние между осями тележек 6,4 м. Вместимость вагонов: 43 сидячих и 94 стоящих пассажира при поперечной планировке салона. Три пассажирские створчатые двери правостороннего расположения имеют ширину по 1,4 м. Двухосные тележки оборудованы четырьмя тяговыми двигателями мощностью по 44 кВт, позволяющими развивать ускорение $1,3\text{ м/с}^2$. Принята электродинамическая система торможения в сочетании с магнитно-рельсовым тормозом, способная осуществлять служебное и экстренное торможение с $1,5$ и $4,0\text{ м/с}^2$ соответственно. Для эксплуатации на подземных участках с отключенным рабочим освещением вагоны оснащены дополнительным осветительным оборудованием.

Обслуживание и ремонт подвижного состава осуществляется в депо, расположенном у станции «Площадь Труда», где предусмотрен осмотр поездов без их расцепки.

На станции «Кольцевая» имеется служебный технологический путь для выхода на городскую трамвайную сеть. Доставка первых вагонов в депо осуществлялась на авторейлерах с разрулочных эстакад в трамвайное депо, т.к. соединительный путь был построен после пуска скоростного трамвая.

Учитывая непригодность для скоростной эксплуатации с подземными участками вагонов Т-3 (значительный зазор между крайними дверями и станционными платформами, превышение допустимого уровня шума в салоне, низкая пожарозащищенность), по заявке управления «Горэлектротранс» Усть-Катавский завод разработал и изготовил вагоны модели 71-608 с двусторонним расположением слайдовых дверей и улучшенными техническими характеристиками, учитывающими особенности эксплуатации скоростного трамвая.

Для обслуживания устройств линии имеется парк технических вагонов, выполненных на базе трамваев КТМ-5.

Энергоснабжение скоростного трамвая осуществляется от городских внешних источников Криворожэнерго переменного тока 10 кВ, пре-

образующих его на восьми тяговых подстанциях в рабочее напряжение 600 В постоянного тока. Питание подвижного состава производится от контактной сети, которая для компенсации усилия пантографа, связанного с понижением троллея на станциях и на подземных участках, выполнены с двойным проводом.

Подземная трасса трамвая оборудована автоблокировкой с двузначными светофорами, установленными на порталах, входах и выходах со станций.

Контроль за работой вентиляции, водотливных установок на подземных участках, энергоснабжением всей линии осуществляют тоннельная служба и служба энергохозяйства.

Ежедневно с 5—00 до полуночи скоростным трамваем перевозится 82 тыс. человек. Стоимость проезда и система оплаты аналогична принятой для метрополитенов, т. е. через

турникеты, установленные в вестибюлях станций. В 1991—92 гг. из-за часто изменяющейся стоимости проезда и отсутствия достаточного количества мелкой разменной монеты была организовано продажа разовых билетов с их ручным контролем. В настоящее время для оплаты проезда используются жетоны, изготовленные из пластмассы, с приемом их в ранее установленные турникеты.

На отдаленную перспективу предусматривается прокладка еще двух линий скоростного трамвая, обладающего значительными преимуществами по сравнению с другими видами электротранспорта, даже метрополитеном: расход электроэнергии на 20—30 % меньше, чем для обычного трамвая; ниже стоимость строительства, расходы на эксплуатацию и ремонт подвижного состава.

Поздравляем юбиляра



В марте текущего года исполнилось 90 лет со дня рождения и 60 лет инженерной и научно-педагогической деятельности профессора-консультанта ПИИТа, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, доктора технических наук Юрия Андреевича ЛИМАНОВА.

После окончания в 1929 г. Ленинградского института инженеров путей сообщения Ю.А. Лиманов работал на строительстве Турксиба, затем в Ленинградском отделении Гипротранса, где под его руководством разработан ряд проектов мостов, тоннелей и, в том числе, первого в стране подводного автодорожного тоннеля под Морским каналом в Ленинграде.

В связи с началом прокладки метрополитена в Москве, в ЛИИЖТе в 1930 г. была организована первая в стране кафедра «Тоннели». Ее основатель, профессор А.Н. Пассек в 1933 г. пригласил на работу для подготовки будущих специалистов Ю.А. Лиманова.

С этого времени его деятельность неразрывно связана с жизнью ЛИИЖТа (ПИИТа).

В 1940 г. Ю.А. Лиманов успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Методы реконструкции тоннелей без прерыва движения». Будучи начальником отдела Ленинградского Гипротранса и, оставаясь преподавателем ЛИИЖТа, он творчески участвует в решении задач по реконструкции эксплуатируемых тоннелей на железных дорогах.

В годы Великой Отечественной войны Ю.А. Лиманов, военный железнодорожник, находился в осажденном Ленинграде, где проектировал и возводил оборонительные и транспортные сооружения. Среди них — легендарная «Дорога жизни», проложенная по льду Ладожского озера, и два временных моста через Неву.

С 1948 г. Ю.А. Лиманов переходит на постоянную работу в ЛИИЖТ: вначале доцент, затем профессор, декан факультета и заведующий кафедрой (до 1980 г.); с 1981 г. — профессор-консультант.

В 1958 г. Ю.А. Лиманов защищает докторскую диссертацию на тему «Осадки земной поверхности при сооружении тоннелей Ленинградского метрополитена», где решена проблема прогнозирования развития осадков дневной поверхности и даны инженерные решения, позволяющие свести их к минимуму. В 1959 г. ему присваивается ученая степень доктора технических наук и звание профессора.

По инициативе и под руководством Ю.А. Лиманова при кафедре «Тоннели и метрополитены» в 1960 г. создается научно-исследовательская лаборатория моделирования тоннелей для изучения статической работы всех новых конструкций. Результатом явилось создание новых, получивших всеобщее признание типов станций метрополитена: без боковых посадочных платформ («Парк Победы» и др.), колонных с шарнирным опиранием колонн («Приморская» и др.) и односводчатых («Площадь Мужества» и др.).

В 1969 г. Ю.А. Лиманову присваивается почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР».

Он является автором более 130 печатных научных трудов и учебников, которые широко используются у нас и за рубежом.

Деятельность профессора Ю.А. Лиманова связана также и с работой за границей: в Венгрии, Польше, Чехо-Словакии.

Под его научным руководством успешно защищены около 40 кандидатских и четыре докторских диссертации.

За плодотворную многолетнюю работу и большой вклад в науку и развитие отечественного метро и тоннелестроения Ю.А. Лиманов награжден орденами «Красная Звезда» и «Знак Почета», восемью медалями.

Школа отечественного тоннелестроения профессора Ю.А. Лиманова завоевала широкое признание специалистов, а его ученики успешно трудятся на возведении объектов отрасли.

Редколлегия

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ЛАЗЕРНЫХ ГИРОСКОПОВ ДЛЯ ПРОХОДЧЕСКИХ И БУРОВЫХ РАБОТ

Ю. КОЛБАС, З. МЕНАКЕР, В. САМОЙЛОВ, Г. ТЕЛЕГИН

В условиях рыночной экономики возникает особая необходимость в сокращении сроков и повышении качества строительства подземных объектов, что требует постоянного совершенствования тоннельной и буровой техники, а также создания более точных и надежных маркшейдерских систем контроля и управления.

Обычные системы с лазерными датчиками направления довольно успешно эксплуатируются на прямых участках проходок в относительно благоприятных атмосферных условиях. Однако на криволинейных трассах их эффективность существенно снижается из-за необходимости установки по длине тоннеля оптических призм поворота лазерного луча. В связи с этим в нашей стране и за рубежом ведутся работы по созданию автономных навигационных систем, с инерциальным гироскопом, позволяющим отказаться от лазерных устройств. Однако при повышенной влажности и запыленности воздуха, а также вибрации щита такие гироскопы неэффективны: недостаточно точны и не надежны. Этим недостатком лишены лазерные гироскопы (ЛГ), которые используют в сочетании с микропроцессором.

Принцип действия ЛГ основан на эффекте Саньяка, возникающем в кольцевом лазере (КЛ): его вращающийся оптический контур, образованный диэлектрическими зеркалами 1, 6, 8, 10 (рис. 1), и пути обходов световыми волнами, распространяющимися по взаимовстречным направлениям, отличаются друг от друга. Разность

оптических путей L определяется по формуле:

$$\Delta L = \frac{4S\Omega}{c},$$

где S — площадь, охватываемая оптическим контуром;
 Ω — измеряемая угловая скорость вращения;
 c — скорость света.

В кольцевом лазере, являющемся оптическим генератором, эта разность приводит к появлению разности оптических частот двух встречных волн.

Частоту γ генерации световых волн в покоящемся КЛ можно вычислить по формуле:

$$\gamma = \frac{mc}{L},$$

где $m = 1, 2, 3, 4, \dots$;
 L — длина оптического контура.

Разность частот встречных волн равна:

$$\Delta\gamma = \gamma_- - \gamma_+ = \frac{4S\Omega}{L\lambda},$$

где λ — длина волны генерации покоящегося КЛ.

γ_+ , γ_- — частоты, определяемые по формулам:

$$\gamma_+ = \frac{mc}{L} = \frac{mc}{L + \frac{1}{2}\Delta L},$$

$$\gamma_- = \frac{mc}{L} = \frac{mc}{L - \frac{1}{2}\Delta L}.$$

Разность оптических частот измеряют с помощью смесительной призмы 14 (см. рис. 1) таким образом, что взаимовстречные волны распространяются

в одном направлении и образуют подвижную интерференционную картину на фотоприсмках вращения 13, 15. При этом период прохождения такой картины соответствует повороту кольцевого лазера на угол ψ :

$$\psi = \frac{\lambda L}{4S}.$$

В кольцевом, серийно выпускающемся лазере G-11 для создания генерации используется постоянный ток. Газовые разряды зажигаются между катодом 2 и двумя анодами 9, применение которых улучшает точностные параметры КЛ за счет взаимной компенсации влияния разрядных токов на частоту генерации. Для стимуляции разряда в момент включения на электроды 4 на короткое время подается повышенное напряжение.

Настройка оптического контура на максимум усиления и компенсации температурного расширения корпуса 3 производится с помощью автоматической системы регулировки периметра (СРП). Она включает фотоприемник 7 и пьезодвигатели 5, 11 для перемещения зеркал 6 и 10. Световой луч принимается фотоприемником, электрический сигнал с которого анализируется в специальной схеме СРП и после усиления поступает на пьезодвигатели, которые перемещают зеркала 6 и 10 таким образом, чтобы интенсивность светового луча достигла максимума.

Для уменьшения зоны нечувствительности кольцевого лазера (зоны захвата) к малым угловым скоростям вращения (< 10 град/час) используют виброподвес. С этой целью КЛ устанавливаются в специальное

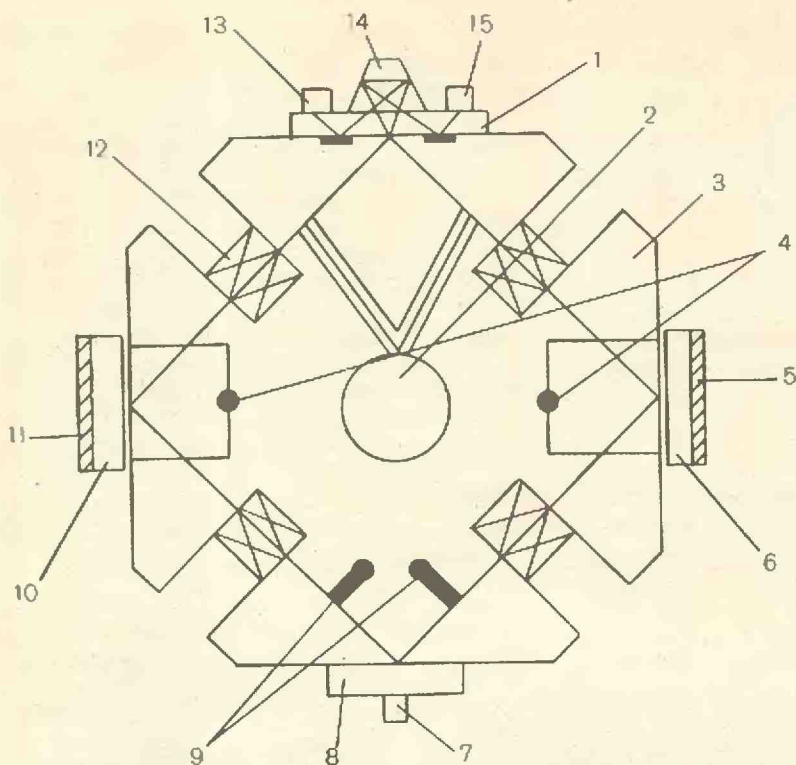


Рис. 1

устройство, создающее крутильные колебания с частотой нескольких сот Гц. Однако габариты прибора возрастают, он становится неустойчивым к жестким механическим воздействиям. В лазере G-11 применяется способ электрического управления разностью частот встречных волн. При этом больший эффект, чем при виброподвесе, достигается наложением постоянного или переменного магнитного поля на газоразрядные промежутки с помощью специальных катушек 12.

Такая конструкция обеспечивает КЛ существенные преимущества перед механическими гироскопами. Отсутствие движущихся частей при наличии системы регулировки периметра повышает устойчивость прибора к механическим воздействиям (удар до 150g, вибрации до 30g) и колебаниям температуры окружающей среды (от -55 до +70

°С). Ресурс прибора — приблизительно 1000 часов. Его система не является источником помех как для собственного информационного канала, так и для внешних систем на объекте. КЛ выдает информацию в виде импульсов, что удобно для преобразования ее в цифровой код для последующей обработки в ЭВМ. Лазерный гироскоп, в отличие от механического, не теряет информацию о величине угла поворота при прохождении угла 90° от начального положения и не требует времени на раскрутку ротора, благодаря чему период подготовки к работе снижается до нескольких секунд.

Автономные навигационные и измерительные системы на ЛГ обладают рядом преимуществ. Они годны для определения траекторий любых искривленных участков, позволяют производить их измерения и исправления непосредственно во время проходки и без остановки рабо-

чего агрегата. Аппаратура имеет малые габариты и не требует переноса и перенастройки в процессе работы, не боится механических ударов, вибраций, воздействия пыли, влаги, повышенных и пониженных температур. Эти преимущества систем на ЛГ предопределили их выбор в качестве перспективных измерительных и навигационных приборов для проходческих работ.

В настоящее время научно-технической фирмой РЭКТ и НТЦ «Мосинжстрой» разрабатывается гироскопическая навигационная система ГНС-311 автономного типа. Она включает установленные в щите блоки: гироскопический, питания и вычислений и индикации. Первый блок состоит из трехосного лазерного гироскопа ГНС-31 и трех угловых датчиков-акселерометров АК-5-50М, смонтированных на поворотном столе (угол поворота 180°). Информация о них вводится в блок питания и вычислений, в котором обрабатывается с помощью микро-ЭМВ, и выводится на блок индикации.

На цифровых индикаторах высвечиваются следующие параметры: наклон щита, угол закручивания, координаты ножевой и хвостовой части щита по высоте и в плане, пикетаж, номер укладываемого кольца обделки. Система предусматривает управление проходческим агрегатом в режиме советчика. При этом на панели блока индикации высвечиваются номера включенных гидроцилиндров, обеспечивающих движение и коррекцию курса. Эксплуатация автономной системы предусматривает периодическое проведение инструментальных маршейдерских измерений с последующим введением поправок для компенсации накапливающихся ошибок. Пройденный путь вводится либо по числу смонтированных колец обделки, либо измеряется линейным устройством с точностью 1 см.

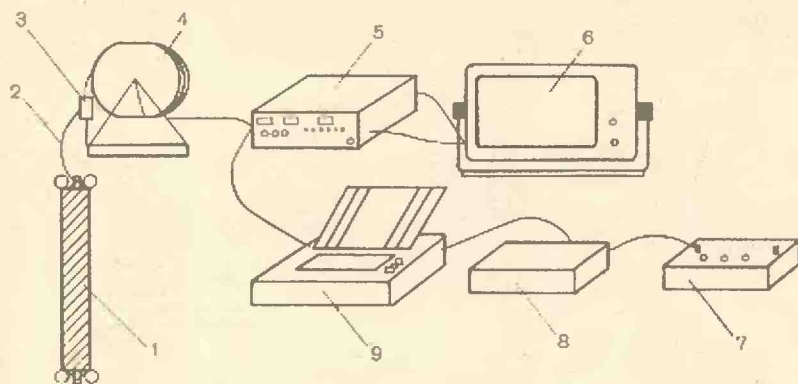


Рис. 3

она меньше по габаритам, весу, стоимости, может использоваться в любых широтах (даже на полюсе) и неограниченное время работать без остановки.

Технические данные путевой гирокомпасной навигационной системы:

| | |
|---|-----------|
| Максимальный угол наклона, ° | 30 |
| Ошибка определения азимута, перед началом движения, угл. мин | 30 |
| Скорость увеличения ошибки измерения азимута при движении, угл. мин/ч | 10 |
| Ошибка измерения крена и уклона платформы, угл. мин | 30 |
| Максимальная ошибка определения линейных координат на 1000 м пути, м, при движении со скоростью: 5 км/ч | 3,0 |
| 10 км/ч | 1,5 |
| Диапазон рабочих температур, °С | -20...+50 |
| Масса гироскопа с двухкоординатным уклономером, кг | 5,0 |
| Масса блока питания и индикации | 5,5 |
| Время работы, ч: | |
| непрерывной | 24 |
| безотказной | 500 |
| Стоимость опытного образца, тыс. руб. | 170 |

скважинный прибор 1, блок питания и индикации 5, цифрорпечатающее устройство (ЦПУ) 9, дисплей 6, лебедки 4 с кабелем — тросом 2 и датчик глубины 3. Кроме того в комплекте имеется аккумуляторная батарея 7 с напряжением 12 В и преобразователь 8 постоянного напряжения 12 В в переменное напряжение 220 В (50 Гц) для питания ЦПУ. Скважинный прибор представлен на рис. 4. Основу его составляют три кольцевых лазера (лазерных гироскопа) 7 типа G-12, имеющего устройство, аналогичное G-11, но меньших размеров. Блок электроники 5 обеспечивает питание и стабилизацию периметра и других параметров КЛ. Источник питания 3 преобразует напряжение 36 В в необходимые напряжения питания всех блоков прибора. Вычислитель 4 получает от G-12 сигналы, рассчитывает с тактом 1 с угловую ориентацию скважинного прибора в пространстве и передает ее в блок индикации. Прибор имеет виброустойчивый герметичный корпус 6 с разъемом, уплотняемым резьбовой крышкой 2. Стабилизация положения прибора в скважине обеспечивается

шестью упорными роликами (по три в голове и в хвосте). От датчика глубины в блок индикации через каждые 50 см спуска поступает сигнал и одновременно текущая информация о трех углах. Зная угловое положение и пройденный путь, рассчитывают положение прибора, что соответствует координатам оси скважин. Они выводятся на ЦПУ и дисплей в полярных координатах — азимут отклонения, расстояние до оси, глубина.

Технические характеристики инклинометра «Крот»:

| | |
|--|---|
| Ошибки измерения: | |
| углов отклонения оси скважины от заданного направления, ° | не более 1,5 |
| глубины, см | 10 |
| координат траектории скважины, м | 0,5 |
| Максимальная глубина, м | 100 |
| Максимальный диаметр скважины, мм | 85 |
| Время промера 100 м скважины (включая подготовку к работе), мин. | 30 |
| Питание, В | 12 ⁺³ , 25 ⁺⁴ или ~36, ~220 |
| Потребляемая мощность, Вт | 180 |
| Параметры скважинного прибора: | |
| диаметр, мм | 82 |
| длина, мм | 1300 |
| масса, кг | 8 |
| Стоимость опытного образца, тыс. руб. | 300 |

Весьма перспективно применение блоков «Крот» при монтаже головных частей трубопроводов для контрольного положения при боцстраншейной их прокладке. Эта система имеет большие преимущества перед лазерным и радарным оборудо-

Лазерный инклинометр «Крот» предназначен для измерения траектории искривления вертикальных и наклонных замораживающих скважин с выводом информации на дисплей и цифрорпечатающее устройство (рис. 3). Он включает:

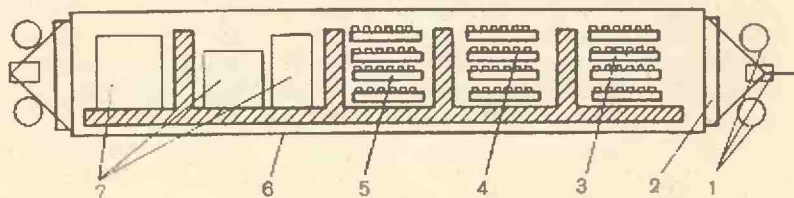


Рис. 4

ванием, применяемым в отечественной и зарубежной практике, особенно на значительных глубинах в городах при многочисленном пересечении трубопроводов.

Разработка навигационных систем для подземного строительства на базе серийных одноосных лазерных гироскопов (G-11, G-12, G-13) в сочетании с микропроцессором и акселерометром АК—5—50М позволяет при минимальных затратах времени и средств создать современное, надежное, точное маркшейдерское оборудование.

Описанные системы дают возможность осуществлять контроль и управление различными проходческими комплексами на трассах любой кривизны и в крайне неблагоприятных атмосферных условиях подземного строительства.

С помощью лазерного инклинометра можно определять и документально фиксировать координаты вертикальных и наклонных замораживающих скважин при формировании ледопородных ограждений. Он может быть использован с небольшими доработками в измерительных и контрольных системах поло-

жения головной части при проколе и продавливании подземных сооружений.

На основе лазерного гироскопа представляется возможным создать многофункциональный лазерный гиротеодолит.

В настоящее время НТЦ «Мосинжстрой» совместно с предприятием РЭКТ и с помощью НТК «Полос—Квант» изготавливает гироскопы и лазерные инклинометры для испытаний в 1993 г. и приступает к разработке гироскопических навигационных систем, опытная эксплуатация которых начнется в начале 1994 г.

В.Г. Протченко

После непродолжительной болезни ушел из жизни начальник СКТБ «Тоннельметрострой» Владимир Георгиевич Протченко.

Он родился 30 марта 1936 г. После окончания в 1958 г. факультета «Мосты и тоннели» Московского института инженеров железнодорожного транспорта начал свою трудовую деятельность начальником смены на сооружении подземного объекта. Много лет отдал проектной работе в институте «Метрогипротранс», работал в Сибири, был начальником технического отдела и заместителем главного инженера Главтоннельметростроя.

С 1977 года Протченко В.Г. — организатор и бессменный руководитель СКТБ «Тоннельметрострой». Создание собственного СКТБ принесло транспортным тоннельщикам огромную пользу. В его стенах решались крупные научные проблемы и принимались новые проектные решения. Под руко-



водством Протченко В.Г. выполнено немало работ, способствующих развитию отечественного тоннельного строительства. Строители БАМ знают о его большом участии в этой стройке, во многих линиях метро разных городов также есть его вклад.

Много сил Владимир Георгиевич уделял Тоннельной Ассоциации (ТА) на посту ее вице-президента. Он принял активное участие в том, чтобы отечественные тоннельщики организованно вошли в Международную тоннельную ассоциацию (ИТА). Протченко

В.Г. успешно представлял ТА за рубежом, вел большую международную переписку. На посту начальника СКТБ «ТМ» и вице-президента ТА его знали тоннельщики всех ведомств нашей страны и зарубежные коллеги.

Он был членом редколлегии нашего журнала. Много лет являлся Председателем государственных комиссий в вузах по защите дипломных работ. Всегда принимал активное участие в общественной жизни СКТБ и Московского Метростроя.

Среди разных его наград имеются ордена «Трудового Красного Знамени» и «Знак Почета».

Протченко В.Г. умел даже в самых непростых ситуациях оставаться выдержанным, корректным. Он был добрым, внимательным к людям, хорошим человеком.

Его дочь и сын выбрали профессию отца.

Все кто знал В.Г. Протченко скорбят об этой тяжелой для нас утрате.

Коллеги

Лифтовые подъемники вместо эскалаторов

В. КАБАНОВ,

доцент Санкт-Петербургского горного института

Завершившееся в настоящее время строительство двух пересекающихся магистралей Санкт-Петербургского метрополитена с пересадочной станцией в начале Невского проспекта не обеспечено проектом выходами на поверхность для пассажиров. Выполненный ранее Ленметрогипротраисом проект станции «Адмиралтейская» предусматривал один эскалаторный наклон с размещением наземного вестибюля в Кирпичном переулке. При этом подвергались разборке (с последующим воссозданием) пять жилых домов, состоящих на учете как архитектурные шедевры центра города. При обсуждении данного проекта с привлечением общественности были высказаны решительные возражения против такого варианта, связанного с риском подработки здания Адмиралтейства (эмблема Санкт-Петербурга) и Казанского собора (символ победы над Наполеоном). Кроме того, согласно требованиям безопасности на станции должно быть не менее двух выходов на поверхность (СНИП «Метрополитен»).

Первоначальный проект не отвечал также достигнутому уровню современной техники и технологии возведения станций.

По инициативе Управления метрополитена сотрудниками горного института и института путей сообщения Санкт-Петербурга была исследована возможность использования в качестве вторых входов вертикальных пассажирских лифтов. Изучение пассажиропотоков Санкт-Петербурга и Москвы, достигающих на ряде станций в часы пик 25 и даже 34 тыс. пасс/ч, позволило их рекомендовать. Это — одно- и двухэтажные кабины вместимостью по 50 или 75 человек на каждом этаже.

Однако для станции «Адмиралтейская», пассажиропоток

которой достигает 17 тыс. пасс/ч, достаточным по пропускной способности типоразмером является одноэтажная кабина вместимостью 50 человек (1 x 50 чел). На рис. 1 показана принципиальная схема двух лифтов, размещающихся в непосредственной близости друг от друга с возможностью обеспечения эвакуации в случае остановки одного из них в стволе: подъемная машина 1 с интегрированным (встроенным внутри органа навивки) синхронным электродвигателем* армированными желобами, фрикционной футеровкой и дисковыми тормозами**; подъемные канаты 2; противовес 3; уравнивающие канаты 4; кабина 5; четыре двери для сквозного прохода 6; дверь для эвакуации 7.

На рис. 2 показано сечение ствола овальной формы с четырьмя независимыми лифтами, обслуживающими один из выходов станции.

Для организации двух входов на станцию «Адмиралтейская» предлагается создать вестибюли: в Кирпичном переулке в доме № 4, где функционирует швейное предприятие, и на улице Гоголя в доме № 6, во дворе которого возможно расположение надшахтного здания с машинными помещениями.

При таком варианте отпадет необходимость переселения людей из жилых зданий.

На рис. 3 представлено боковое расположение двух входов с лестничными переходами из

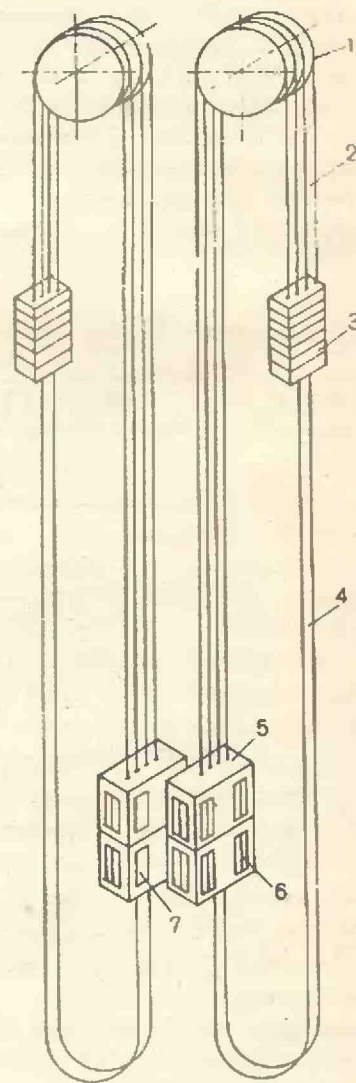


Рис. 1

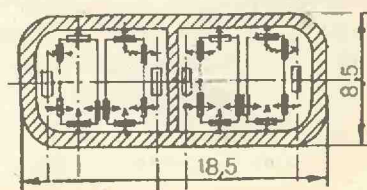


Рис. 2

* А. С. № 1657470 от 03.07.89. «Многоканатный шкив трения» Кабанов В. А., Кобер Э. В., Шмаков В. С., Шурев В. В. БИ № 23, 1991.

** А. С. № В266 от 26.03.64. «Футеровка для канатоведущих шкивов». Кабанов В. А., Смородин С. С., Новожилов П. П. БИ № 4, 1967.

лифтовых аванзалов на платформу. Размещение лифтовых установок в ее пределах исключительно из-за больших пассажиропотоков и значительных габаритов кабин, которые не вписываются в ширину платформы, составляющую 10-12 м.

Для обоснования целесообразности строительства станции «Адмиралтейская» с лифтовыми входами вместо эскалаторных наклонов в таблице приводятся сравнительные технико-экономические данные и расчеты:

базовый вариант: два эскалаторных входа, оборудованные 4-легочными эскалаторами в соответствии с современными требованиями СНиП «Метрополитены». При диаметре 9,9 м, длине 2 x 160 м, удельной стоимости строительства 280 руб/м³ оба входа с переходными коридорами, натяжными камерами и эскалаторами потребуют капитальных вложений около 13 млн. рублей (в ценах 80-х годов);

лифтовой вариант: два входа с восемью лифтами, расположенными в вертикальных оваловидных стволах сечением 8,5 x 18,5 м при удельной стоимости 250 руб/м³, с надшахтными зданиями, вестибюлями, аванзалами, лестничными переходами и ориентировочной стоимостью лифтового оборудования (200



Рис. 3

1 — вестибюль лифтового входа с Кирпичного переулка, д.4; 2 — то же, с ул. Гоголя, д. 6.

тыс.руб. каждый лифт) потребуют капитальных затрат около 8,5 млн.руб.

Расход электроэнергии будет, соответственно 2,4 млн. и 0,42 млн. кВт. ч/год.

С учетом эксплуатационных расходов, приведенные затраты составят 2,6 млн. и 1,5 млн. руб./год, что при реализации второго варианта обеспечит годовой экономический эффект около 1,1 млн. руб.

Затраты на разборку и последующее возведение восьми зданий для вторых эскалаторных входов потребуют дополнительно около 10 млн. руб.

Следует также принять во внимание социальные трудности

и материальные затраты, связанные с переселением большого количества людей.

Выводы:

на пересадочной станции «Адмиралтейская» целесообразно оборудовать оба выхода вертикальными пассажирскими лифтовыми подъемниками, имеющими преимущества как в технико-экономических показателях, так и социальной их значимости;

строительство наклонных эскалаторных тоннелей в плотно застроенной центральной части города при традиционных методах строительства с приме-

Таблица

| Показатели | Ед. изм. | Эскалаторы | Лифты |
|--------------------------------|---------------|--|--|
| Капитальные затраты | | | |
| Стоимость: оборудования | тыс. руб. | 2x80x30,4 = 4864 | 8x200 = 1600 |
| стволов или наклонов | " | $2 \cdot \frac{3,14 \cdot 9,9^2}{4} \cdot 160 \times 280 \cdot 10^{-3} = 6894$ | $2 \times 8,5 \times 18,5 \times 250 \cdot 10^{-3} = 6290$ |
| надшахтного здания и вестибюля | " | — | 300 |
| вестибюля и натяжных камер | " | 4x235 = 940 | — |
| аванзала и коридора | " | $2 \times 300 \times 280 \cdot 10^{-3} = 168$ | $(20 \times 12 \times 3 + 5 \times 10 \times 2,5) \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 211$ |
| Итого: | | 12866 | 8401 |
| эксплуатационные расходы | | | |
| зарплата с начислениями | тыс. руб./год | 140 | 67,4 |
| амортизация (7,17 %) | " | 348,7 | 114 |
| материалы (3 %) | " | 146 | 48 |
| эл. энергия | " | 48 | 8,4 |
| Итого: | тыс. руб./год | 682,7 | 237,8 |
| Приведенные затраты | | $682,7 + 0,15 \times 12866 = 2612,7$ | $237,8 + 0,15 \times 8401 = 1498$ |
| Годовой экономический эффект | | $2612,7 - 1498 = 1114,7$ | |

Устройства для закрепления рельсовых транспортных средств

Б. ЯЦКОВ, М. ШЕВАНДИН, Г. СУЧИЛИН, Г. БУТАКОВ

При строительстве тоннелей метрополитена весьма распространенной причиной возникновения опасных ситуаций является самопроизвольное движение вагонеток и бункер-поездов особенно на уклонах, что может привести к наездам на людей и авариям.

Для повышения эффективности затормаживания и удержания вагонеток разработаны опытные устройства, которые устанавливаются на рельсовом пути.

На рис. 1 изображен тормозной башмак. Его опорная колодка 1 и полоз 2 с одного конца соединены между собой стопорным клиновым замком 14, с другого — фиксирующим болтом 11.

Колодка полая. Между ее вертикальными ребрами жестко закреплена упорная планка 15 под углом 15° к основанию, в котором имеется продольный паз

для тормозного клина 3. Вогнутая поверхность колодки — рабочая — тормозная, она соединяет ребра с упорной планкой и полозом в единую жесткую систему. В ребрах предусмотрены сквозные отверстия 16 для удобства установки башмака на рельс 17, а также соединения с башмаком на смежном рельсе пути.

В полозе имеется продольный паз, соответствующий по размерам пазу в основании колодки. Конец полоза загнут вверх и образует клиновидный упор, в который входит отросток основания опорной колодки. Такое соединение создает надежный клиновый замок, обеспечивающий совмещение продольных пазов и отверстий в основании колодки

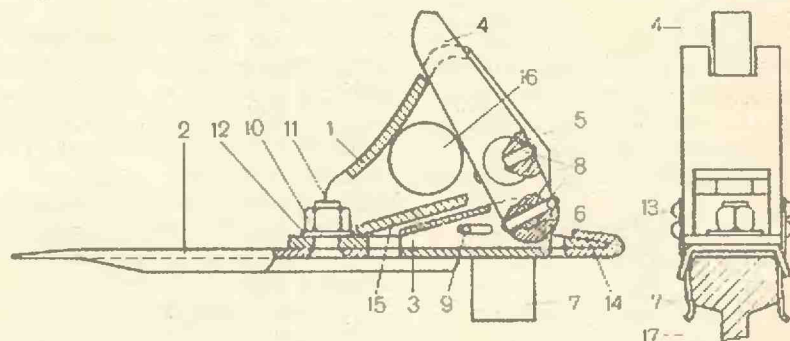


Рис. 1

всем замораживания сопряжено с дополнительными затратами и сложностями по сохранности заданий, попадающих в зону осадок поверхности. Эскалаторы — механизмы дорогостоящие, металло- и энергоемкие, сложные в обслуживании и ремонте;

применение устаревшей технологии организации строительства на станции «Адмиралтейская» может привести к разрушению зданий и связанному с этим переселением большого количества людей, как это имело место на Владимирской, на Сенной площадях и в других районах города. Как правило, огромные строительные площадки загромождаются металлоломом, лесоматериалами, тубингами и различным мусором, что неизбежно приводило к пожарам (на Сенной площади, улице Чкалова и др.);

применение двухэтажной кабины вместимостью по 75 человек на каждом этаже позволит ограничиться проходкой ствола круглого сечения $D = 8,5$ м для каждого входа с размещением в них по два лифта (всего на станции их 4). Экономический эффект возрастет в 1,7 раза (по сравнению с рассмотренным выше);

необходимо разработать новую технологию и организацию возведения станций метрополитена в условиях плотно застроенной центральной части города, основывающуюся на ранее реализованных рациональных решениях с размещением подъемных машин в башенных копрах (в 50 гг. применялось на станциях Василеостровской и Выборгской линий); целесообразно использовать многоканатные подъемные машины в качестве одноканатных (шахта Петров-

ская Глубокая в Донбассе); опускную крепь для стволов некруглого сечения, жидкий азот для замораживания и другое с целью сокращения размеров строительной площадки.

В заключение следует сказать, что объединение «Мослифт» подписало учредительные документы о создании совместного акционерного общества с американской фирмой «ОТИС» — одной из крупнейших компаний по проектированию, производству, монтажу и обслуживанию лифтов. Ее продукция хорошо известна более чем в 160 странах.

В начале следующего года по технологии «ОТИС» начнется выпуск лифтов в Санкт-Петербурге. Завод в городе на Неве, отстроенный на средства американской стороны, будет выпускать 5 тыс. лифтов в год, часть из которых станет поступать и в Москву.

и полоза. Другие их концы жестко фиксируются между собой стопорным болтом 11 с гайкой 10 и шайбой 12.

Тормозной клин по своей конфигурации и размерам соответствует упорной планке колодки и свободно подвешивается к ней через продолговатый паз штифтом 9, неподвижно закрепленным в ребрах колодки. Правый конец тормозного клина соединен осью 6 и рычагом 4, шарнирно закрепленного осью 5 между ребрами колодки. На каждой ее стороне заклепками 13 прикреплены плоские пружины, причем для их размещения в отбортовках полоза имеются боковые вырезы. Оси фиксируются штифтами 8.

Рычаг подвешивается осью 5 внутри колодки и нижним концом соединяется осью 6 с тормозным клином. Все подвижные детали должны свободно перемещаться относительно друг друга, а нижняя рабочая поверхность клина — несколько выступать или быть заподлицо с опорной поверхностью полоза. Верхний конец рычага выступает за пределы вогнутой опорной поверхности колодки для взаимодействия с колесом вагонетки.

При установке башмака на рельс необходимо сверху нажать на колодку, чтобы плоские пружины 7 обхватили головку рельса с двух сторон и зафиксировали башмак в исходном положении.

Колесо вагонетки (диаметром 300 мм), насажая на полоз, прижимает тормозной башмак к рельсу и создает первую ступень торможения. Тормозная сила определяется выражением

$$F_k = Q \cdot \mu.$$

где Q — 1250 кгс — масса, приходящая на колесо вагонетки;

$\mu = 0,2-0,3$ — коэффициент трения скольжения полоза о рельс.

Следовательно:

$$F_k = 1250 \cdot 0,2 = 250 \text{ кгс.}$$

Прокатываясь по полозу, колесо вагонетки упирается в

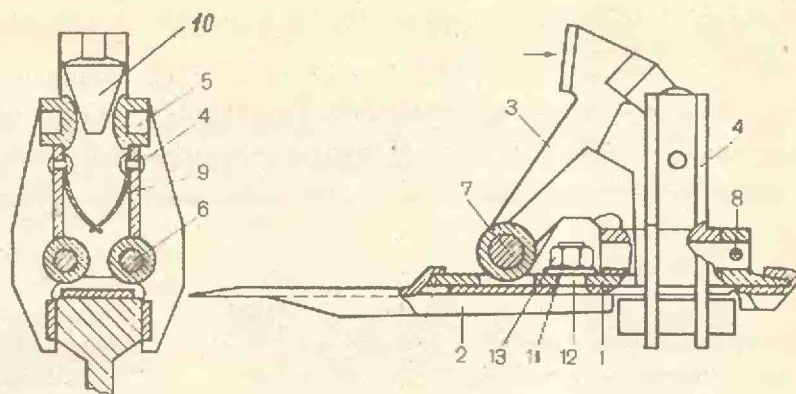


Рис. 2

верхний конец рычага, нажимает на пего и поворачивает вокруг оси 5. При этом нижний его конец, соединенный осью 6 с тормозным клином, перемещается влево. Клин, скользя по рельсу в продольном пазе колодки и полоза, упирается в накладную планку первой и зажимается между головкой рельса и колодкой.

Следует отметить, что тормозной башмак предлагаемой конструкции имеет незначительную массу (2,3 кг) и малые габариты (276 x 55 x 120 мм).

На рис. 2 показан опытный образец рельсового упора-захвата для закрепления отцепленных вагонеток или бункер-поездов.

Базовая деталь упора-захвата — корпус 1, соединенный с полозом 2 в двух местах: замком в виде клина и болтом 12 с гайкой 13 и стопорной шайбой 11.

В опорных бобышках верхней части корпуса, с каждой его стороны, на осях 6 шарнирно закреплены рычаги 4, короткие (нижние) плечи которых охватывают с обеих сторон головку рельса посредством фрикционных накладок. Длинные (верхние) плечи рычагов оснащены сферическими пятнами 5 и плоскими пружинами 9, которые, воздействуя на верхние рычаги, разжимают их в стороны. В результате нижние плечи рычагов с накладками прижимаются к головке рельса. По бокам корпуса (слева от рычагов 4) размещены опорные стойки, между которыми осью 7 шарнирно закреплена педаль 3.

Верхняя часть ее, взаимодействующая с колесом вагонетки, имеет радиус колеса — 300 мм, а нижняя, взаимодействующая с рабочей частью рычагов 4, выполнена в виде двухстороннего клина 10 (угол наклона 15°). Оси 6 и 7 жестко фиксируются штифтами 8.

Полоз 2 выполнен из листовой стали толщиной 4-5 мм с отбортовками с обеих сторон, в которых имеются пазы для размещения нижних частей рычагов.

При наезде колеса на полоз упор-захват прижимается к рельсу. Колесо, прокатываясь по полозу, нажимает на рычаг 3, который поворачиваясь относительно оси 7, опускается вниз. Его клиновидная часть входит между рычагами 4, разжимая их в стороны, в результате чего нижние их концы со значительным усилием зажимают головку рельса, создавая дополнительный тормозной момент.

Торможение при работе упора-захвата осуществляется в две ступени: первая — при трении полоза о головку рельса, вторая — при трении накладок рычагов о боковые поверхности головки рельса. В результате общая тормозная сила на одно колесо существенно увеличивается: для вагонетки типа ВГ массой брутто 5000 кг составляет 490 кгс.

Применение описанных устройств затормаживания и удержания вагонеток будет способствовать повышению безопасности работ по погрузке, разгрузке и транспортировке грунта и материалов.

Новая редакция ВСН 130—92 «Правила производства и приемки работ по герметизации стыков и отверстий сборной тоннельной обделки при закрытом способе строительства»

В. САРАБЕЕВ,
канд. техн. наук

Государственной корпорацией «Трансстрой» утверждены ВСН 130—92 (23.03.91 № МО—68), разработанные взамен ВСН 130—66 и ВСН 149—68 ЦНИИСом при участии СКТБ и ряда Управлений производственной специализированной фирмы «Тонисльметрострой» и согласованные с МПС; они введены в действие с 1 января 1993 г.

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

Основная его направленность — приведение норм в соответствие с современным состоянием отечественного и зарубежного тоннелестроения и достижениями в этой области.

Новые положения, вошедшие в ВСН 130—92:

герметизация болтовых соединений с использованием сэвильеновых шайб;

герметизация тампонажных отверстий с использованием полиэтиленовых пробки;

гидроизоляция стыков блоков способом торкретирования;

герметизация стыков упругими резиновыми прокладками;

тампонаж трещин и сколов в железобетонных блоках толщиной не менее 200 мм в конструкциях, эксплуатирующихся при гидростатическом напоре до 0,35 МПа.

ВСН 130—92 имеет 4 раздела:

общие положения;

правила производства работ по герметизации обделок;

контроль качества и приемка работ;

правила охраны труда и техника безопасности.

К основному тексту дано 13 приложений справочного, обязательного и рекомендательного характера (одно добавили на стадии согласования).

В вводной части указана область распространения документа: «Настоящие Правила устанавливают общие требования к производству и приемке работ по герметизации стыков, болтовых соединений, монтажных отверстий и отверстий для нагнетания сборных чугунной и железобетонной обделок тоннелей метрополитенов и транспортных тоннелей, сооружаемых закрытым способом, при ожидаемом гидростатическом давлении грунтовых вод до 0,5 МПа

для чугунных и до 0,15 МПа для железобетонных обделок».

Ожидается (расчетное) гидростатическое давление грунтовых вод для железобетонных обделок по предложению. Метрогипротранса поднято с 0,1 МПа (в 1-ой редакции) до 0,15 МПа с тем, чтобы это соответствовало требованию вновь разрабатываемого СНиП 2.05.04 «Метрополитены. Нормы проектирования». Следовательно строители должны обеспечить резкое повышение качества работ по герметизации.

В разделе «Общие положения» определены: цель герметизации, источники, на которых Правила базируются или каким нормативным документам они отвечают, для кого предназначены, где они должны учитываться; требования, предъявляемые к персоналу, выполняющему работы, изделиям и материалам, оборудованию, механизмам, инвентарю, инструментам и приспособлениям, используемым при герметизации, а также вопросы охраны труда и техники безопасности.

Раздел «Правила производства работ по герметизации обделок» имеет два подраздела: герметизация обделок из чугунных тюбингов и обделок из железобетонных блоков.

Первый включает следующие подразделы.

Герметизация болтовых соединений. Для этих целей, наряду с традиционно используемыми комплектами асбобитумных и металлических шайб предлагаются комплекты сэвильеновых и металлических шайб как для замены монтажных болтов на постоянные болтовые соединения, так и их использование непосредственно при монтаже обделок перегонных тоннелей и притоннельных сооружений.

Герметизация болтовых соединений сэвильеновыми и асбобитумными шайбами равноценна, но у первых ниже себестоимость, трудоемкость изготовления и, кроме того, они имеют ряд преимуществ в отношении экологии и производства работ. Сэвильеновые шайбы широко внедрены на Мосметрострое, Ленметрострое.

Герметизация тампонажных отверстий. Наряду с традиционно используемыми чугунными предложены и полимерные (полиэтиленовые) пробки, которые прошли испытания на Мосметрострое. В отличие от сэвильеновых шайб они по мере приобретения навыков работы должны найти широкое применение.

Герметизация стыков тюбингов. Из числа традиционно используемых материалов — БУС,

БРЦ, свинцовой проволоки — в окончательной редакции изъят ГГРЦ — гипсоглиноземистый расширяющийся цемент из-за нестабильности свойств: повышенное расширение цементного камня в затвердевшем состоянии при попадании воды, приводящее к сколу обделки в зоне чаканочных канавок и разгерметизации конструкций. Это подтверждено лабораториями качества СМР при Киевской и Днепропетровской дирекциях строящихся метрополитенов в результате многолетних проверок в различных городах. Днепропетровская ДСМ предлагает также изъять из числа герметизирующих материалов БУС: он нетехнологичен и экологически вреден. В его состав, наряду с другими компонентами, входят ГГРЦ и асбест хризотилевый, обладающий канцерогенными свойствами, способствующими возникновению легочных заболеваний. Однако это предложение принято не было, так как БУС в настоящее время ничем заменить.

Заделка трещин в чугунных тубингах. По предложению ряда организаций во 2-ой редакции документа из материалов, используемых для заделки фильтрующих воду трещин изъята дрязга, как нетехнологичная и экологически вредная. Равноценной замены ей в настоящее время нет. Поэтому в окончательную редакцию дрязга вошла вновь, в том числе, по просьбе ряда организаций МПС.

В подразделе «Герметизация сборных железобетонных обделок» новым является «Гидроизоляция стыков блоков способом торкретирования». Этот метод с использованием безусадочных растворов, разработанный Минской лабораторией ЦНИИСа, успешно применен в Минскметрострое, Ленметрострое, Протонинельстрое, в ряде других организаций и является весьма перспективным.

Новые подразделы — «Герметизация стыков упругими резиновыми прокладками» и «Тампонаж трещин и сколов в блоках». Разработаны они ЦНИИСом и Мосметростроем применительно к обделкам типа «Вайсс унд Фрайтаг», эксплуатирующимся при повышенном гидростатическом давлении до 0,35 МПа. В этом случае сразу получаем водонепроницаемую обделку, а вредное производство выносится за пределы подземного пространства.

Раздел «Контроль качества и приемка работ» посвящен обеспечению необходимого качества, для чего работы по герметизации должны подвергаться всем видам производственного контроля — входному, операционному, приемочному и инспекционному.

В этом разделе в первой редакции документа предусматривалось 8 форм журналов производства работ по герметизации, что соответствовало числу их разновидностей. Днепропетровской

ДСМ предложено уменьшить их число, что выполнено ЦНИИСом. В окончательной редакции форма журнала одна. Вероятно ее нужно будет внести в разрабатываемые в настоящее время СНиП 2.05.05 (ч. 2) и упомянутый СНиП 2.05.04, объединяющие нормы проектирования, правила производства и приемки работ (часть 3) при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов соответственно. В эти же СНиПы должны войти и другие положения, отсутствовавшие в его первой редакции и имеющиеся в ВСН 130—92.

В раздел «Правила охраны труда и техники безопасности» включены новые требования, в частности, при работе с гидроизоляционным агрегатом СМБ-020 и установкой «Гидротон».

Следует отметить, что с переходом на хозяйственный расчет изменился подход к составлению нормативных документов. Раньше результаты, полученные той или иной организацией и включенные в нормативный документ, доводились до сведения других бесплатно. Теперь же любое достижение — техническое, научное — является собственностью этой организации, коммерческой тайной, товаром, которые другая, заинтересованная в его использовании, должна купить. Так обстоит дело с герметизацией стыков упругими резиновыми прокладками типа фирменных «Вайсс унд Фрайтаг» и методом тампонажа трещин и сколов этой же фирмы. Поэтому, хотя в ЦНИИСе и Мосметрострое и проводились определенные исследования, ни ссылки на отчеты, ни подробного описания технологии герметизации и тампонажа здесь не приводится. Заинтересованные организации могут обратиться в Мосметрострой и ЦНИИС, — собственникам разработок, ссылки на которые указаны в нормах.

Расчеты показывают, что ожидаемый технико-экономический эффект при герметизации 1 млн. м стыков (около 25 км перегонного тоннеля) способом торкретирования, использовании 1 млн. сэвиленовых шайб и такого же количества тампонажных полиэтиленовых пробок составит 1,7 млн. руб. (в ценах 1984 г.); 1 млн. полиэтиленовых пробок экономит трудозатрат — 11080 чел.-дн., заработной платы — 81290 руб. и чугунных пробок — 425 т.

Ведомственные строительные нормы (ВСН) к исполнению обязательны, поэтому заказчик Дирекции строящегося метрополитена, генподрядчик и субподрядчики должны иметь достаточное количество экземпляров нормативного документа с тем, чтобы довести его до каждого линейного исполнителя.

ВСН можно заказать в Государственной корпорации «Транстрой».

Обеспечение сейсмобезопасности эксплуатируемых тоннелей при ведении вблизи них взрывных работ

И. ДОРМАН, С. КУРНАВИН

При строительстве тоннелей вблизи действующих подземных сооружений и, особенно, при малых зазорах между ними, использование буровзрывного способа работ (БВР) ограничивается из-за отсутствия критерия безопасности, регламентирующего нормальную эксплуатацию существующих конструкций.

Известно, что Едиными правилами безопасности при взрывных работах* установлена масса ВВ, при взрывании которой обеспечивается сейсмобезопасность наземных сооружений. Однако, критерий безопасности взрывных работ, основанный на принципах строительной механики и анализе волнового процесса, происходящего в грунтовом массиве, в указанной инструкции отсутствует, что, по-видимому, отражает экспериментальный характер выводов, положенных, в свое время, в ее основу.

В проекте «Технических указаний по проектированию и производству взрывных работ при строительстве тоннелей и метрополитенов», подготовленном в настоящее время ЦНИИСом, определено, что в случае производства БВР в непосредственной близости от действующих, проблема сейсмобезопасности должна решаться на основе специальных исследований, включающих инструментальную оценку допустимой и предельной скорости колебаний грунта в конкретных условиях строительства. То есть, устанавливается конкретный обобщающий критерий динамического воздействия — скорость колебаний грунта вблизи сооружения. Однако указания и методика оценки воздействия взрывной волны на тоннельные конструкции отсутствуют. Вместе с тем необходимо отметить, что непосредственная оценка ее влияния на сооружение и расчет напряженно-деформированного состояния обделки представляет собой достаточно сложную инженерную задачу, решение которой сдерживается из-за недостаточной проработки как экспериментально-теоретических, так и чисто практических вопросов.

Например, практические рекомендации по проведению БВР вблизи действующих линий метрополитенов** регламентируют лишь проведение специальных работ, согласованных с

горно-технической инспекцией и включающих различные технические приемы взрывания и организационные мероприятия, способствующие уменьшению динамического воздействия на конструкции без учета местоположения защищаемого объекта и геотехнических условий в месте строительства.

Но и определение критерия динамического воздействия на тоннельное сооружение в виде скорости колебаний, по-видимому, также нельзя считать достаточно обоснованным, так как в любом быстромеменяющемся динамическом процессе основное влияние имеет спектр колебаний, от которого существенно зависит энергия падающей на обделку волны и время ее проявления.

Кроме того, фактическое состояние тоннельных конструкций, находящихся в длительной эксплуатации, в большинстве случаев, не соответствует проектным характеристикам как по геометрии, так и по прочности, что требует в каждом конкретном случае оценки критерия неразрушимости применительно к реальному объекту.

Таким образом, нет метода проходки новых тоннелей с использованием БВР вблизи существующих, гарантирующего нормальную эксплуатацию последних.

Авторами статьи для оценки безопасности взрывных работ предлагается критерий, в основу которого положен максимально допустимый линейный уровень колебаний конкретного подземного объекта L в условиях неопределенной информации о его состоянии.

Подобный критерий применяется в нормировании виброакустических процессов, например, для оценки допустимых вибраций, передающихся от тоннелей метрополитенов на близрасположенные жилые здания.

Преимущество его по сравнению* с критерием, заложенным в проекте нормативного документа ЦНИИСа, заключается в возможности учета не только максимальных кинематических параметров колебаний строительных конструкций, но и энергии колебаний, времени воздействия взрывного импульса, возможных замедлений при взрывании отдельных групп зарядов; и, кроме того, методика практического расчета параметра для тоннельных обделок, находящихся в зоне взрывных работ, относительно простая:

* Единые правила безопасности при взрывных работах. Изд. 2-е. М., «Недра», 1976.

** Эстеров Я., Бродов Е., Иванаев М. Буровзрывные работы на транспортном строительстве. М., «Транспорт», 1974.

$$L = \left(\frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} A^2(\omega) d\omega \right)^{1/2},$$

где $A(\omega)$ — модуль спектральной функции виброускорений (или вибросмещений, или виброскоростей) конструкции.

Оценка допустимого параметра L для конкретных подземных сооружений может быть выполнена путем взрывания пробных зарядов, в том числе и на поверхности грунта, а также измерением уровня колебаний конструкции от других динамических источников, например, от подвижного состава или по аналогии с известными случаями расчетов.

При проектировании тоннелей, сооружаемых буровзрывным способом, параметр L для находящегося вблизи забоя действующего тоннеля может быть вычислен, например, с помощью методов динамики сплошной среды.

Рассмотрим один из возможных подходов к построению расчетной схемы.

Исходное положение — вязкоупругая модель распространения волн в грунтовом массиве, источником которых служит давление на искоторой условной полости, так называемой упругой зоне, возникающей вблизи заряда, где динамические напряжения уже не вызывают остаточных деформаций.

Такое условие представляется корректным, а учет сил неупругого сопротивления отражает естественные свойства грунтовой среды, которые при взрывном воздействии могут иметь достаточно высокую степень проявления: они, например, влияют на дисперсию волн, наблюдаемую при взрывах.

Следует заметить, что радиус упругой зоны зависит лишь от радиуса заряда; другие факторы, такие, как физические характеристики грунта и тип взрывчатого вещества, имеют второстепенное значение.

Влияние полости существующего тоннеля на его деформированное состояние учитывается обобщенным коэффициентом. Он отражает увеличение перемещений на подкрепленной обделкой полости при подходе к тоннелю волн напряжений, в случае, если деформации обделки и контура выработки происходят совместно. Этот коэффициент, согласно известным решениям задач дифракции плоских волн на подкрепленных и неподкрепленных полостях в горных массивах и задач об отражении волн от свободной поверхности для различных грунтовых условий, может с запасом быть принят равным двум.

Для корректного решения задачи необходимо также ввести и допущение, обуславливающее относительно малое влияние дневной поверхности грунта на деформированное состояние обделки действующего тоннеля.

Смысл этого сводится к следующему. На припортовых участках, т. е. на мелком заложении, влияние дневной поверхности грунта устанавливается вводом обобщенного ко-

эффициента, определенного на основании предыдущего допущения, и потому оно несущественно. На участках глубокого заложения влияние дневной поверхности можно считать также несущественным, но уже по причине значительного геометрического и вязкого рассеивания волн, излучаемых зарядами. При этом, расстояние, на котором оно происходит, удваивается за счет дополнительного пути, проходящего отраженной волной от свободной поверхности горного массива.

Таким образом, задача о воздействии взрыва на сооружения в горном массиве сводится к задаче о распространении волн напряжений от сферического источника в безграничной вязкоупругой среде. Ее решение основывается на методах динамики сплошной среды.

Вид функции давления на границе упругой зоны можно принять, исходя из рекомендаций*

$$P(t) = Bte^{-t/t_0}, \quad t \geq 0,$$

где t — время;

B — постоянная, зависящая от физических свойств грунта;

t_0 — время, за которое давление на границе упругой зоны достигает максимального значения.

Не акцентируя в данной статье внимание на конкретной методике расчета, укажем, что такой подход использовали для разработки безопасного паспорта БВР при проектировании однопутного железнодорожного тоннеля на вторых путях участка Самбор—Сянки Львовской железной дороги, расположенного (в осях) на расстоянии 22 м от обделки действующего тоннеля.

Для определения параметра L применили экспериментальный виброакустический метод. Измерения, проведенные с помощью аппаратуры фирмы «Роботрон», позволили выявить максимальный линейный уровень колебаний (виброускорений) обделки при прохождении тяжелых локомотивов. Для горизонтального направления колебаний он составил 2,5 м/с² и был принят в качестве допустимого.

Исходя из расстояния между тоннелями и данных инженерно-геологических изысканий, определили безопасную величину заряда взрывания и паспорт БВР для заданной длины заходки, включающей все необходимые параметры, в том числе, количество групп зарядов и замедления взрываний между ними.

Полагаем, что после экспериментальной проверки к решению проблемы и уточнения методики расчета целесообразно дополнить нормативный документ, разработанный ЦНИИСом, разделом по оценке сейсмобезопасности буровзрывных работ.

* Баркан Д. Сейсмозрывные волны и действие их на сооружение. М., Л., «Стройиздат», 1945.



Заведующему лабораторий тоннельных конструкций ЦНИИСа, лауреату Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР, одному из ведущих специалистов-исследователей метростроения в области подземных конструкций ОЛЕГУ ЮРЬЕВИЧУ АНТОПОВУ исполнилось 60 лет.

Редакция попросила юбиляра рассказать о том, что послужило причиной выбора профессии тоннелестроителя, а затем исследователя подземных конструкций и наиболее интересных реализованных и перспективных работах.

Конструктор

Желание стать инженером, конструктором или строителем — у меня со школьной скамьи. В 1951 г. поступил на факультет «Мосты и тоннели» МИИТа. В том, что подземные сооружения, особенно станции метро — искусство не менее замечательное, убедился в институте. Это подтвердилось и при работе проектировщиком в Метрогипротрансе, куда попал по распределению после окончания института.

Метрогипротранс — это отличная школа становления инженера-тоннельщика. Там деловой творческий коллектив, высококлассные специалисты, в том числе корифеи, создавшие проекты первых линий. Работа — напряженная, но необходимая. Там и сейчас у руля мои товарищи-сокурсники: С.И. Сеславинский, В.В. Котов, П.И. Топильский. Следствием четырехлетней работы в Метрогипротрансе явилось то, что по сути я остался проектировщиком и после окончания аспирантуры, защиты диссертации и многолетней исследовательской деятельности в отделении «Тоннели и метрополитены» ЦНИИСа.

Выбор профессии метростроителя определился осознанием крайней необходимости метро для Москвы и других наших городов. Исходя из зарубежного опыта, можно увидеть, что если город начал прокладку метрополитена, то он ее практически не прекращает, например, Лондонское метро, где первая линия пущена 130 лет назад, или классический Парижский метрополитен, плот-

ность линий которого почти на порядок выше Московского. Тем не менее, там строят как выносные участки, так и экспрессные линии.

Задача соорудить как можно больше, быстрее и экономичнее новые линии и развивать действующие для нашего, знаменитого, главным образом, своей огромной провозной способностью и пассажиронапряженностью метро, в специальном обосновании не нуждается. Это экологически наиболее чистый, безопасный, высокопроизводительный вид городского транспорта, который может и, по моему убеждению, должен со временем заменить все остальные его виды, сделать город, у которого он и сейчас практически не занимает территории, свободным, чистым и зеленым для нормальной жизнедеятельности людей.

Теперь о конструкциях. В структуре затрат на строитель-

ство основных сооружений метро более половины составляют расходы на возведение несущих подземных конструкций. В качестве примера на рис. 1 приводятся затраты (в процентах) на возведение одноводчатой станции глубокого заложения с чугунной обделкой несущего свода (при железобетонной обделке они на 17 % ниже). Нетрудно заметить, что в десятке показанных основных видов работ конструкция — наиболее эффективная цель для совершенствования: экономия ресурсов, снижение стоимости и сокращение, в конечном счете, сроков строительства линии метро, так как станция является наиболее сложным и трудоемким объектом. Поэтому подземные конструкции — моя узкая специализация, основной предмет исследований, направленных на разработку новых и совершенствование существующих обделок перегонных тоннелей и станций.

Создание конструкции — начало и итог работы инженера: ее замысел, т. е. разработка про-

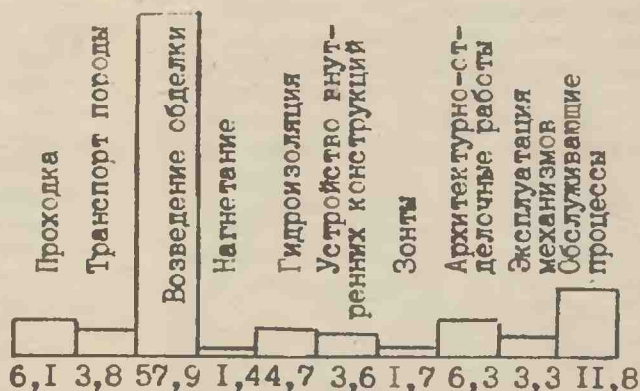


Рис. 1

скта и воплощенные в камне, металле и бетоне. Строители приходят и уходят, а она остается, как свидетель уровня наших знаний, таланта или бездарности своих непосредственных создателей. Опыт показывает, что нет такой конструкции, которую нельзя было бы улучшить, можно найти и наиболее целесообразное решение, но окончательное — никогда.

Разумеется, стремиться к идеальному решению необходимо, пытаюсь совместить его всеми средствами с оптимальным. Показателем высокого уровня проекта, помимо наивысшего коэффициента использования несущей способности материала и подземного пространства, для меня всегда является красота конструкции, которая в формулировке ученого и писателя И. Ефремова звучит как «воспринимаемая инстинктивно целесообразность строения, приспособленная к определенной назначению».

О реализации своих профессиональных замыслов не могу судить однозначно. Если иметь в виду ряд реализованных работ и отмеченных высшими союзными премиями, в частности, конструкции односводчатых станций нового типа и специальной, обжатой в грунт, обделки перегонов четвертого участка Кировско-Выборгской линии Ленинградского метро; полносборную односводчатую станцию мелкого заложения и сочлененную цельносекционную обделку второй линии Харьковского метро; однопролетную конструкцию со сборным сводом «на стенах в грунте» Минского метрополитена, для проектирования которых мне довелось разрабатывать технические задания, а затем осуществлять научное сопровождение строительства, или широкое внедрение на отечественных метрополитенах обжатых в грунт обделок перегонов из элементов неспециальной конструкции, то, по-видимому, положение выглядит вполне благополучным. В то же время внедрения многих высокоэффективных разработок можно и не дожидаться, особенно в том

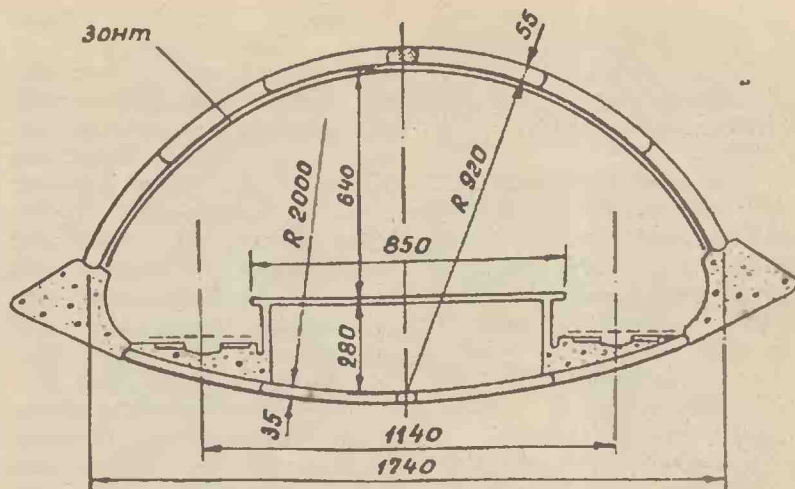


Рис. 2

случае, если сохранится положение, при котором строители заинтересованы в возведении как можно более материалоемких и дорогостоящих конструкций, т. е. вынуждены руководствоваться принципом: чем больше добра закопаем в землю, тем больше заработаем.

За три десятилетия исследовательской деятельности в ЦНИИСе мне практически не приходилось заниматься бесперспективными конструкциями, поскольку любая разработка в исходном положении должна иметь элементарное технико-экономическое обоснование.

Прежде всего, хочется отметить односводчатую станцию глубокого заложения с мно-

гошарнирным, обжатом в грунт из шельги сборным железобетонным несущим сводом на бетонных трапециевидных опорах с наклонной опорной плоскостью (рис. 2), разработка 1961 года*.

Аналогичная конструкция запроектирована и возведена на Парижском метрополитене в 1963—1964 гг. (до этого все конструкции возводились монолитными по традиционной технологии).

На Ленинградском метрополитене в 1973—1975 гг. сооружены станции «Площадь

* См. Журналы «Метрострой», 1962, № 1; «Транспортное строительство», 1962, № 9.

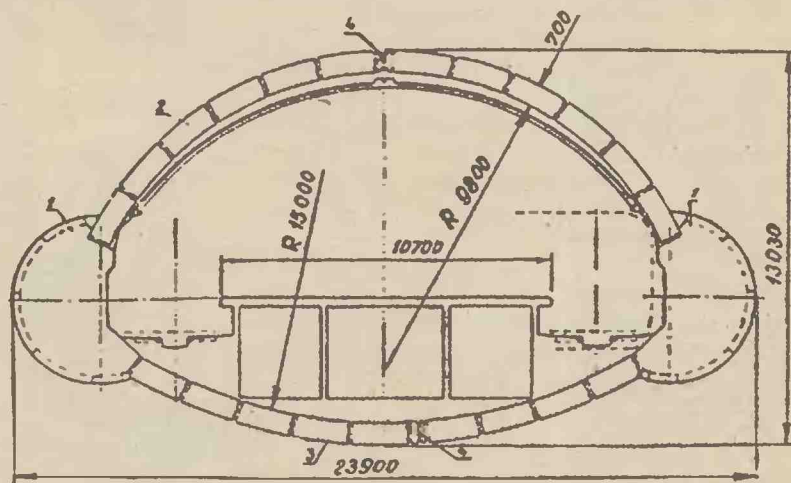


Рис. 3:

1—опорные тоннели; 2—верхний свод; 3—обратный свод; 4—распорный элемент.

Мужества» и «Политехническая», отличающиеся от исходной круговыми опорами, которые впоследствии получили здесь широкое распространение (рис. 3).

Основанием для создания такой конструкции послужили результаты исследований (теоретических и на простых моделях) статике многосферных сводов. Впоследствии в ее разработке и внедрении участвовал большой коллектив инженеров: Ю. Айвазов (новый метод расчета станции КАДИ—ЦНИИС), С. Сильвестров (конструирование, организация натурных исследований), Г. Скобенников (проектирование, исследования работы стыков), Ю. Лиманов (моделирование), Н. Кулагин (исследования горного давления), Ю. Соловьев (организация строительства).

Дальнейшее развитие односводчатой схемы — конструкция без опорных стен с обделкой коробового очертания (рис. 4). Статическая работа ее существенно отличается от предыдущих; общим является только интерьер станции. Предназначена она для устойчивых пород и к настоящему моменту прошла достаточно основательную теоретическую проверку и испытания на моделях в ЦНИИСе и ЛИИЖТе. Объем выработки и расход материалов в этой конструкции наименьший, однако

технология сооружения более сложна. Конкуренцию ей может составить станция на штольневых опорах, разрабатываемая для московских инженерно-геологических условий. Коробовая обделка в монолитном варианте (при новоавстрийской технологии строительства) наиболее перспективна для объединенной пересадочной двухэтажной станции, которая предлагается нами для одного из узлов Екатеринбургского метро (рис. 5).

Наибольшее внимание уделяется односводчатой станции потому, что эта конструкция более индустриальна и экономична по сравнению с трехсводчатыми. Из последних более перспективна колонная, есть разработки для обводненных грунтов без применения чугуна и конструктивной прокатной стали. Стоимость такой конструкции в 1,5—2 раза меньше по сравнению с неклассическими московскими колонными станциями.

Мною было предложено размещать все пристанционные сооружения под сводом, продолженным за платформенную часть станции*, что дает возможность свести процесс возведения подземных конструкций к проходке персгонов и монтажу сводов

Метрострой, 1969, № 3.

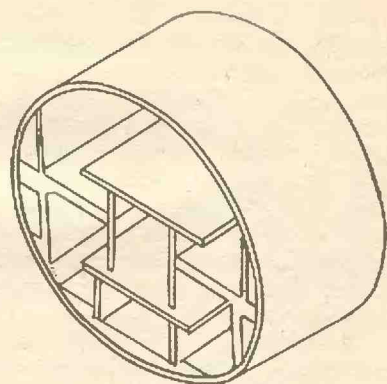


Рис. 5

станционных узлов. Данное предложение реализовано Г. Оганесовым в проекте станции «Хамза» Ташкентского метрополитена. Впоследствии оно нашло широкое применение в Ленинграде. Существенно сократить протяженность станционного узла позволяет вертикальная планировка подсводного пространства. На рис. 6а представлено поперечное сечение станции глубокого заложения, где в платформенной части расположены пристанционные помещения. При мелком заложении такая проектная проработка по техническому заданию ЦНИИС (рис. 6, б) была выполнена минчанами (Н. Кюдаков, П. Юркевич, Г. Мрочск); при этом длина станционного узла уменьшается с 320 до 204 м.

Конструктивно-планировочные решения с однопролетными станциями наиболее эффективны при сооружении пересадочных узлов на действующих линиях. На рис. 7 приведен предлагаемый нами в 1969 г. вариант пересадочного узла на Пушкинской площади, который позволял исключить один наклонный ход, 24 внутренних эскалатора, обеспечивая наиболее удобную пересадку, сокращение сроков строительства не менее, чем на три года, давая экономию 10—15 тыс. т чугуна. Решение может оказаться полезным также при рассмотрении конструкции вновь строящихся узлов, например, на Площади Победы в Москве.

Совершенствование сборных колонных станций мелкого заложения

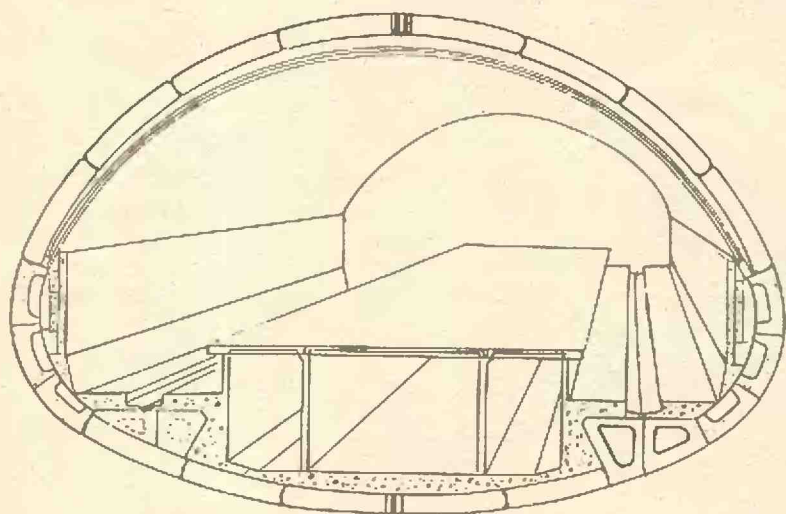


Рис. 4

жения осуществлялось по пути укрупнения их элементов. Так, вместе с Я. Гельманом и И. Дорманом принимал участие в разработке сейсмостойкой колонной конструкции для Ташкентского метрополитена (рис. 8, а); сейчас там сооружены три таких станции. В развитие этой схемы разрабатывается секционно-рамная конструкция (рис. 8, б), в которой элементы колонно-прогонного пояса встроены в секции. Таким образом, кроме стандартного элемента перекрытия среднего нефа, она собирается из трех типов рам-секций одного размера, что позволит значительно ускорить строительство.

Конструкция однопролетной станции со сборным распорным сводом на «стенах в грунте» при полузакрытом способе (рис. 9), предложенная более чем полтора десятилетия назад (Айвазов, Антонов, Лысяк, а.с.781266, 1976 г.), с моей точки зрения, остается перспективной и сейчас. Уже используются аналогичные решения с монолитным и сборным бесшарнирным сводом в Минске, с монолитным сводом — в Москве, правда, в обоих случаях при полностью раскрываемом котловане. Но в Москве сооружают станцию на «стенах в грунте» с плоским балочным

перекрытием полузакрытым способом, преимущества которого заключаются в исключении устройства традиционного котлована, сокращении сроков и минимальном участке вскрытия поверхности, отсутствии подвижек грунта. По-видимому, только этот способ может конкурировать с наиболее перспективным — закрытым мелкого

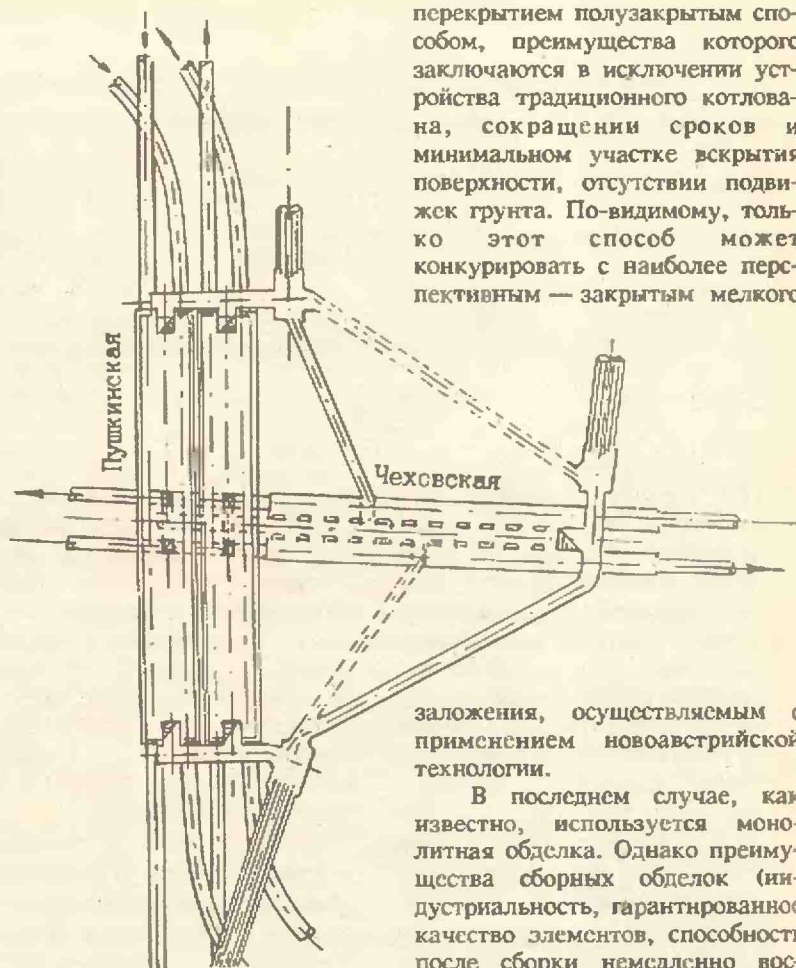


Рис. 7

заложения, осуществляемым с применением новоавстрийской технологии.

В последнем случае, как известно, используется монолитная обделка. Однако преимущества сборных обделок (индустриальность, гарантированное качество элементов, способность после сборки немедленно воспринимать нагрузки, возможность управлять последними путем обжатия обделки в грунт с усилиями, соизмеримыми с весом налегающей толщи), а также налаженная заводская технология выпуска и необходимые производственные мощности, оборудование для монтажа дают основание считать их перспективными. Кроме того, имеется возможность создания комбинированных систем, где сборные обделки включали бы элементы новоавстрийской технологии.

Так, в 1969 г. в одной из первых работ по обоснованию эффективности односводчатых станций* вариант коробовой

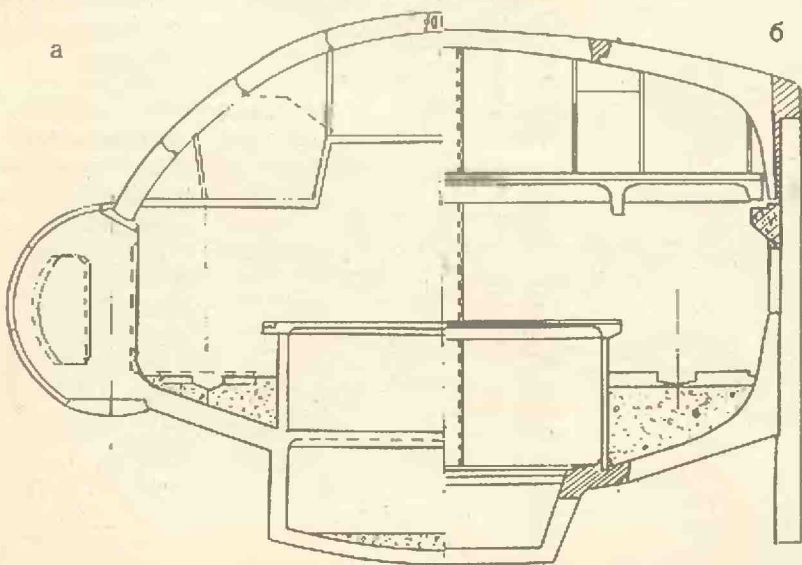


Рис. 6

*Теоретические и экспериментальные исследования односводчатой станции метрополитена глубокого заложения в кембрийской глине», ТМ—01—69/7а, ЦНИИС, М., 1969, стр. 95.

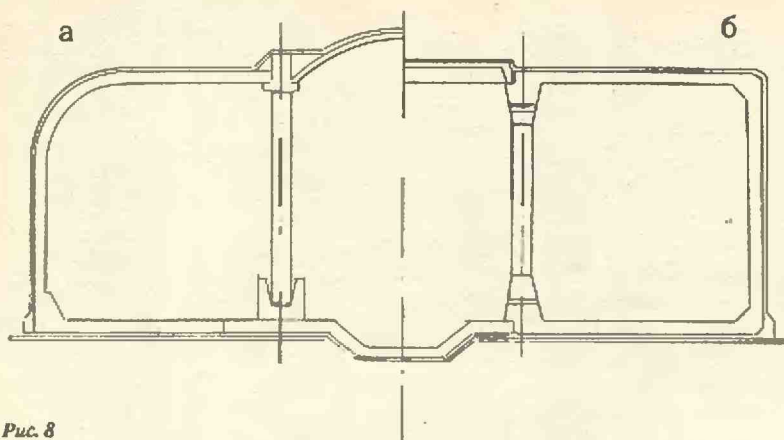


Рис. 8

конструкции предлагался мною для закрытого способа мелкого заложения: после проходки перегонных пилот-тоннелей (с обжатой обделкой и усиленными в боковых частях элементами) из них или с поверхности проводится искусственно закрепление грунта надсводной зоны, под защитой которой разрабатывается калоттная прорезь и собирается несущий свод. Был также вариант со вскрытием поверхности до контура свода, монтаж последнего (или бетонирование на земляных кружалах) с опиранием на опорные

элементы пилот-тоннелей, последующей засыпкой, разработкой грунта подсводной зоны, возведением обратного свода и внутренних конструкций. Подобные конструктивно-технологические решения просматриваются в настоящее время в перспективных разработках односводчатых и колонных станциях мелкого заложения (Н. Кулагин, Ю. Фролов).

В числе работ по совершенствованию обделок перегонных тоннелей можно упомянуть разработку и обоснование обжатых в грунт конструкций,

собираемых из элементов стандартных обделок (что обеспечило возможность их широкого применения), сочлененные цельноносекционные, специальная обделка высокой несущей способности, облегченные чугунные, со стальным экраном, конструкции из нетрадиционных материалов (грунтосиликат, кремнебетон, фибробетон, шлакокаменное литье, комбинированные конструкции). Первые два вида уже применяются, возведен опытный участок с облегченной чугунной обделкой, составлен рабочий проект и внедрена Б. Володиным на тоннеле Арпа—Севан обделка высокой несущей способности. Перспективна и значительная часть других разработок в случае возможности завершения исследований.

В заключение хочу поблагодарить редакцию за предоставленную возможность рассказать на страницах журнала о разработках. Некоторые из них возможно вызовут интерес у молодых коллег-метростроителей, а может быть станут исходными позициями к творчеству. Разумеется, то полезное, что удалось сделать, лишь в небольшой степени считаю своей заслугой, ибо вместе со мной работали мои товарищи и коллеги: блестящий теоретик Ю. Айвазов, талантливый инженер, исследователь и организатор С. Сильвестров, теоретик и технолог В. Котляревский. Неоценима помощь и участие во многих работах прекрасного инженера и руководителя Ю.А. Кошелева, поддержка и внимание С.Н. Власова, моих сотрудников — В. Виноградова, Л. Шустровой, Ю. Виноградова, Н. Крылова, Х. Сафина, Н. Мельниченко, В. Потапова, соавторов последних работ стратегического плана (экспертизы конструкций и технологии строительства) — В. Мсркина, И. Дормана, В. Чеботасва, В. Гарбера, В. Митракова, Е. Губенкова.

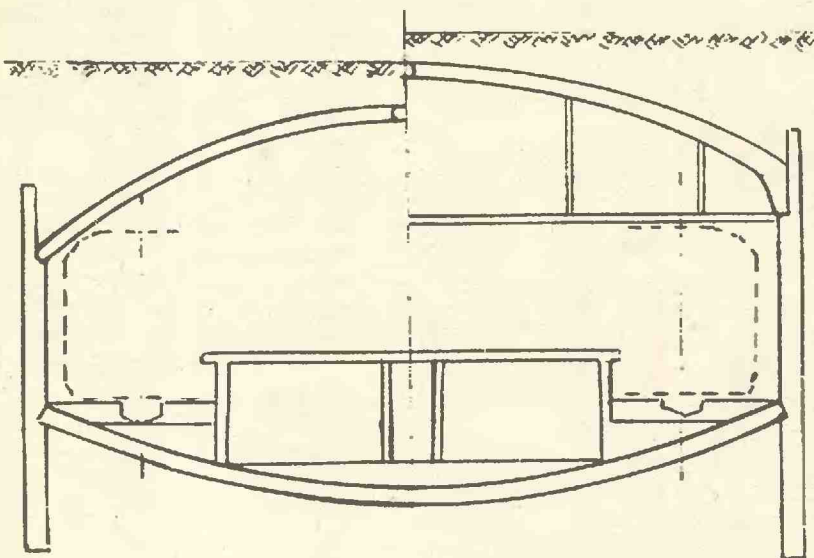


Рис. 9

Методы бестраншейной прокладки трубопроводов

Тоннельной ассоциацией и НТЦ Мосинжстроя был организован научно-технический семинар на тему «Бестраншейная прокладка стальных, железобетонных и пластмассовых трубопроводов диаметров от 70 до 2000 мм способами горизонтального бурения, прокола и продавливания».

Метод бестраншейной прокладки подземных коммуникаций, в том числе трубопроводов различного назначения, являющихся важной составной частью систем жизнеобеспечения городов и топливно-энергетических линий, имеет значительные преимущества перед традиционным открытым способом: сохраняется целостность грунтового массива, а также дорожного покрытия, зеленых насаждений, зданий и сооружений, расположенных над трубопроводом. До 90 % сокращается объем разрабатываемого и удаляемого грунта. Практически не создается препятствий и помех проходу людей и движению транспорта, а также нормальной работе предприятий.

Состав и уровень требований к бестраншейной прокладке, в том числе экологических, постоянно растут. В связи с этим в ряде зарубежных стран приняты законы, полностью запрещающие разрытие земли в городах и на дорогах. В международном плане поставлена и реализуется задача сооружения и ремонта разветвленных инженерных сетей только закрытым способом, что подкреплено выпуском известными зарубежными фирмами достаточного количества современного проходческого оборудования и функционированием Международного общества по бестраншейным технологиям.

На сегодняшний день годовая потребность в бестраншейной прокладке новых трубопроводов, учитывая имеющуюся низкую степень канализации населенных регионов России, должна составлять не менее 2—3 тыс. км. В действительности, по имеющимся весьма неполным данным в 1991 г. он составил всего около 30 км, причем в последние годы эта цифра уменьшилась почти вдвое. Причинами такого парадоксального явления стали: снижение объемов строительства и его финансирования, отсутствие законоположений, ограничивающих, а тем более запрещающих производство разрытий, отсутствие выпуска эффективного и надежного оборудования для бестраншейной прокладки трубопроводов различных диаметров в различных гидрогеологических условиях (серийный выпуск обеспечен только по пневмопробойникам), отсутствие экономической заинтересованности в повышении производительности труда и снижении себестоимости работ и резко увеличении расценок

и стоимости материалов, в первую очередь, стальных труб.

Нет достоверных данных о действительной потребности городов России в бестраншейных прокладках. Нарушена система инвестирования новых разработок и фактически прекратились координация работ и гласное обсуждение проблем в области создания новых более эффективных технологий, а также соответствующего проходческого оборудования.

Такое важное обсуждение, впервые за последние годы, осуществлено на семинаре, собравшем представителей 38 организаций, фирм и кооперативов.

На семинаре было заслушано 17 докладов, в которых освещался опыт конструирования, изготовления и практического применения оборудования для механизированной прокладки труб способами бурения, а также прокола и продавливания, в том числе с использованием вибро- и гидроударной техники. Рассмотрены были также опыт создания и применения систем контроля направления и управления движением прокладываемых трубопроводов, а также вопросы изготовления высокоточных железобетонных труб для использования при бестраншейной прокладке способом продавливания.

Отмечалось, что одним из важнейших направлений повышения эффективности бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций является создание установок с использованием принципов динамического воздействия на прокладываемую трубу. При этом динамическое (вибрационное, ударное, виброударное) воздействие может сочетаться с традиционным статическим (статико-динамические установки).

ИГД СО АН совместно с ТСО Новосибирскстроя, СПКБ Минуралсибстроя был создан и в АКО «Полет» (Омск) изготовлен комплект оборудования для забивки металлических труб $d=530-820$ мм. Движение трубы осуществляется под действием ударных нагрузок, в результате чего в ней не образуются грунтовые пробки. Выемка грунта из трубы осуществляется специальным заборным устройством с капсулами.

НТЦ «Магистраль» ведет работы по созданию и внедрению машин и оборудования, основанных на методах вращательного бурения и виброударной техники.

К настоящему времени ЦНИИОМТИ обобщен опыт по созданию и использованию оборудования для бестраншейной прокладки труб с применением пневмопробойников, установок ударного действия и статико-динамических установок. В стадии разработки находятся несколько экспериментальных образцов установок,

на которых планируется апробировать принятые конструктивно-технологические решения и выбрать на их основе оптимальные варианты. На этих установках предполагается оценить взаимовлияние статического усилия прижима и параметров ударного механизма (энергии и частоты ударов). При этом подлежит выявлению ограничение по величине диаметров прокладываемых труб применительно к способам прокола и продавливания. Будет изучен процесс формирования и самодвижения керна при различных соотношениях усилия прижатия и частоты ударов. Разработаны также новые комплексные технологические процессы с использованием новых машин и механизмов, технологические карты и другая документация.

Институтом ВНИИГС разработаны и внедрены модели механизированного специального оборудования для бестраншейной прокладки стальных труб: В-37 для статического продавливания труб $d=630-1420$ мм гидродомкратами с механизированной разработкой грунта ударно-вибрационными рабочими органами двух типоразмеров, оборудование УВВП-400 для прокладки труб $d=426$ мм методом прокола под действием статических усилий и ударных импульсов и универсальная установка УВА-1 для прокладки труб диаметром до 114 мм методом прокола.

СКБ «Газстроймашина» (Пермское отделение) создало, изготовило и испытало установку импульсного прокола. При этом используется энергия горения штатного артиллерийского пороха.

В настоящее время строительство коллекторов диаметром 2 м способом продавливания практически не ведется из-за отсутствия соответствующей проходческой техники, железобетонных труб и применения отработанной технологии. Приходится использовать стальные трубы большого диаметра или сооружать тоннель диаметром 2,6 м, что значительно дороже. Предложенный НТЦ Мосинжстроя проходческий комплекс включает домкратную установку, лидирующий механизированный щит с рабочим органом роторного типа, промежуточные силовые установки и оборудование для откатки породы. Проходка может вестись также с прокладкой как железобетонных, так и стальных труб $d=1200-1600$ мм в грунтах крепостью 0,5—2 по шкале проф. М.М. Протодьяконова. Разрабатываемым устройством в мягких грунтах может служить рабочий орган установки ПУ-3.

В НТЦ Мосинжстроя разработан также щитовой комплекс для прокладки трубопровода с монолитно-прессованной бетонной обделкой наружным диаметром 2 м. В его составе: микрощит, самоудлиняющийся транспортер, скользящая опалубка, шарнирно прикрепленная к щиту, и бетоноприготовительный узел. Длина комплекса — 13,2 м, масса — 12 т.

ВНИИСТом совместно с институтом ВНИ-

Питрансгаз и малым предприятием «Оргтехнострой» создана новая конструкция перехода, исключая использование деревянной футеровочной рейки и обеспечивающая надежную герметизацию межтрубного пространства от попадания влаги, в том числе при осевых подвижках трубопроводов. Центрирование его внутри кожуха достигается за счет применения опорно-направляющих колец, оснащенных диэлектрическими опорами. Последние исключают электрический контакт и снижают коэффициент трения скольжения при протаскивании трубопровода внутри кожуха. Торцевые герметизирующие манжеты выполнены из бывших в употреблении автомобильных камер и покрышек. Для трубопроводов малого (до 300 мм) диаметра разработана совмещенная технология бурения и монтажа перехода под дорогами.

Задача создания современного оборудования очень важна еще и потому, что за последние годы повысились требования к бестраншейной прокладке по точности проходки, ее протяженности, беспросадочности вышерасположенных масс грунта. Во многих случаях появилась необходимость управлять траекторией движения систем, иногда несколько раз меняя направление проходки. Все это предопределило появление принципиально новых проходческих систем. За рубежом все шире применяются проходческие устройства типа «Навигатор», обеспечивающие прокладку гибких трубопроводов и кабелей по криволинейной траектории.

Среди отечественного оборудования представляет интерес совместная разработка научно-производственной фирмы «РЭКГ» и НТЦ Мосинжстроя системы по определению координат буровых скважин. Она базируется на использовании одно- и трехкоординатных лазерных гироскопов в сочетании с бортовым микропроцессором и обладает повышенной надежностью, точностью, имеет малые габариты и сравнительно низкую стоимость. Рекомендуется для использования в автономном навигационном оборудовании для управления проходческим агрегатом в условиях бестраншейной прокладки подземных коммуникаций малого и сверхмалого диаметров.

На семинаре были утверждены основные направления государственной инновационной программы «Создание и внедрение комплексов оборудования для реализации новых эффективных технологий бестраншейной прокладки стальных, железобетонных и пластмассовых трубопроводов в инженерном и топливно-энергетическом строительстве». Они предусматривают разработку, изготовление и внедрение:

установок статико-динамического продавливания и прокола;

универсальных микропроходческих комплексов с головным агрегатом, оснащенным роторным рабочим органом;

Пути повышения безопасности объектов ядерной технологии

В конце истекшего года в городе Апатиты Мурманской области проходила международная конференция на тему «Использование подземного пространства страны для повышения безопасности ядерной энергетик». Ее организаторами были Российская Академия наук, Кольский научный центр и Горный институт.

На конференции были заслушаны доклады, представленные научными организациями и учреждениями России, Беларуси, Канады, Норвегии и Украины.

В докладах и сообщениях были рассмотрены результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также проектных разработок, направленных на решение вопросов повышения безопасности объектов ядерной технологии путем использования специфических свойств уникальной среды — массивов горных пород. В частности, освещался практически весь комплекс вопросов, связанных с проектированием, строительством и различными режимами эксплуатации подземных атомных станций.

На конференции отмечалось, что общие тенденции и опыт развития мировой энергетики в последние годы все более убедительно свидетельствуют об отсутствии разумной альтернативы атомным электростанциям. Вместе с тем катастрофы Чернобыля и ряд других событий заставляют все настойчивее искать эффективные пути повышения безопасности эксплуатации объектов с ядерными технологиями. Поиск их идет весьма широким фронтом, начиная от разработки принципиально новых конструкций реакторов и кончая различными предложениями по усовершенствованию имеющихся систем безопасности, улучшению вопросов управления объектами и т. д.

Анализ материалов отечественных и зарубежных разработок показывает, что подземное размещение реакторных установок позволяет

надеяться на обеспечение нового уровня безопасности — безусловной локализации и ликвидации последствий любых аварий, вызванных как внутренними причинами, так и внешними воздействиями, гарантированного исключения радиоактивного загрязнения окружающей АС местности.

Этот уровень безопасности для подземных АС должен быть обеспечен как применением реакторных установок нового поколения повышенной безопасности, так и путем существенного использования свойств вмещающего горного массива, в первую очередь скального.

Подземная АС при размещении ее в достаточно монолитном массиве скальных пород представляет собой объект, которому присуще новое качество, состоящее в создании мощного природного барьера для защиты от внешних воздействий и локализации аварийных радиоактивных выбросов внутри сооружения. При размещении под землей основных сооружений АС нет смысла ограничиваться воздействиями и нагрузками, нормируемыми для наземных АЭС, а следует рассматривать более широкий спектр вероятных воздействий.

Новые технологии строительства, основанные на максимальном использовании несущей способности скальных массивов и высокопроизводительной техники, позволяют значительно сократить стоимость подземных сооружений и существенно повысить темпы их возведения.

Расчетное удорожание подземной АС по сравнению с альтернативным наземным вариантом станций средней и большой мощности (без учета затрат на вывод станции из эксплуатации) составляет 30—15 %, а с учетом этих затрат 11—2 %. Аналогичные расчеты для станций малой мощности (до 75 МВт) показывают, что их удорожание при подземном размещении равно 40 и 16 % соответственно.

передвижных установок направленного бурения (с промывкой);

установок для продавливания и прокола труб $d=400-1400$ мм на базе пневматических машин ударного действия;

нового поколения установок для бестраншейной проходки скважин $d=55-1000$ мм методом раскатки;

методов и аппаратуры контроля и управления движением установок и трубопроводов, прокладываемых бестраншейным способом;

оборудования, технологии и организации

серийного производства специальных железобетонных и пластмассовых труб, предназначенных для использования при бестраншейной прокладке трубопроводов.

В результате обсуждения докладов и обмена мнениями и в целях обеспечения дальнейшего и на современном уровне развития в России бестраншейной прокладки трубопроводов, являющейся важной составной частью строительной отрасли, участники семинара приняли соответствующее решение.

Первые подземные атомные станции были построены за рубежом (Норвегия, США, Швеция, Франция, Швейцария) в шестидесятые годы. Однако в дальнейшем их развитие сдерживалось из-за повышенной стоимости и длительности строительства и отсутствия энергетических средств локализации аварий. Возврат к проблеме подземного размещения атомных станций возможен на основе достижения принципиально нового уровня горностроительной техники и технологии, позволяющей ограничить удорожание — 25 % стоимости, а удлинение сроков — 1,5—2 годами.

Одним из вариантов решения проблемы может быть использование отработанных карьеров и отвалов вскрышных пород для размещения АС и хранилищ радиоактивных отходов. Защитная оболочка над размещением реактора в карьере или под отвалом, перекрытая насыпной горной массой, может иметь конструкцию значительно менее прочную по сравнению с оболочкой, создаваемой над станцией, расположенной на дневной поверхности. Сама насыпь горных пород защищает в данном случае уже подземную АС от внешних воздействий; насыпь может иметь несколько гидроизолирующих прослоев (глинистые породы или мелкие классы хвостов обогащения) и быть сформированной из пород, обладающих сорбционными свойствами, что позволяет защитить окружающую среду от последствий аварий, связанных с радиоактивными выбросами.

При данном варианте размещения АС и создания над ней защитной оболочки способами промышленного строительства, монтаж зданий, сооружений и оборудования возможен крупными блоками с применением техники большой мощности.

Расположение камер атомных станций под землей на глубине 60 и более метров создаст достаточную защитную оболочку, обеспечивающую безопасную эксплуатацию станций. Вместе с тем на глубинах 100—200 м, где обычно располагается зона выветривания и интенсивной трещиноватости пород, преимущественное влияние на устойчивость выработок оказывают структурные особенности пород.

Обеспечение безопасных условий строительства подземных сооружений большого сечения в трещиноватых неустойчивых породах может быть осуществлено за счет комплекса мер: оптимальной ориентации подземных сооружений относительно преобладающих систем трещин; устойчивых форм сечений подземных сооружений; технологических приемов, способствующих повышению устойчивости камер во время их строительства.

При выборе формы сечения подземных сооружений наряду с экономическими факторами следует также учитывать влияние крупноблочной трещиноватости. В качестве критерия

устойчивости подземных сооружений различных форм поперечного сечения может быть принят минимальный размер, либо минимальная площадь ЗНС пород.

Технология строительства камер большого сечения в трещиноватых породах также должна разрабатываться с учетом их устойчивости. Рекомендуемыми технологическими приемами при этом являются образование разгрузочных щелей вдоль базов выработок, способствующих устранению растягивающих напряжений в своде, предварительное упрочнение пород, применение стержневой опережающей крепи, а также контурное взрывание пород.

В Нижегородском институте «Атомэнергопроект» в последние годы выполнено несколько проектов разработок различных вариантов подземных атомных станций.

Рассмотрены подземные АС с водо-поднятыми реакторами мощностью от 40 МВт (э) до 100 МВт (э), а также атомные станции теплоснабжения. Выполнены проработки схем и компоновок подземных АС. Рассмотрены различные варианты сочетания размещения основных сооружений подземных АС в подземных выработках и на поверхности. Определены ориентировочные размеры основных необходимых подземных выработок, а также коммуникационных и транспортных выработок связи наземной с подземной частью АС, которые в первую очередь могут являться причиной утечки радиоактивных продуктов в окружающую среду при аварии.

Место размещения подземной АС и захоронения РАО выбирается, исходя из основных принципов стабильности геологической зоны (низкий уровень сейсмичности, вертикальных движений земной коры, современных тектонических процессов в течение более 10^4 лет), стабильности структурного блока, предельно низкого уровня фильтрации грунтовых вод в инертных по отношению к РАО геологических формациях (например, граниты, соли, глины). Глубина заложения подземной АС и могильника определяется экологической безопасностью, исключающей возможность выхода радионуклидов на поверхность и в водоносные горизонты при возникновении чрезвычайных ситуаций (выброс газов, взрыв ЯЭУ — ядерной энергетической установки, и т. п.).

В ходе конференции проходили дискуссии, обмен мнениями.

Более подробную информацию о вопросах, рассмотренных на конференции, можно получить в Тоннельной ассоциации по адресу: г. Москва, ул. Ново-Рязанская, д. 16, под. 3, этаж 5, кв. 80; телефоны: (095) 208—80—32, 208—80—34; факс: (095) 267—90—06.

Путь с железобетонными лежнями, замоноличенными в путевой бетон

Н. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук;

Ю. КРУК, К. КУЧЕНКОВ, А. МЕЛЬНИК, А. МИНАЕВ, В. ШАДРИН, инженеры

В мировой практике подрельсовым основанием пути в тоннелях метрополитена в абсолютном большинстве случаев служат железобетонные элементы. В отечественной практике наиболее распространен путь с деревянными шпалами, замоноличенными в путевой бетон. Многолетний опыт эксплуатации такого пути выявил ряд недостатков, к числу которых в первую очередь следует отнести: неремонтпригодность из-за весьма высоких затрат труда при выполнении работ по замене деревянных шпал, сопровождающихся повышенным уровнем шума и запыленности в тоннеле; невозможность механизации процесса очистки лотка из-за пересечения его шпалами; сравнительно низкий срок службы деревянных шпал;

большие трудозатраты при текущем содержании пути, главным образом, из-за излома шурупов, прикрепляющих металлические подкладки к деревянным шпалам;

повышенный уровень вибрации тоннельной обделки и шума в тоннеле, пагубно влияющих на состояние находящихся рядом с трассой метро сооружений и здоровье обитающих в них людей.

В последние годы на отечественных метрополитенах проводятся испытания нескольких вариантов пути с железобетонными подрельсовыми основаниями применительно к тоннелям.

Так, на Московском метрополитене с 1983 г. находится в эксплуатации виброзащитный путь с рамным железобетонным подрельсовым основанием. Обеспечивая по сравнению с типовой конструкцией снижение уровня виброускорений тоннельной об-

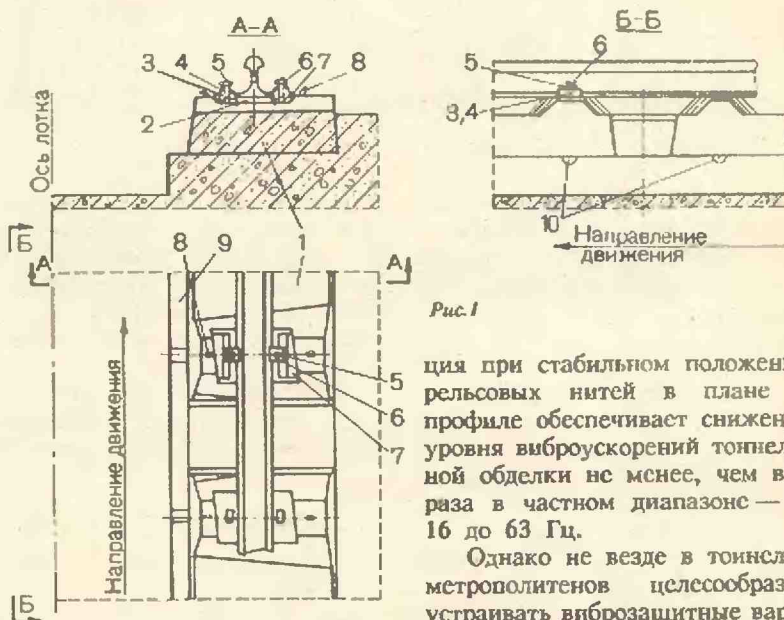


Рис. 1

делки в 3 раза, этот путь имеет стабильное положение всех элементов. За указанный период эксплуатации не зафиксировано каких-либо отклонений положения рельсовых нитей и выхода элементов пути.

Однако предложенная конструкция подрельсового основания не позволяет соорудить на всем протяжении пути открытый лоток и, кроме того, усложняет технологический процесс устройства и содержания пути.

С января 1992 г. в постоянной эксплуатации находятся два опытных участка виброзащитного пути с лежневым железобетонным подрельсовым основанием на одном из перегонов Киевского метрополитена*. Генезометрическими измерениями установлено, что эта конструк-

ция при стабильном положении рельсовых нитей в плане и профиле обеспечивает снижение уровня виброускорений тоннельной обделки не менее, чем в 3 раза в частном диапазоне — от 16 до 63 Гц.

Однако не везде в тоннелях метрополитенов целесообразно устраивать виброзащитные варианты пути с железобетонными подрельсовыми основаниями. Так, в перегонных тоннелях, где по сравнению с типовой конструкцией не требуется снижения уровня виброускорений тоннельной обделки, следует устраивать путь с лежневым подрельсовым основанием, замоноличенным в бетон.

Проектную документацию такого пути по техническому заданию ВНИИЖТа разработал институт «Новосибирскметропроект». Его устройство осуществлено управлением строительства Новосибирскметрострой. Опытный участок протяжением около 500 пог. м введен в постоянную эксплуатацию 2 апреля 1992 г.

На рис. 1 показан фрагмент такого пути.

Рельсовые плети прикреплены к железобетонным лежням 1 через резиновые электроизолирующие амортизирующие прокладки 2. Упругие пластинчатые клеммы 3 (нередко в сочтении с пластинами

* Подробное описание конструкции пути и технология его устройства приведены в журнале «Метро» № 1, 1992.

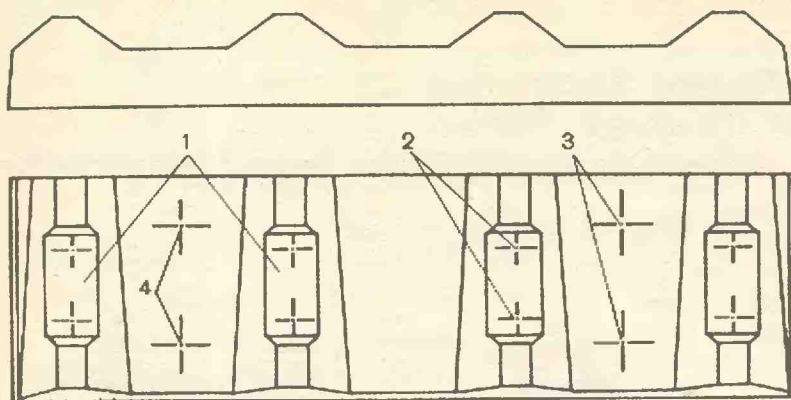


Рис. 2

жесткости 4) прижимают подошву рельса натяжными болтами 5 с гайками 6. При этом хвостовая часть каждой клеммы контактирует с бетоном лежня через регулировочный клин 7. Болт закрепляется в лежне с помощью криволинейного фиксатора 8, пропущенного через поперечное отверстие в головке болта и криволинейную часть закладной детали (изготовлена из электроизолирующего материала, на рис. 1 не показана). Для стока воды из этих отверстий в путевом бетоне 9 предусмотрены горизонтальные пазы 10, через которые влага выходит в водоотводный лоток, устраиваемый между рельсовыми нитями.

Как видно из рис. 1, подрельсовые площадки со стороны кромок подошвы рельса имеют скос, что позволяет в качестве подклемных прокладок использовать регулировочные клинья. Их изготавливают из электроизолирующего резинового материала. Клинообразная форма этих прокладок допускает регулировку положения каждой рельсовой нити в диапазоне ± 6 мм.

В описанной конструкции пути использовано бесподкладочное скрепление СКФ, допускающее регулировку рельсовой нити по высоте в диапазоне $+15$; -5 мм.

На опытном участке Новосибирского метрополитена использованы лежни, предназначенные для виброзащитного варианта пути. При такой конструкции лежня необходимо бы-

ло в сочетании со скреплением СКФ устраивать в путевом бетоне поперечные отверстия 10 для отвода воды из пустотообразователей, выполняющих также роль электроизолирующих деталей.

При устройстве такого пути и его эксплуатации выявлены недостатки, к числу которых, в

первую очередь, следует отнести необходимость устройства поперечных отверстий в зоне сквозных отверстий в лежнях, а также использование клинообразных регулировочных прокладок. Оба эти мероприятия усложняют работы по замене рельсовых плетей в короткие ночные технологические «окна».

На рис. 2 (1 — подрельсовая зона, 2 — размещение крепежных элементов для деталей узла скрепления) приведена конструкция железобетонного лежня, откорректированная с учетом указанных недостатков: в углублениях в подрельсовой зоне отсутствуют скосы; контакт клеммы с бетоном лежня осуществляется через прокладку, не имеющую скосов.

Предусмотрено устройство гнезд 3 и 4 для крепления кронштейнов контактного рельса в заводских условиях, причем гнезда 4 должны быть только в лежнях, устанавливаемых в зоне

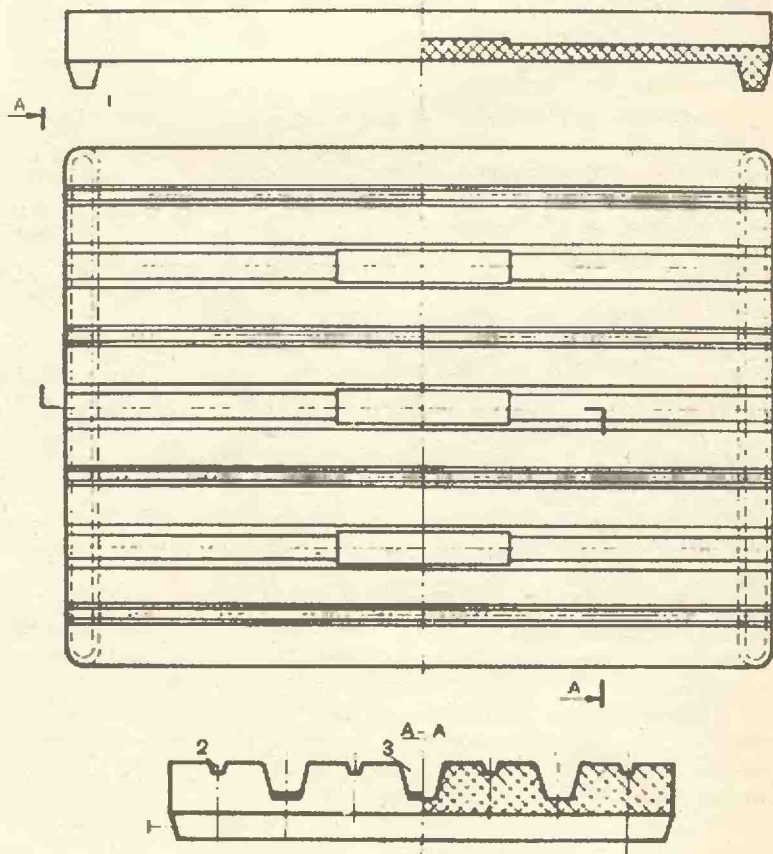


Рис. 3

концевых отводов. Как и при типовом пути, контактный рельс размещается с левой по направлению движения поезда стороны. Соответственно и лежни с гнездами должны располагаться с этой же стороны.

В пути с железобетонными подрельсовыми основаниями важная роль отводится электроизоляции рельсовых нитей от путевого бетона. В соответствии с действующими нормативами подрельсовые и подклеммные прокладки бесподкладочного скрепления необходимо изготовить из резины с удельным объемным электрическим сопротивлением $1 \cdot 10^9$ Ом·см. Этому требованию удовлетворяют прокладки ЦП-204 (рис. 3, где 1 — буртик, 2 и 3 — прорезы малая и большая соответственно), обладающие повышенной упругой податливостью под поездной нагрузкой.

Применительно к пути с лежневым основанием для тоннелей метрополитенов целесообразны прокладки с уменьшенными размерами буртиков, исключающими возможность появления люфтов между подошвой рельса и основанием. Допускаются прокладки с одним буртиком. При этом в узле скрепления он должен на-

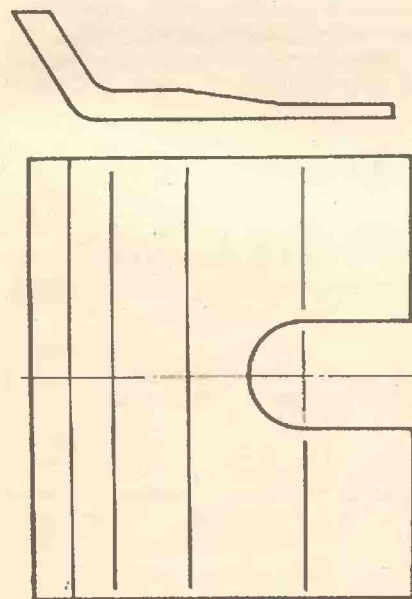


Рис. 4

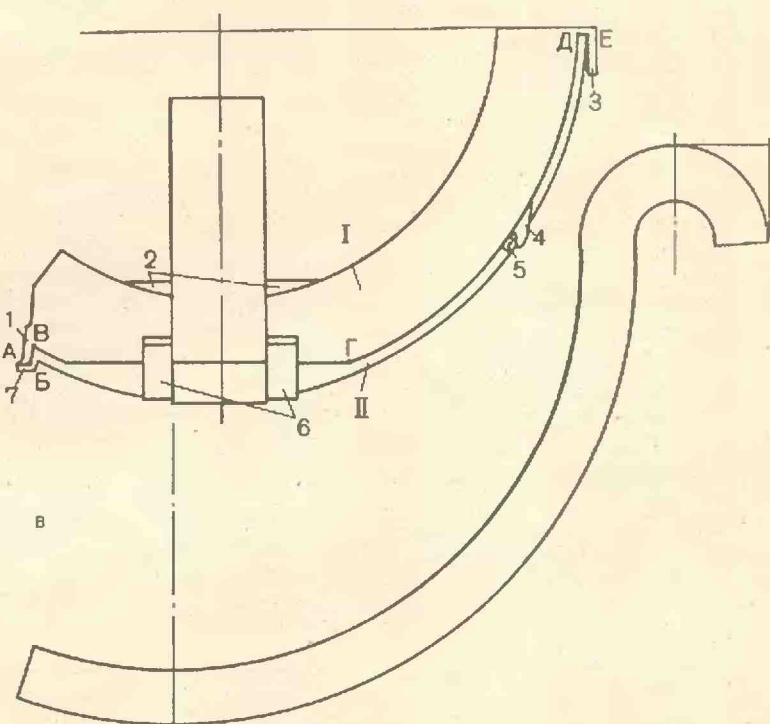
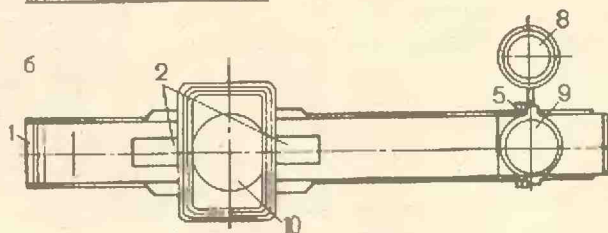
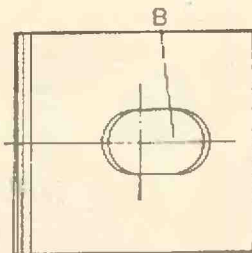
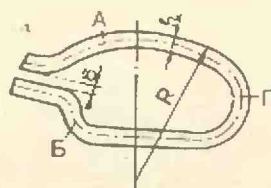


Рис. 5

ходиться на противоположной направлению движения стороне.

В подрельсовой прокладке могут отсутствовать буртики. В таком случае ее фиксированное положение обеспечивается за-

цеплением за элементы скрепления или выступами в ней, входящими в устроенные в бетоне углубления (прямки).

Для подклеммной прокладки (рис. 4) используется тот же материал, что и для подрельсовой.

Стабильность положения рельсовых нитей в плане и профиле достигается с помощью упругой пластинчатой клеммы, натяжного болта, криволинейного фиксатора и закладной детали.

Упругую пластинчатую клемму (рис. 5, а) целесообразно

изготавливать из стали 60С2ХА. Она имеет верхнюю и нижнюю ветви. В концевой, контактирующей с подошвой рельса зоне между ветвями предусмотрен зазор в 3—4 мм. Верхняя

ветвь выполнена в форме арки, что способствует снижению напряжения в наиболее уязвимом месте — зоне отверстия для болта. В зависимости от отношения h/R напряжение в зоне отверстия для болта при номинальной затяжке гайки 120 Н·м может быть уменьшено на 7—10%. Главная роль в снижении напряжения отводится зазору δ . При полосе толщиной $h = 5$ мм, из которой изготавливали клемму, и принятых ее размерах 25% номинальной нагрузки при затяжке гайки приходится на хвостовую закругленную часть, где отверстие отсутствует и есть достаточный запас прочности. Объясняется это тем, что в первоначальный период до смыкания ветвей, клемма работает как брус с защемленной концевой частью. После их смыкания ($\delta = 0$) характер работы верхней ветви меняется. Ее расчетная схема: балка, имеющая с одной стороны шарнирное опирание, а с другой — защемление. В таком случае в работу вступает и зона отверстия для болта. Но нагрузка на эту зону при затяжке гайки на нормируемую величину будет составлять 75% от номинальной. Это повышает надежность работы клемм, что подтверждается данными службы пути Московского метрополитена. За время испытания (с 1983 г.) указанных клемм в вибрационном пути с рамным железобетонным подрельсовым основанием практически не было случаев их излома. Фиксированное положение рельсовой нити в плане обеспечивается нижней ветвью клеммы, имеющей выгиб, в который входит подошва рельса.

В отличие от способа крепления деталей к основанию с помощью закладного болта и металлической замоноличенной в бетон анкерной шайбы, здесь использован натяжной болт, изготовленный из стали СтЗсп, СтЗсп, с отверстием в нижней уширенной части. Его размещают в пустотообразователе закладной детали (рис. 5, б) таким образом, чтобы отверстия в криволинейной ее части совпали

с отверстием в уширенной части болта. Пропустив через них криволинейный фиксатор (рис. 5, в), обеспечивают его связь с болтом. При таком способе крепления исключается возможность его проворачивания при закручивании и откручивании гайки.

При полигонных испытаниях на экспериментальном кольце ВНИИЖТа эксплуатационных с 1984 г. на протяжении 20 км пути в условиях магистрального транспорта на Юго-Западной железной дороге (пропущено свыше 700 млн. т брутто груза), а также на Московском метрополитене не зафиксировано ни одного случая излома натяжных болтов, что гарантирует их надежную работу в течение 2—3 межремонтных периодов.

В соответствии с полученными результатами внесены изменения в конструкцию закладной детали и криволинейного фиксатора.

В новом варианте закладная деталь (см. рис. 5, б) состоит из двух элементов: корпуса I и доннышка II. Их изготавливают раздельно, по ломаной (в отдельных местах с закруглениями) линии АБВГДЕ «в замок» с целью исключения возможности попадания цементного раствора при укладке подрельсового основания.

Для предотвращения смещения доннышка относительно корпуса, в последнем предусмотрены ограничители 1, 3, 4, контактирующие с выступами 7, 5, устроенными в доннышке, и с верхней его концевой частью. Кроме того, в зоне вертикального отверстия доннышко зафик-

сировано четырьмя выступами 6, являющимися составной частью корпуса.

Фиксатор связан с криволинейной частью закладной детали в зоне ее вертикального отверстия. Для снижения интенсивности износа материала в этих местах предусмотрены утолщения 2.

Проникновению цементного раствора в криволинейную часть закладной детали через отверстие 9 препятствует пробка 8, соединенная тонкой перемычкой с корпусом. Ее вставляют в отверстие перед установкой закладной детали в металлическую форму.

Для выпуска воды из закладной детали при мойке тоннеля и наличии течей в обделке в доннышке предусмотрено круглое отверстие 10, которое используется также для фиксации положения этой детали при заполнении формы бетоном.

Закладная деталь выполнена из полиэтилена низкого давления с удельным объемным электрическим сопротивлением $1 \cdot 10^{14}$ Ом·см.

Проведенными канд. техн. наук С.И. Генкиным исследованиями установлено, что этот материал практически не снижает своих прочностных свойств с увеличением сроков съема данных на изделиях или образцах. Результаты испытаний приведены в таблице.

Полученные данные корреспондируются с результатами испытаний закладных деталей в условиях экспериментального кольца и Юго-Западной железной дороги соответственно в течение 15 и 8 лет. При изъятии

Таблица

| Прочностные характеристики | Коэффициенты старения при сроках (месяцы) съема данных | | | | | | |
|----------------------------|--|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 6 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 |
| Растяжение | 0,94 | 0,89 | 0,93 | 0,94 | 0,88 | 0,86 | 0,96 |
| Сжатие | 0,94 | 0,99 | — | 0,93 | 0,95 | 0,93 | 0,92 |
| Изгиб | 1 | 1,02 | 1 | — | 1,47 | 1,12 | 1 |

их из железобетонных шпал не обнаружено каких-либо следов повреждения полиэтилена в зоне контакта с фиксатором; на отдельных фиксаторах имелись вмятины глубиной до 0,2 мм.

Следовательно, есть основание утверждать, что срок службы закладных деталей будет соизмерим со сроком службы железобетонного основания (не менее 50 лет).

В конструкцию фиксаторов в отличие от используемых на Юго-Западной железной дороге, Московском и Новосибирском метрополитенах внесены следующие коррективы. Верхнюю выступающую из бетона концевую часть целесообразно оформить в виде полукольца (см. рис. 5, в), что существенно упрощает работы при демонтаже узла скрепления.

Материалом для изготовления криволинейного фиксатора может служить Ст.45сп,

допускается использование Ст3сп, Ст5сп.

Как показал опыт устройства пути с лежневым замоноличенным в путевой бетон основанием, при скреплениях со сквозными (на всю толщину лежня) отверстиями обязательным условием является возможность отвода из них воды. Однако обеспечение этого путем устройства в путевом бетоне под лежнями поперечных отверстий существенно усложняет технологию производства работ. Целесообразнее поперечные отверстия для выпуска воды выполнить непосредственно в лежнях.

На опытном участке пути с замоноличенными в путевом бетоне лежнями Новосибирского метрополитена лоток посредине колес имеет одинаковую глубину на всю ширину — 90 см. Его следует разделить на две части: одна — для пешеходной дорожки, а другая, шириной 45

см, для отвода воды. Наличие первой, как правило, в сухом состоянии, создает благоприятные условия для обслуживающего персонала. Водоотводный лоток должен находиться со стороны пониженной рельсовой нити применительно к кривой. На прямых же участках предпочтительно пешеходную дорожку располагать около контактного рельса.

По сравнению с типовыми конструкциями с деревянными шпалами путь с лежневым замоноличенным основанием продлевает срок службы подрельсового основания до 50 лет; усиливает нижнюю часть тоннельной обделки за счет увеличения толщины бетонного слоя в лотке; снижает трудозатраты при очистке лотка по принятой технологии не менее, чем в 3 раза, создавая условия для полной механизации этих работ.

Пути уменьшения эффекта «дутья»

А. ЯРХО, *г-р техн. наук;*

Л. ВСТАВСКИЙ, Ю. КРУК, В. МИРОШНИЧЕНКО, *инженеры*

В связи с возросшими масштабами строительства метрополитена мелкого заложения обостряется проблема снижения «дутья» (сквозняков)* на станционных комплексах, более интенсивное, чем при глубоком заложении.

В настоящей работе впервые даны количественные оценки эффективности различных противодутьевых мероприятий, как уже известных, так и новых, полученных по результатам экспериментальных исследований в натуральных условиях в действующем метрополитене и на его моделях.

Опыты проводились на двух станциях в Харькове и на модели одной из них (М 1:50)**, на фрагменте перегонного тоннеля со сбойками*** и участке из двух станций и двух

перегонных тоннелей с набором сбоек (М 1:100)****.

Натурные испытания показали, что необходимо отказаться от общепринятой методики изучения движения воздушных потоков отдельными наблюдателями, регистрирующими с некоторой периодичностью показания приборов и свои наблюдения, так как разрешающая способность регистратора-человека в десятки раз ниже требуемой для качественной записи параметров «дутья».

Нами была разработана, изготовлена и смонтирована на двух опытных участках Харьковского метрополитена система непрерывной автоматической дистанционной регистрации опытных данных*****.

Цодиков В. Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов. М., «Недра», 1975.

Изучение явления «дутья» на Харьковском метрополитене с выдачей рекомендаций по его уменьшению. Отчет по НИР (Харьковский институт инженеров ж.д. транспорта им. С.М. Кирова), № ГР 78036304, инв. № Б91108206.ф. Харьков, 1980.

Исследование зависимости интенсивности «дутья» на станции метрополитена от местоположения и количества вентиляционных сбоек. Отчет по НИР (Харьковский институт инженеров ж.д. транспорта им. С.М. Кирова), № ГР 81102965, инв. № 02823043401. Харьков, 1981.

Экспериментальная проверка различных мероприятий по снижению интенсивности «дутья» на станции метрополитена. Отчет по НИР (Харьковский институт инженеров ж.д. транспорта им. С.М. Кирова), № ГР 01828064898, инв. № 0283.0009353. Харьков, 1982.

Экспериментальные исследования противодутьевой эффективности циркуляционных сбоек в условиях действующего метрополитена. Отчет по НИР (Харьковский институт инженеров ж.д. транспорта им. С.М. Кирова). № ГР 01880011752, инв. № 02890053869. Харьков, 1989.

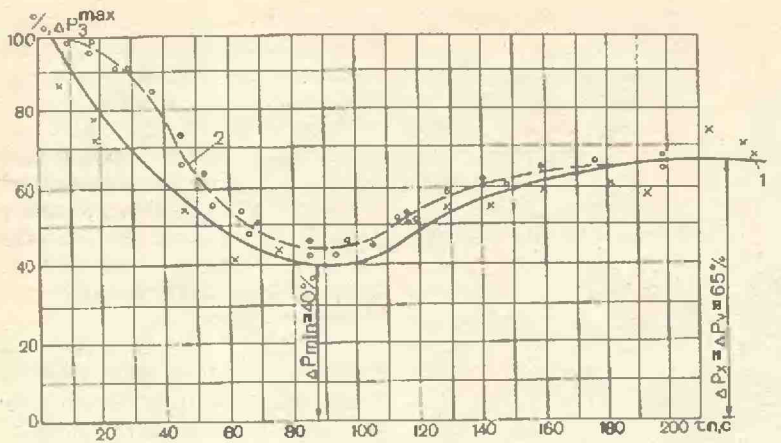


Рис. 1

Обработка осциллограмм и анализ результатов свидетельствуют, что интенсивность «дутья» через пешеходные выходы станций метрополитена постоянно меняется в широких пределах и в большой степени зависит как от характера проследования через них встречных (парных) поездов, так и от частоты следования попутных (т. е. от парности движения).

На рис. 1 показана зависимость интенсивности «дутья» от интервала времени t_n между моментами прихода встречных (парных) поездов на станцию: существуют такие (0—100 с), когда интенсивность на 35—40 % выше, чем при прохождении через станцию одиночных поездов, и такие t_n (75—100 с), при которых она на 20—25 % ниже, чем в случае движения одиночного поезда.

На рис. 2 представлена зависимость интенсивности воздухообмена через пешеходные выходы от реальной парности движения Π при зимнем режиме вентиляции. Например, с ростом парности с 24 до 36 пар поездов в час воздухообмен уменьшается вдвое.

Опыт показывает, что хотя расписание движения поездов выдерживается достаточно точно, истинная парность может отличаться от предусмотренной расписанием (табл. 1). Следо-

Таблица 1

| Номер осциллограммы | Парность, пар поездов в час | |
|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| | средняя по расписанию | «мгновенная», истинная |
| 1 | 18 | 16—51 |
| 2 | 16 | 22—24 |
| 3 | 21 | 23—45 |
| 4 | 7 | 7—21 |
| 5 | 8 | 10—14 |
| 6 | 11 | 10—19 |
| 7 | 14 | 8—20 |
| 8 | 10 | 9—15 |
| 9 | 25 | 21—72 |

вательно, при проведении сравнительного анализа результатов необходимо знать реальные значения t_n и Π , при которых получены данные. Использование усредненных по времени параметров «дутья» без учета их зависимости от t_n и Π приведет к ошибкам в несколько сотен процентов и будет сопровождаться грубейшими искажениями причины — следственных связей.

Переход к автоматизированной непрерывной и синхронной регистрации мгновенных значений параметров «дутья» и данных о движении поездов по опытному участку обеспечивает высокую воспроизводимость

результатов и достоверность оценок исследуемых факторов.

Натурные опыты дали достаточную информацию для создания моделей метростанции и тоннелей*.

* Экспериментальные исследования влияния струйных завес в тоннеле на подходе к станции и наземным вестибулям с дверями различной конструкции на ослабление интенсивности «дутья» на станции метрополитена. Отчет по НИР (Харьковский институт инженеров ж.д. транспорта им. Кирова), № ГР 01830027112, инв. № 02840011440. Харьков, 1983.

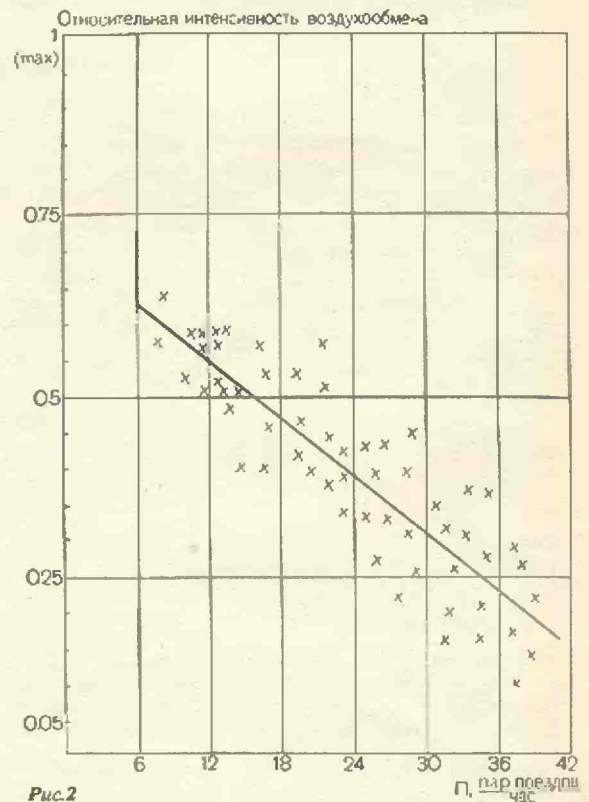


Рис. 2

П, пар поездов в час

На модели станции исследовали эффекты установки дополнительных рядов дверей, павильонов над пешеходными выходами, увеличения объема платформенной части, найдена оптимальная площадь поперечного сечения циркуляционной сбойки.

В опытах на других моделях основное внимание уделяли поискам оптимального числа местоположения и площадей поперечного сечения циркуляционных сбоек, обеспечивающих пропуск воздушных потоков, близких к максимальным.

В табл. 2 приведены количественные оценки противодутьевой эффективности различных мероприятий. Полученные нами результаты показывают, что противодутьевая эффективность циркуляционных сбоек значительно выше, чем у других исследованных мероприятий.

Данные модельных испытаний по определению площадей сечения существующих пристанционных циркуляционных сбоек проверяли в ходе специально организованных натурных опытов на одной из станций метрополитена.

Эти сбоек постепенно закрывались, а затем также постепенно (через 10 % площади сечения) открывались. При этом каждый раз осциллографировалась картина «дутья» (в соответствии с упомянутыми требованиями методики).

Таблица 2

| Противодутьевые мероприятия | Степень ослабления «дутья», % | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|
| | Модельные опыты | Натурные опыты |
| Дополнительные ряды дверей типа «метро» в пешеходных выходах станций | 10—15 | 10 |
| Наземные павильоны над пешеходными выходами (с дверями типа «метро») | 10—14 | не проводились |
| Увеличение объема зала платформенной части | 8—10 (на 50 %) | не проводились |
| | 12—16 (на 100 %) | |
| Пристанционные циркуляционные сбоек | 24—35 | 40 (при парности 36 пар в час) |
| Дополнительные циркуляционные сбоек (200—250 м от торцов станции) | 18—25 | не проводились |
| Оптимизация расписания движения поездов по интервалу времени между встречными поездами (для части станций) | | 20—25 (оценка) |

Установлено, что площади поперечного сечения существующих циркуляционных сбоек могут быть существенно уменьшены; при этом их противодутьевая эффективность не снизится (табл. 3). Кроме того, выявлено, что она зависит от парности движения и возрастает с ростом параметра П. На рис. 3 показана степень ослаб-

ления «дутья» при открытых сбойках по сравнению с его интенсивностью при закрытых.

На основании изложенных выше результатов представляется обоснованным предложение отказаться от циркуляционных сбоек на новых линиях метрополитенов. Напротив, для уменьшения вредных последствий «дутья» мы рекомендуем при каждой станции мелкого заложения с длиной платформы от 100 до 200 м сооружать не две, а четыре таких сбоек между путевыми тоннелями: две сечением по 40—50 м² на расстоянии 70—120 м от торцов платформы и две по 20—30 м² на расстоянии от первой сбойки не менее длины поезда, но не более 250 м в четном и нечетном направлениях движения.

Таблица 3

| Сбойки | Обоснованные площади поперечного сечения (в пересчете на натуру) | |
|--|--|--|
| | Опыты на модели | Опыты в метрополитене |
| Циркуляционные пристанционные (существующие) | 1,5 S _т * (30 м ²) | (2,22,5) S _т (40—50 м ²) |
| Дополнительные (200—250 м от торцов станции) | (1,01,5) S _т (20—30 м ²) | Опыты не проводились |
| Вентиляционные на серединах перегонов | (0,8—1,0) S _т (около 20 м ²) | 18—20 м ² |

*S_т — площадь поперечного сечения перетонного (путевого) тоннеля.

При этом снизится не только уровень «дутья», но и возможно уменьшится стоимость сооружения циркуляционных сбоек, так как суммарные площади их будут, как правило, ниже, чем у возводимых ныне (60—80 вместо 95—125 м² и более).

На Харьковском метрополитене в 1986 г. был сдан в эксплуатацию 2-ой участок второй линии с тремя станциями. К одной из них примыкают перегоны, на которых путевые тоннели разделены стенкой со сквозными



Рис. 3

отверстиями (1,0 x 2,66 м, шагом 2,5 м) так, что длина участков перегонов, непосредственно прилегающих к станции и не имеющих таких перфораций, сократилась до 400—450 м. На этой станции эффект «дутья» практически отсутствует.

Приведенные количественные оценки противодутьевой эффективности циркуляционных сбоек и других мероприятий получены впервые.

Результаты зарубежных исследований, качественно согласуются с нашими. Испытания (2) в натуральных условиях (Марсель, I очередь метрополитена) и на моделях показали, что при сооружении сбоек между двумя однопутными тоннелями существенно уменьшается воздухообмен через станцию (с 7600 до 6700 м³) вследствие снижения аэродинамического сопротивления движению поезда.

Теоретические разработки и расчеты, выполненные в ходе проектирования тоннеля под Ла-Маншем, подтвердили целесообразность сооружения сбоек между однопутными транспортными тоннелями через каждые 250 м (при длине поезда 750 м). При этом с 13,6 до 4,7 MW уменьшается мощность, потребная для преодоления аэродинамического сопротивления движению поезда. Получены также данные о снижении поршневого эффекта при росте интенсивности (парности) движения поездов. Пропорционально площади поперечного сечения сбоек и их числу уменьшаются и амплитуды перепадов давления воздуха между головной и хвостовой частями движущегося поезда.

Знаете ли вы?

● *Что в Гонконге запроектировано строительство метрополитена протяженностью 52,6 км с 48 подземными станциями, который в период тайфунов останется единственным функционирующим видом транспорта.*

● *Что в Каракасе (Венесуэла) при строительстве первой линии метрополитена на одном из участков перегонного тоннеля в забой стали поступать взрывоопасные нефтяные газы. Источниками оказались расположенные вблизи нефтехранилища. Для создания безопасных условий работы тоннели при проходке интенсивно проветривались.*

Воспоминания ветерана

Как мы монтировали английский щит

М. СОКОЛЬСКИЙ

Щит для проходки тоннелей диаметром 6 м типа «Грейтхэд» фирмы «Маркхам и компания» (Честерфильд, Англия) впервые был смонтирован на шахте № 12 1-й очереди Московского метрополитена на площади Свердлова, где ныне расположен вестибюль станций «Площадь Революции» и «Театральная».

Возглавлял монтаж главный механик Я.Г. Коломейцев, начальниками смен были И.И. Нилов, А.М. Жежерун и М.Д. Сокольский. Контроль за работой осуществляли шеф-монтеры фирмы «Хилли Лондон».

Этот щит от последующих аналогов отличался, прежде всего, принятой движущей энергией. Здесь для работы всех его двигателей и пневмо-гидравлических насосов высокого давления (140 атм) использовался сжатый воздух. В советских агрегатах — это напряжение 600 В от электросети. Как справедливо считали английские конструкторы, такое высокое напряжение в насыщенном водой тоннеле опасно для жизни персонала, обслуживающего механизмы агрегата. И действительно, в последующие периоды на советских щитах были случаи серьезных травм от поражения током. Электрооборудование пришлось применять в связи с тем, что в то время Ленинградский завод «Пневматика» не смог наладить выпуск пневмомоторов.

Сначала монтаж производился у Китайской стены около здания бывшей городской Управы (ныне музей Ленина) с помощью козлового крана на гусеничном ходу германской фирмы «Мукаг» грузоподъемностью 7 т. Повороту стрелы мешала металлическая опора для трамвайной сети. Мы пытались вытащить ее краном, но не смогли, так как опора оказалась забетонированной. Сейчас опоры засыпают грунтом, отчего прочность их установки снижается. Кроме того, необходимо отметить, что опора фирмы «Манесман» была изготовлена из легких труб переменного сечения и имела эстетический вид. А мы, спустя 60 лет, выпускаем опоры «дедовским» способом, сваривая их из тяжелых труб электросваркой, что трудоемко, менее прочно, да и внешний вид оставляет желать лучшего.

Щит был снабжен крепежными болтами d=10—63 мм. Все гайки высотой 1d (вместо наших 0,8d) вращались свободно и их можно было закрутить рукой без специального инструмента.

Шеф-монтеры фирмы-изготовителя внимательно следили за ходом монтажа, и если



Бригада, участвовавшая в монтаже английского щита «Грэйтхэд» на 12 шахте («Комсомольская»). Снимок 1933 г.

вместо положенного гаечного ключа пользовались «русским ключом» (зубилом и молотком), то лицо монтера принимало страдальческое выражение и он говорил рабочему: «Иван, Иван, Иван, не надо!».

Монтажную площадку регулярно посещали работники Метропроекта и Метростроя. Особенно запомнились Всеволод Львович Маковский, Владимир Павлович Волков и другие. Бывали на стройплощадке Каганович и Горький.

Все три начальника шахты № 12 — Стамм, Тягни-Беда и Бобров — были репрессированы. Впоследствии А.О. Бобров появился на Метрострое в качестве начальника ПТО СМУ № 6.

Описание и техническая характеристика щита на чертежах были даны на английском языке и в английских мерах.

Наши специалисты определили срок сборки щита — две недели, на что Хилли ответил: «Даже, если король предложит такой срок, я скажу, что это невозможно». Мы действительно смонтировали агрегат за 14 дней на 90 %, а завершали недоделки еще две недели.

Щит для проходки перегонных тоннелей состоял из трех частей: аванска, тележки эректора и гидроаккумулятора для гидравлики низкого давления.

Аванск представлял собой горизонтально расположенный цилиндр $d=6$ м, собранный из стальных сегментов. На аванске находилась площадка для проходчиков, на которой располагались выдвижные металлические платформы для разработки грунта.

Платформы выдвигались домкратами, работающими на гидравлике низкого давления (35 атм) от гидроаккумулятора. В современных советских щитах он заменен редуктором, понижающим давление в гидросистеме, что проще и дешевле.

24 щитовых домкрата, служащих для продвижения аванска и расположенных на нем, работали при высоком давлении (140 атм). Это обеспечивалось пневмо-гидравлическими насосами, размещенными на тележке эректора. Она передвигалась по рельсам, поддерживаемым башмаками.

В хвосте аванска имелись защитные железные листы для укладки сборной обделки.

С помощью руки эректора производился монтаж блоков крепления тоннеля сплошной конфигурации (сейчас применяются железобетонные тубинги корытообразной, ребристой формы).

В тележке эректора размещалась коробка с моторами, предназначенными для перемещения тележки, коробки механизмов, вращения, удлинения руки эректора, захвата блоков обделки.

Мощность пневмомоторов — от 5 до 15 л.с. Пуск и регулирование скорости производились поворотом вентиля $d=25,4$ мм. Моторы гидронасосов совмещались конструктивно в одном агрегате.

Два гидронасоса на тележке эректора располагались на металлических резервуарах для

К вопросу о тоннеле под Беринговым проливом

В. ПИКУЛЬ,
канд. техн. наук

В зарубежной печати вновь стал будироваться вопрос о тоннеле под Беринговым проливом. Проблема возобновляется в периоды нестабильности международных отношений и обострения диалогов о сферах влияния сопредельных государств. В данном случае она касается соседних Евразийского и Американского континентов, разделенных Беринговым проливом, посредине которого проходит государственная граница.

Летом прошлого года корреспондент ТАСС сообщил из Нью-Йорка (см. журнал «Метро» № 1, 1992 г.) о беседе с американскими предпринимателями, возрождающими уже не в первый раз идею постройки тоннеля, который стал бы связующим звеном грандиозных железнодорожных магистралей, пересекающих территорию Европы, Азии и Америки.

По последнему «обновленному варианту» предусматривается постройка подводного тоннеля протяженностью около 90 км и «почти 6,5 тысяч километров железнодорожных путей, которые протянулись бы к арктическим районам от основных транспортных магистралей, пролегающих значительно южнее», т.е. от Транссибирской и Байкало-Амурской. Автор обновленного варианта — президент технологической международной компании в штате Аризона (стоящем на первом в США месте по добыче меди) Джордж Кумал представил в специализированном журнале «American Underground-Space Association News», издающемся в штате Миннесота (славящемся месторождениями железных руд), те «глобальные экономические выгоды», которые можно было бы извлечь из недр Сибири и Аляски, богатых

«ценными минералами, нефтью и газом». Представитель торговой палаты города Ном на Аляске, Джим Стипфл подчеркнул то огромное социальное и политическое значение, которое в современном мире имели бы межконтинентальные транспортные системы, подобные линии Транс—Аляска—Сибирь для установления международных контактов. Такие мысли высказывались и раньше. В 1934 г. в швейцарском журнале «Basler Nachrichten» было написано: «Ведутся настойчивые споры о плане сооружения тоннеля между Аляской и Сибирью под Беринговым проливом... Вопрос этот однако должен обсуждаться не только техниками и финансистами, но и политиками, которые обязаны высказать свои соображения о желательности такого сближения частей света и стран или, наоборот, о сохранении подобных водяных вьюв».

Проблема затронула и писателей, мечтавших об организации скоростного железнодорожного движения даже под океанами. В 1889 г. Жюль-Верн в одном из своих фантастических очерков описал пневматический поезд, курсирующий между Бостоном и Ливерпулем «со скоростью пушечного ядра» в уложенных на дно Атлантического океана трубах-тоннелях. Идея взвешенных в воде «плавучих» тоннелей, высказанная еще в 1870 г. турецким инженером Гаданом, использована в наши дни А.П. Казанцевым. Он представил подобный плавучий «арктический мост» между Мурманском и американскими берегами Аляски под льдами Северного Ледовитого океана и Северного полюса. Однако даже для такого фантаста, как Жюль-Верн, идея показалась настолько смелой,

воды и представляли собой пневматический цилиндр длиной 305 мм с двумя насосами по концам. Гидравлические хвостовики оборудованы штоками $d=44,4$ мм и длиной хода 305 мм.

Все механизмы эжекторной тележки работали на сжатом воздухе давлением 8 атм.

Запроектированная фирмой «Грэйтхэд» сборная обделка из бетонных сплошных блоков оказалась не совсем удачной. Крепить ее предусматривалось болтами $d=38$ мм с муфтами. Однако при малейшем искривлении оси болты не заворачивались. Поэтому обделку стали крепить штырями $d=25$ мм, что привело к потере в ней продольной связи. И в тоннеле пришлось

соорудить железобетонную рубашку толщиной 15 см.

Гидроаккумулятор, установленный на поверхности, представлял собой цилиндр, в котором имелся стальной шток с балластным резервуаром, заполненным грунтом. Гидроаккумулятор обеспечивал необходимое давление для площадочных домкратов. Трубопровод наращивался по мере продвижения агрегата. Щитовые и площадочные домкраты соединялись с трубопроводом гидравлическими шлангами на 140 и 35 атм.

Для проходки тоннеля в неустойчивых грунтах к щиту прилагались грузовой и людской шлюзы (металлические цилиндры) с водонепроницаемой перегородкой.

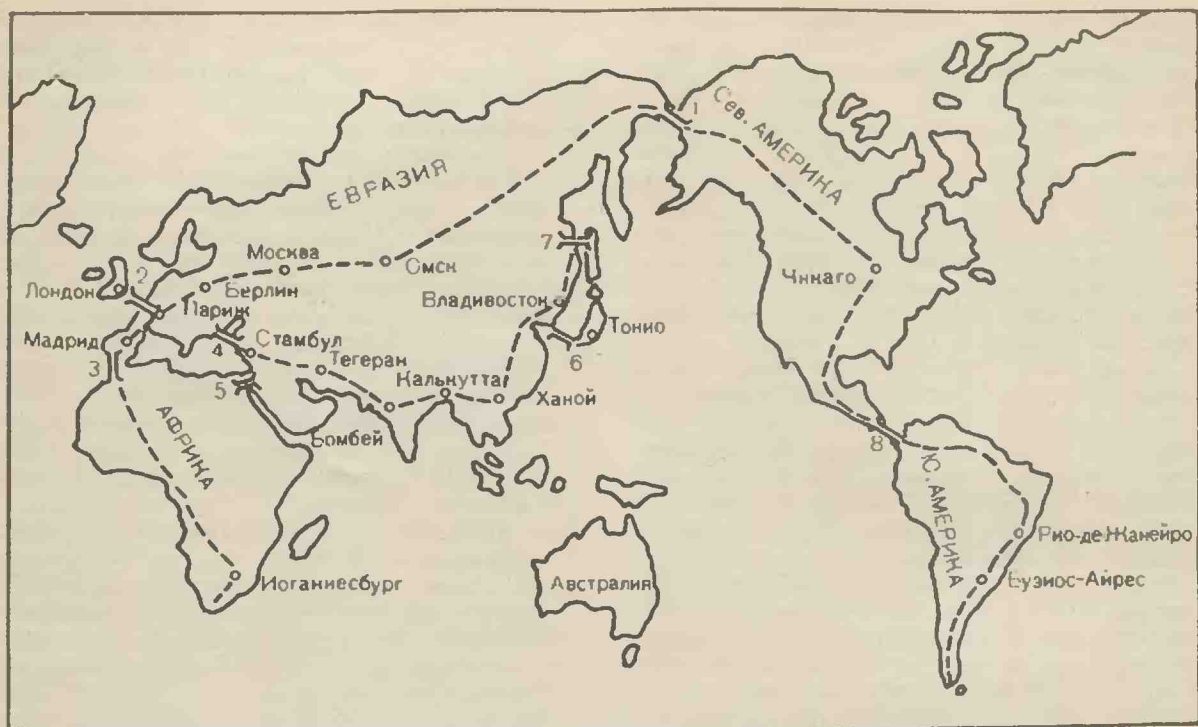


Рис. 1 Схема предполагаемой межконтинентальной железной дороги с крупнейшими подводными тоннелями:
 1—под Беринговым проливом; 2—под Ла-Маншем; 3—под Гибралтарским проливом; 4—под Босфорским; 5—под Суэцким каналом;
 6—тоннель Корея—Хондо; 7—под Татарским проливом; 8—под Панамским.

что в конце очерка он признался: «Трубы лопнули под громадным давлением воды и Атлантический океан ворвался в тоннель»... Немецкий писатель Бернгард Келлерман заглубил свой вымышленный тоннель между США и Европой в твердые породы, под дном Атлантического океана. Главный герой его романа «Туннель», изданного в 1913 году, Мак Аллан, выступая в «Синдикате Атлантического тоннеля», сказал, что «тоннель под Беринговым проливом, начатый три года назад», близок к окончанию.

Таким образом еще в первом десятилетии нашего века вопрос о возможности осуществления подземного соединения по кратчайшему расстоянию между Чукоткой и Аляской считался реальным. Появились проекты международных транспортных магистралей, опоясывающих континенты (рис. 1), в которых наиболее ответственными звеньями являлись тоннельные пересечения водных преград.

Район Берингова пролива отличается неповторимыми особенностями края вечной мерзлоты в непосредственной близости от Северного полярного круга, обширностью неосвоенных территорий и отдаленностью их от культурных центров. Интерес к нему стал возрастать с 1867 г., когда российская земля Аляски на американском континенте перешла в ведение США. Эта огромная территория, соответствующая суммарной площади Англии, Франции, Италии и

Испании, была продана царским правительством за ничтожную сумму — в 7,2 млн. долларов, во много раз меньше той, которую тратила Екатерина на пышные балы и содержание двора. Впрочем выгодные покупки американцами чужих земель начались еще с первых экспедиций Колумба, когда у незадачливых индейских аборигенов за мешок бусинок и других безделушек стоимостью 24 доллара был приобретен остров Манхеттен, на котором стоит Нью-Йорк. Сохранившиеся «аппетиты» новоселов к золоту и природным богатствам известны из рассказов Джека Лондона о Клондайке, по недавнему размежеванию интересов рыболовства между США и Россией в Беринговом шельфе, по территориальным притязаниям Японии на Курильские острова.

Происходившая в конце XIX и начале XX вв. борьба за передел мира и активизация политики США на Тихом океане совпали с началом постройки в 1891 г. Транссибирской магистрали. Агрессивные действия Англии, США и Японии, препятствовавшие усилению влияния России на Дальнем Востоке, а затем вспыхнувшая в 1904 г. Русско-Японская война, не позволили закончить Великий сибирский путь от Челябинска до Владивостока в назначенный срок. Предвосхищая это крупнейшее начинание России, американские железнодорожные предприниматели решили добиться от царского правительства концессии на строитель-

ство 10 тыс. км железных дорог в северо-восточной части Азии, тяготевшей к месту наибольшего сближения континентов у Берингового пролива. В 1900 г. они приступили к организации американского синдиката «Транс-Аляска-Сибирь» для осуществления «грандиозного проекта железнодорожной магистрали Нью-Йорк—Париж, через Аляску и Чукотку с тоннелем под Беринговым проливом». Чтобы завуалировать подлинные намерения, они выдвинули главным представителем своих интересов в России чрезвычайно энергичного французского инженера Лойк де Лобеля.

Пропаганда его миссии мировой печатью уделялась очень много внимания, но основной целью являлось заключение 90-летней концессии на строительство с отводом 25-километровой полосы отчуждения (по 8 миль или, округляя, по 12 км с каждой стороны) вдоль всей линии от Иркутска (впоследствии от Канска, где она должна была стыковаться и Транссибом) до Берингова пролива протяженностью около 5 тыс. км. Настойчивые домогательства Лобеля возобновлялись с 1902 по 1907 гг. пять раз. В переговоры авантюрного толка были втянуты видные государственные деятели (не без участия советчиков типа близкого к царскому двору полковника в отставке В.М.

Вонлярлярского). Несмотря на колебания некоторых царских сановников, в 1907 г. противники ипостранной концессии и Совет Министров окончательно отклонили предложения американского синдиката.

В процессе переговоров Лобель перешел от первого варианта однолинейной магистрали к разветвленной сети (рис. 2) железных дорог по территории Сибири и Дальнего Востока. Не имея возможности в журнальной статье говорить о деталях происходивших событий, напомним лишь, что, по расчетам занимавшихся проблемой комиссий, только по первому варианту линии Транс—Аляска—Сибирь под полосу отчуждения для ее бесконтрольной эксплуатации синдикатом, требовалось отвести до 140 тыс. км земельной площади, т. е. «пространство вдвое большее того, которое занимает Бельгия и Голландия вместе».

Исследователь вопросов развития транспорта в арктических районах страны С.В. Славин, анализируя в «Летописи Севера» за 1949 г. экспансионистские претензии американского синдиката за спиной французского представителя, писал, что «речь фактически шла об американской колонизации всей территории северо-восточной части Азиатской России, исчисляемой в несколько миллионов квадратных

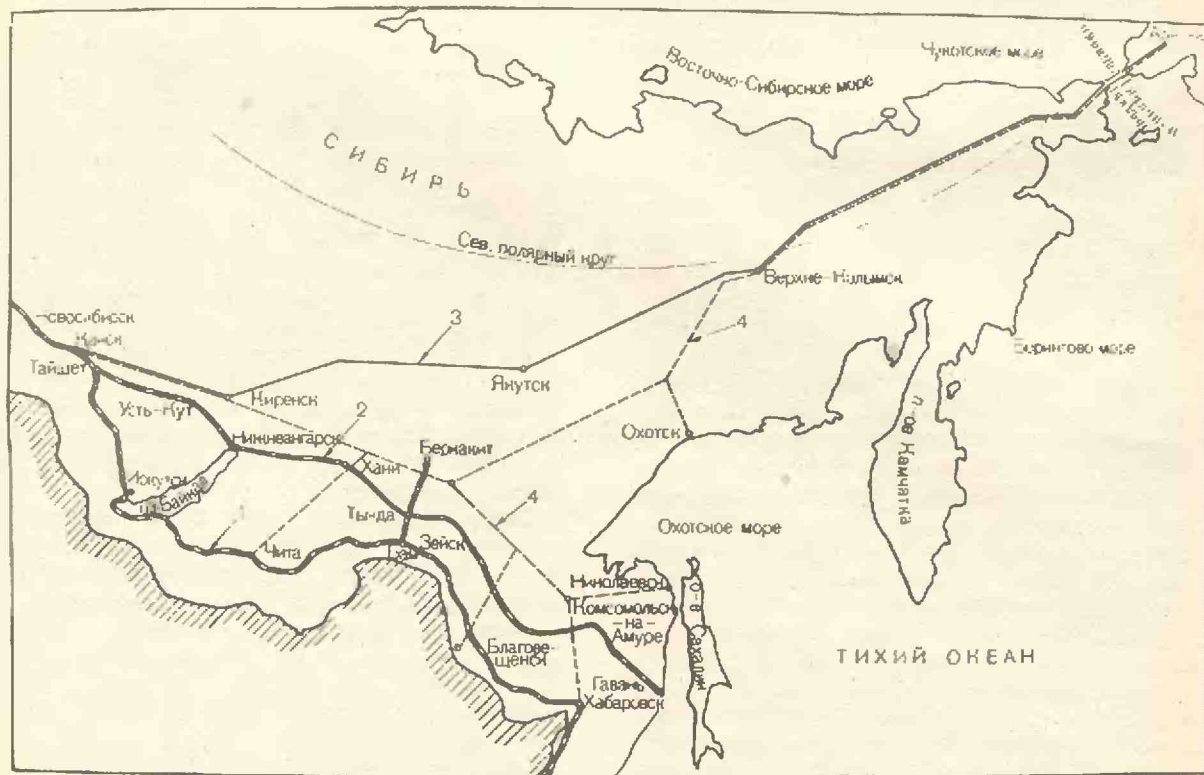


Рис. 2. Проектировавшиеся железнодорожные линии Транс-Аляска-Сибирь: 1—существующая Транссибирская магистраль; 2—существующая Байкало-Амурская магистраль; 3, 4—проекты Лойк де Лобеля: 3—первоначальный (1902 г.); 4—развитой (1907 г.).

километров и прсвышающей территорию Франции в пять-шесть раз».

Из-за исключительно суровых природных условий постройка и эксплуатация железной дороги Транс—Аляска—Сибирь представляли бы несравнимо большие сложности, чем, например, находящиеся южнее Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей. Об этих условиях думал и Лейк де Лобель, в 1900 году объездивший Аляску.

Чтобы преодолеть трудности производства земляных работ в обширных зонах вечной мерзлоты и исключить возможность снежных заносов, он обратился к только что возникшей системе монорельсовых железных дорог, позволяющих, кроме того, сэкономить металл, необходимый для рельс.

Наиболее перспективной системой оказалась, по его мнению, подвесная монорельсовая дорога русского инженера И.В. Романова, прошедшая в 1900 г. опытную эксплуатацию в Гатчине и экспонировавшаяся на Всемирной выставке в Париже. Основная идея этой системы с асимметричной подвеской вагонов была использована в 1902 г. на действующей в наши дни монорельсовой дороге в Вуппертале (Германия) и в проекте скоростной дороги между Петербургом и Москвой, в разработке которого принимал участие проф. Л.Ф. Николаи — отец первого начальника Московского метропроекта В.Л. Николаи.

В принципе монорельсовая система позволяла нивелировать положение рельсового пути только изменением высоты столбов, без устройства насыпей и выемок.

По рекомендации Лобеля и запросу синдиката Аляско-Сибирской дороги чертежи Романова доставили в Чикаго, где они были аттестованы как «практично, безопасно, экономично».

Несколько слов об условиях преодоления Берингова пролива. Существование протока между Северным Ледовитым и Тихим океанами было подтверждено русским землепроходцем С.И. Дежневым еще в середине 17 в., но донесение об этом было обнаружено в Иркутске почти столетие спустя. По предложению немецкого путешественника И. Форстера имя первооткрывателя было присвоено офицеру русского флота Витусу Берингу. Экспедиция его в 1728 г. обследовала здесь группу так называемых Диомидовых островов. Среди них самый большой — остров Ратманова (назван именем участника кругосветной экспедиции И.Ф. Крузенштерна — Макара Ивановича Ратманова) находится пока на российской акватории пролива (рис. 3). Около 10 тыс. лет тому назад на этом месте был сухопутный перешеек, по которому задолго до Колумба в Америку перешли предки индейцев.

Нынешний Берингов пролив относительно неглубок и по данным замеров, проведенных в малодоступной, большей частью года покрытой льдом местности, не опускается ниже 42—55 м.

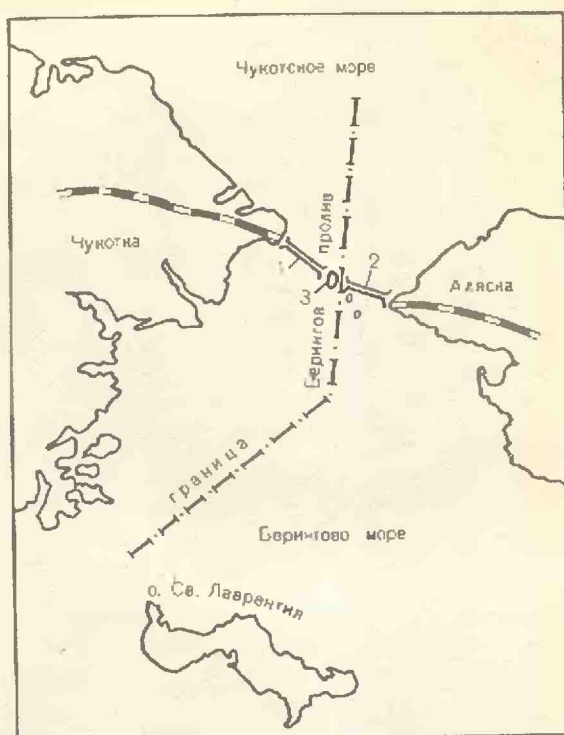


Рис. 3. Схема тоннельного пересечения Берингова пролива: 1, 2—подводные тоннели; 3—остров Ратманова.

Ширина его в наиболее узкой части составляет 85—90 км, а длина — 60 км. В связи с тем, что здесь можно изыскать более мелководную трассу, возникали проекты устройства сухопутного перехода. В 1948 г. в Академии наук рассматривался проект инженера А.Н. Шумилина, предложившего перегородить пролив грандиозной плотиной с целью изменения климатического режима в Арктике. Спустя десятилетие эта идея была развита инженером П.М. Борисовым, соединившим плотиной Уэлен и Уэллс.

По аналогии с глубокими — Гибралтарским (до 1000 м), Ламаншским (до 100—200 м), Босфорским (до 120 м), Мессинским (100—130 м) проливами и для Берингового проектировали вариант «пловучего» тоннеля. Но более приемлемым представляется первоначальное предложение Лойк де Лобеля соорудить два тоннеля под дном пролива: один — от мыса Дежнева до острова Ратманова; второй — от острова до мыса Принца Уэллского.

Автор последнего «обновленного» варианта Джордж Кумал считает, что к строительству нужно приступить в уже оставшиеся несколько лет текущего столетия. Но окончательное решение вопроса о практической реализации идеи тоннеля под Беринговым проливом — в компетенции политических кругов заинтересованных государств.

Микропроходка — новое направление в коммунальном тоннелестроении

С. ВЛАСОВ,

заместитель председателя Правления Тоннельной ассоциации

В апреле 1992 г. в Мюнхене (Германия) в течение 7 дней проходила XXIII Международная выставка-ярмарка строительных машин и оборудования для изготовления стройматериалов — «БАУМА-92». Это — самая крупная ярмарка, на которой был представлен полный ассортимент средств для строительного производства. По количеству и качеству экспонатов она не имеет себе равных. На ней демонстрировались образцы оборудования из 31 страны. Проводится такая выставка раз в 3 года. В последнее время на ней стали организовываться международные симпозиумы по разработке строительной техники для различных отраслей, в частности, для тоннелестроения. Большой успех таких симпозиумов в 1983, 1986 и 1989 гг. привел к тому, что это мероприятие стало регулярным и заняло постоянное место в программе выставки-ярмарки.

Посетители ярмарок имели возможность присутствовать на международном форуме и получить необходимую информацию о состоянии и тенденциях развития технологии тоннелестроения, ценное дополнение к которой дают «живая» техника на стендах ярмарки и личные контакты.

В 1989 г. на этой выставке проходил первый симпозиум по микропроходке, который подчеркнул перспективность развития данной технологии. За последние 3 года это направление подземного строительства стало бурно развиваться.

На «БАУМА-92» был проведен очередной симпозиум. На нем состоялся оживленный обмен мнениями между заказчиками-инвесторами, производителями работ и изготовителями оборудования по вопросам совершенствования микропроходки. В процессе обмена мнениями сложилась новая трактовка назначения бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций: не как специального способа производства работ, применяемого при проведении участков коллекторов под напряженными автомагистралями, железнодорожными насыпями, водными преградами и т. п., а как практической возможности сооружения разветвленных подземных инженерных сетей исключительно закрытым способом. Соответственно, требуемая длина плетей, прокладываемых без промежуточных колодцев при жестких допусках на ошибки ведения, должна увеличиться с 20—70 м до 100—150 м и более (т. е. в соответствии с расположением смотровых колодцев сети).

Таким образом, к задачам, для решения

которых предназначены передовые бестраншейные технологии, относятся:

сооружение новых коллекторов и отводов в зонах сплошной городской застройки и под улицами, где вскрытие дневной поверхности сопряжено с большими расходами;

реконструкция изношенных инженерных сетей в районах старой застройки;

обеспечение населения улучшенными коммунальными услугами.

Среди разнообразных бестраншейных технологий, существующих в настоящее время, наибольшая активность зарубежного машиностроительного рынка наблюдается в следующих направлениях: проходка механизированными щитовыми комплексами с гидравлической и грунтовой пригрузкой забоя (микропроходка), шнековое бурение, ударно-импульсный и статический проколы, горизонтальное бурение с промывкой скважины. Этими способами прокладываются железобетонные, керамические, асбестоцементные, стеклопластиковые, стальные и композитные трубопроводы. Наиболее широкими техническими возможностями на современном этапе обладает способ микропроходки, который развивался путем последовательной миниатюризации и автоматизации механизированных щитов (минищиты), рис. 1.

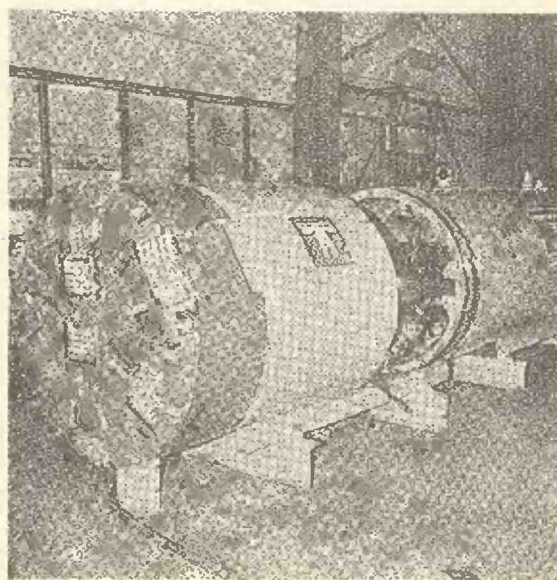


Рис. 1. Микрощит фирмы «Херренкнехт» для скальных грунтов.

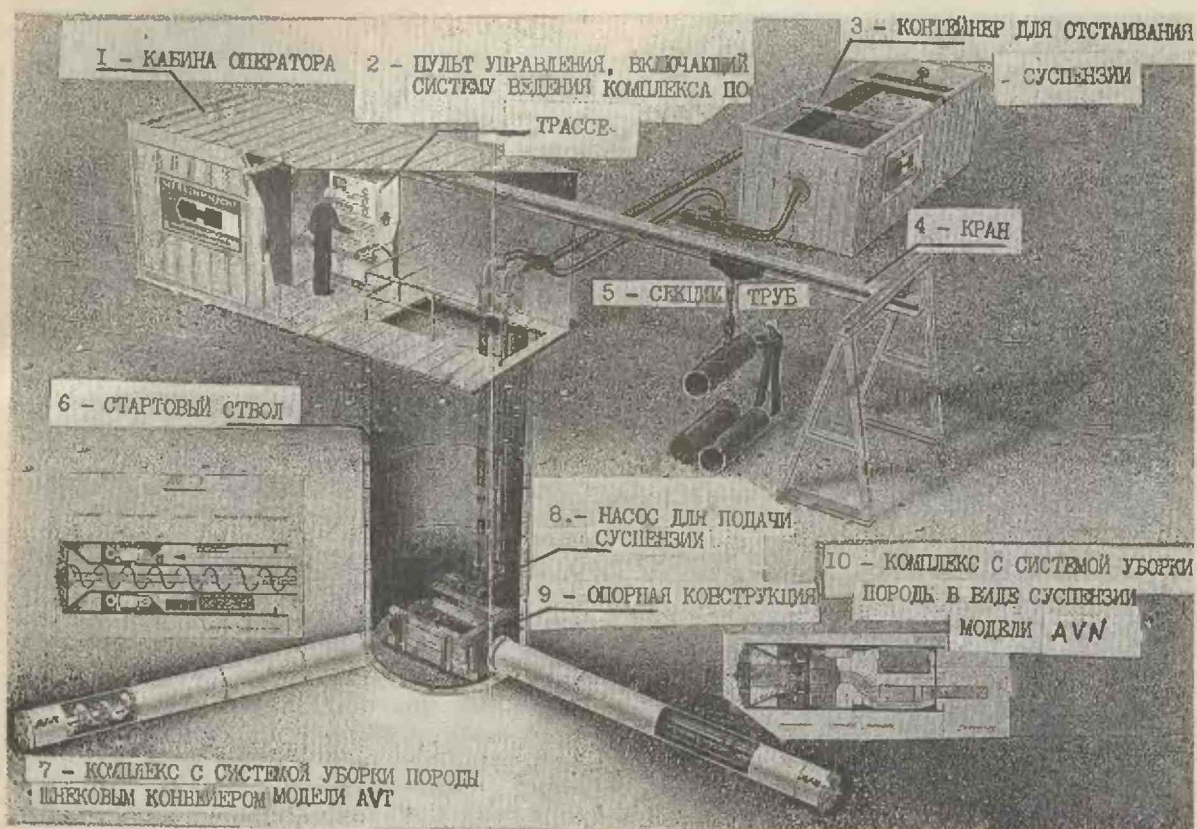


Рис. 2. Технологическая схема бестраншейной прокладки трубопроводов с применением микропроходческих комплексов фирмы «Херренкнехт».

Главным преимуществом остальных из названных технологий, основанных на традиционных принципиальных схемах, является невысокая стоимость оборудования.

Развитие и практическое освоение микропроходки началось в 70-х гг. главным образом в Японии. В 1979 г. ее применили в ФРГ, в 1986 г. — в Великобритании, в 1989 г. — во Франции.

В Японии объем горнопроходческих работ, выполненных микрокомплексами, составил к концу 1985 г. — 298 км, а к марту 1989 г. — 650 км, причем ежегодный прирост сохраняется на уровне 5—15%. Ведущей японской производителем микропроходческой техники — фирма «Исэки Поли-Тех» — выпустила к концу 1989 г. 542 комплекса для диаметров выработок от 250 до 900 мм. По прогнозам объемы этих работ будут увеличиваться.

Развитие и применение микропроходки в Германии связано, в первую очередь, с прокладкой канализационных коллекторов. В 80-х гг. их было построено 250 км. За последние годы потребность в проведении этого вида работ значительно возросла. По прогнозу на перспективу, среднегодовой объем нового строительства составит 8500 км, а капитального ремонта — 7200 км, причем эти цифры относятся только к общественным сетям канализации. В Гер-

мании имеется большое количество фирм, занятых изготовлением микропроходческих комплексов. Наиболее крупными из них являются «Херренкнехт», «Зольтау», «Вестфалия-Бекорит», «Бортек» и др.

В то же время следует отметить, что в большинстве развитых зарубежных стран удельный вес микропроходки пока незначителен, но постепенно развивается. Так, например, применение микропроходки во Франции стало возможным благодаря инициативе ряда работников из общественного и частного секторов, убежденных в технической и экономической эффективности этого способа. Его внедрение проходило в условиях весьма критического отношения, но в то же время вызвало интерес у специалистов.

В течение первого этапа микропроходки соорудили пять участков тоннелей общей длиной 600 м с обделкой из железобетонных труб диаметром от 300 до 500 мм. Затем, в 1990 г. было пройдено свыше 2,4 км тоннелей диаметрами от 300 до 1200 мм, а в 1991 г. — уже 6 км. Примерно такое же положение и в Великобритании: при сооружении в 1990 г. Северо-Западной компанией канализационных коллекторов протяженностью 90 км микропроходкой было выполнено всего 1,3 км.

Теперь о технологии работ. К микропроход-

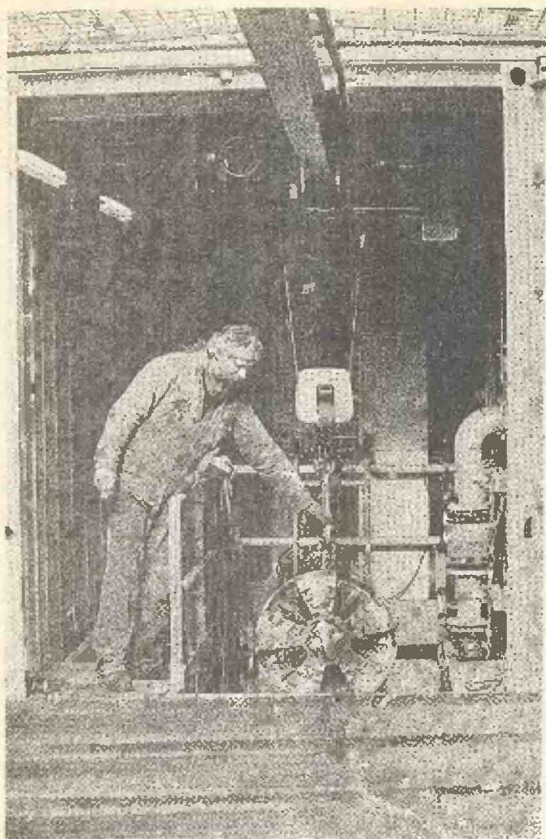


Рис. 3. Опускание микрощитовой установки в створный ствол.

ке обычно относят технологические схемы, предусматривающие продавливание колонны труб за проходческим щитом, оборудованным роторным исполнительным органом с системами уборки грунта шнековым транспортером или по трубопроводам и механизмом ведения по трассе с дистанционным управлением (рис. 2).

До начала проходки методом опускных секций или иным способом сооружают ствол диаметром 2,5—3,5 м, который используют как стартовый котлован. Преимущество круглого его

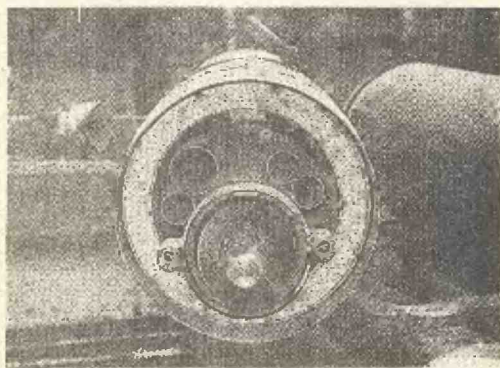


Рис. 4. Постоянная секция продавливаемой колонны труб с расположенными в ней шнеком и кабельными каналами.

сечения заключается в том, что для изменения направления проходки достаточно лишь развернуть саму установку.

На поверхности рядом с котлованом, либо непосредственно над ним расположен контейнер, в котором находятся пульт управления устройства для ведения щита и другое оборудование, необходимое для проходки (см. рис. 2, 1—2). Опорная конструкция и микрощитовая установка опускаются в котлован и монтируются встроенным в контейнер (рис. 3) краном. Для обустройства площадки, монтажа установки и ее эксплуатации требуется 3—4 человека. В отличие от открытого способа прокладки труб при данной технологии работы можно вести круглогодично без перерыва на зимний период.

Разработанный планшайбой грунт измельчается встроеной в щит дробилкой, доставляется шнековым транспортером обратно в стартовый котлован или ствол, грузится в контейнер и поднимается на поверхность краном (комплекс АУТ).

В условиях сильной обводненности применяется микропроходка с гидравлической или бентонитовой пригрузкой забоя. В этом случае грунт транспортируется по трубопроводам прямо на поверхность в контейнер для отстоя суспензии или грунта.

По мере внедрения планшайбы в грунт задавливаются секции труб. Управление установкой осуществляется с помощью системы ведения по лазерному лучу: излучатель размещают в стартовом котловане, отражатель — на планшайбе. Отклонения порядка 0,1 мм от проектной оси автоматически регистрируются и корректируются.

При таком способе можно без прекращения движения транспорта на поверхности осуществлять продавливание на длину более 150 м. Продавливают, как правило, постоянную конструкцию трубопровода (рис. 4), но практикуются и схемы прокладки в два этапа: вначале временного трубопровода, а впоследствии — постоянного. В этом случае дополнительные строительные расходы компенсируются тем, что постоянный трубопровод подвергается при прокладке меньшим нагрузкам, т. е. снижается опасность его дефектов. Автоматизированные домкратные станции (рис. 5) обеспечивают возможность управлять всем технологическим процессом, включая выдачу разработанного грунта и регулирование пригрузки забоя, с одного централизованного пульта. К способу микропроходки можно отнести и другие схемы прокладки коммуникаций в две стадии, например, с использованием оборудования для управляемого лидерного прокола ТР-80 фирмы «Комачу сэйсакусэ» и последующим раскрытием направляющей скважины до проектного диаметра, закрепляемого продавливанием постоянных труб.

Создание механизированных щитов с гидравлической и грунтовой пригрузкой забоя

не только больших, но и малых диаметров обеспечило возможность применения микропроходческих комплексов для точной прокладки трубопроводов ниже уровня грунтовых вод, а с использованием призабойных дробилок — в гравелистых и валунных массивах. Наиболее характерные конструкции микропроходческих комплексов — фирм «Херренкнехт» и «Зольтау» (ФРГ).

Первая приобрела широкую известность благодаря своим механизированным щитам с открытым забоем для продавливания трубопроводов больших диаметров, но с 1985 г. активно включилась в разработку микрощитов для перемещающихся и смешанных грунтов.

Шнековый микропроходческий комплекс АУТ выпускается четырех типоразмеров на внутренние диаметры труб от 250 до 700 мм. Для диаметров до 400 мм используется собственная лазерная система ведения, в остальных — система английской фирмы «ЗЕД Инструментс». Технические возможности оборудования позволяют разрабатывать породы и материалы прочностью на сжатие до 30 МПа, в частности, самостоятельно выполнять врезку в бетонное ограждение котлована. Максимальная кусковатость пропускаемого гравия составляет от 30 до 60 мм в зависимости от диаметра щита.

Микрогидрощит выпускается шести типоразмеров на диаметры труб от 300 до 1000 мм. Этот агрегат с гидравлической (водной) пригрузкой забоя оборудован ротором-дробилкой, способной работать по тем же породам и материалам, что и оборудование АУТ. Максимальная масса опускаемого в приямок узла оборудования для обих установок — 3,2 т.

За период с 1986 по 1988 гг. этими установками было пройдено свыше 20 км выработок, причем скорости прокладки достигали 30 м в смену.

Фирма «Зольтау» выпускает две модели полностью автоматизированных шнековых машин — PVS250A и PVS100A. На стадии изготовления в качестве опытного образца находится их аналог с выводом породы способом гидротранспорта, оснащенный дробилкой. Обе модели предназначены для прокладки постоянных труб: PVS250A — внутренним диаметром 400—700 мм, а PVS100A — 250—400 мм. При использовании кессона возможна работа в условиях высоты гидростатического напора до 4 м. Машина PVS100A дробит гравий крупностью до 45 мм; максимальная дальность прокладки у нее составляет 100 м, тогда как для PVS250A проектная средняя длина плетей — 60—70 м.

Заявила о себе, особенно в последнее время, фирма МЖФ, которая специализируется на микропроходке в смешанных скальных грунтах с рабочим органом, оснащенным сменным режущим инструментом (слайдом).

В результате работ, проводимых в последние 6—8 лет, установлено, что для сооружения и капитального ремонта канализационных коллек-

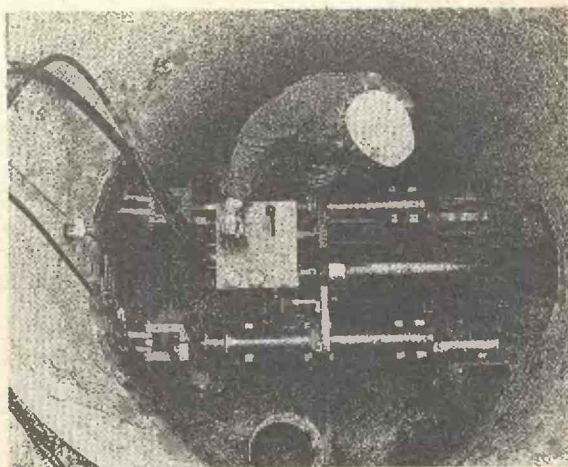


Рис. 5. Автоматизированная дократная станция.

торов и иных инженерных коммуникаций большие преимущества имеет способ микропроходки. В некоторых городах и регионах бестраншейные методы прокладки трубопроводов, недоступных для человека сечений, уже практически освоены. Этому способствовали конструкторские разработки предшествующих лет и постоянный обмен информацией между машиностроителями, заказчиками и производителями. Достигнут значительный прогресс в расширении области применения указанной технологии, повышении ее надежности и экономичности.

Тем не менее в настоящее время как при прокладке, так и капитальном ремонте коллекторов более, чем 95 % объемов работ выполняются открытым способом, которому присущ целый ряд недостатков по сравнению с бестраншейными. Главный из них — это нарушение среды обитания жителей городов в связи со строительными работами. Поэтому удельный вес микропроходки будет увеличиваться. Для этого потребуются дальнейшее повышение технического уровня микропроходческого оборудования на базе продуманного планирования, размещения и подготовки строительных подрядов.

На проводимом симпозиуме по микропроходке на «БАУМА-92» отмечалось, что перспектива расширения ее внедрения на обширный рынок коммунального тоннелестроения зависит, в первую очередь, от успешного решения следующих организационных проблем:

переосмысление принципов планирования и конкурсного размещения подрядов с учетом специфических особенностей бестраншейных способов работ;

включение отводов на здания в планы работ по реконструкции канализационных сетей;

пропаганда экологических и экономических преимуществ бестраншейных технологий;

эффективное решение проблемы преодоления или обхода препятствий забоя при безлюдной проходке.

ПОДЗЕМНЫЕ АВТОСТОЯНКИ И ГАРАЖИ

Л. МАКОВСКИЙ,
канд. техн. наук

В настоящее время во многих крупных городах мира эксплуатируются и строятся подземные автостоянки и гаражи, отличающиеся назначением, местом расположения, вместимостью, способом перемещения автомобилей (рамповые и механизированные), количеством ярусов, конструктивными особенностями, способом строительства и др.

Большинство подземных автостоянок и гаражей сооружают открытым способом с вскрытием дневной поверхности, что связано с неизбежными нарушениями движения наземного транспорта и пешеходов, с осадками зданий и сооружений, с необходимостью перекладки инженерных коммуникаций.

В определенных топографических, градостроительных и инженерно-геологических условиях оказывается целесообразным и экономически эффективным строительство подземных автостоянок и гаражей закрытым способом, о чем свидетельствует опыт Австрии, Германии, Финляндии, Норвегии и др. стран. Наиболее благоприятные условия для этого — расположение их под отрогами гор, холмами и др. возвышенностями. В данном случае их выполняют в виде отрезков тоннелей длиной до 150—200 м, сооружаемых в крепких скальных породах с применением буровзрывных работ, а в полускальных и мягких — механизированными тоннелепроходческими машинами или щитовыми агрегатами.

С использованием буровзрывных работ построен подземный гараж на 1500 автомобилей под холмом Монсберг в Зальцбурге (Австрия). Два тоннеля длиной по 136 м расположены

параллельно в крепких скальных породах и соединены между собой поперечными сбойками. Каждый тоннель сводчатого очертания пролетом 16 и высотой 15 м рассчитан на четырехъярусное хранение автомобилей. На каждом ярусе высотой 2,2 м принята их двухсторонняя прямоугольная расстановка перпендикулярно оси проезда; размеры стояночного места — 5 x 2,3 м, ширина проезда — 6 м. По торцам тоннелей устроены спиральные рампы диаметром 18 м для переезда автомобилей с яруса на ярус.

Проходку вли преимущественно буровзрывным способом, частично тоннелепроходческой машиной типа АМ-50 с рабочим органом избирательного действия производительностью 40 м³/ч; отделка — из набрызгбетона.

Возведение подземного гаража закрытым способом с использованием рельефа местности позволило значительно снизить стоимость работ и сократить протяженность подъездных путей.

В Финляндии получили распространение типовые автостоянки, которые устраивают в подземных выработках сводчатого очертания пролетом до 30 м и высотой 12—15 м. Проходку их в скальных породах ведут горным способом по технологии сплошного или ступенчатого забоя с применением буровзрывных работ. В зависимости от крепости и устойчивости пород выработку оставляют без отделки или устраивают анкерную, набрызгбетонную или бетонную крепь.

На рис. 1, а показано поперечное сечение типовой подземной автостоянки, а на рис. 1, б — этапы раскрытия выработки.

В этом плане наиболее широкие возможности избежать диспропорций конкурентной борьбы, способствовать стандартизации технологии работ и унификации строительных изделий, тем самым внося вклад в экономическую эффективность производства, имеет государственный заказ. Законодательные органы должны подготовить юридические основания для так называемого «социального финансового стимулирования», оправданного экономически и в то же время создающего льготные условия для широкого внедрения бестраншейного способа проходки.

К сожалению, следует отметить, что в бывшем Советском Союзе технология бестраншейной прокладки трубопроводов с использо-

ванием микрощитов не применялась. В то же время преимущество ее в экологической безопасности среды проживания в крупном городе очевидно. Практически отсутствуют разрытые ямы и траншеи на большой длине для прокладки труб, кучи вынутого и не убранного грунта, разложенные по улицам трубы.

В настоящее время Тоннельная ассоциация и НТЦ «Мосинжстрой» выступили с инициативой о создании опытного образца микрощита и осуществления в 1993—94 гг. работ по бестраншейной прокладке трубопровода с его использованием.

Сейчас изыскиваются средства на проведение опытных работ по этой технологии.

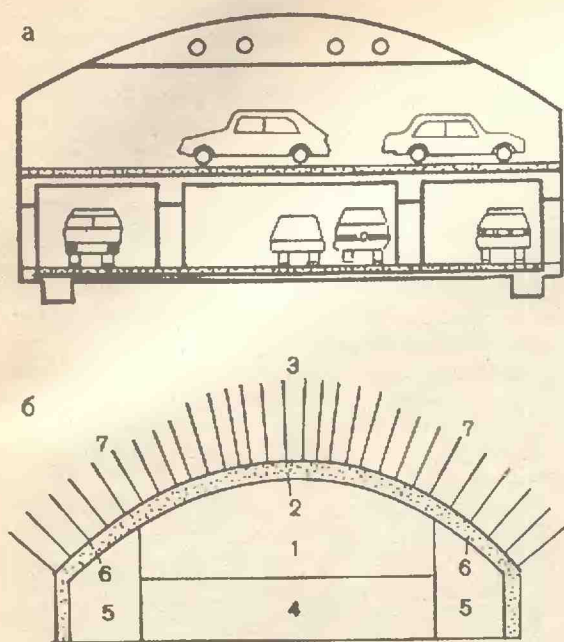


Рис. 1. Поперечное сечение жилой подземной автостоянки (а) и этапы (1-7) раскрытия выработки (б).

В Норвегии закрытым способом построено большое количество подземных убежищ, которые в мирное время используются как автостоянки, теннисные корты и пр. Крупнейшее подземное убежище длиной 130 и пролетом 26 м возведено в Тромсо.

Автостоянка на 400 автомобилей размещается в подземном убежище площадью 5700 м² в Фредрикстаде. В 1987-88 гг. в Молде сдан в эксплуатацию подземный гараж тоннельного типа на 750 машино-мест. Он состоит из 7 параллельных выработок с проездом по наружному периметру. Подземное сооружение занимает площадь размером 260 x 150 м и заложено на глубине 6 м. Между тоннельными выработками оставлены породные целики шириной 15 м.

При устройстве подземных автостоянок и гаражей тоннельного типа в полускальных и

мягких породах наибольшее распространение получил новоавстрийский способ. С его применением в 1983-84 гг. построен четырехъярусный подземный гараж на 314 автомобилей в Леонберге у Штутгарта (Германия). Подземная выработка длиной 140 м, пролетом 17,6 м и высотой 15 м заложена на глубине от 17 до 23 м под застроенной территорией: непосредственно над гаражом расположено 8 жилых и общественных зданий, а поблизости еще 28 зданий. К основному тоннелю, расположенному на уклоне 5 %, ведут подъездные длиной 200 м с уклоном 14,5 % (рис. 2).

Для крепления выработки использовали стальные арки, анкеры и набрызгбетон. Для защиты гаража от подземных вод устроена пленочная гидроизоляция из полихлорвинила общей площадью 7500 м². Были приняты также меры по защите зданий и сооружений от вибраций: непрерывный мониторинг уровня вибрации и корректировка параметров взрывных работ.

Трехъярусная подземная автостоянка на 345 автомобилей в Ландсберге, в 60 км западнее Мюнхена (Германия), размещена в историческом районе города под холмом Шлоссберг высотой 35 м. Так как место расположения стоянки окружено памятниками архитектуры и создание наземных подъездов практически невозможно, открытый способ работ был отклонен и принят новоавстрийский.

Автостоянку запроектировали тоннельного типа в виде крупной подземной выработки длиной 180 м, пролетом 18,9 м и высотой 16,4 м, заложеной на глубине 22 м (рис. 3). По данным геотехнической разведки у поверхности залегает мощный слой плотного гравия и конгломерата, подстилаемый слоем водоупорной глины. Уровень грунтовых вод находится на глубине 1 м от поверхности земли.

Строительство автостоянки осуществляли в 6 этапов с разработкой породы экскаватором с обратной лопатой и креплением каждого элемента выработки площадью поперечного сечения 20-40 м² слоем набрызгбетона и решетчатыми арками с шагом 0,8-1 м. Разработанную породу транспортировали в думперах

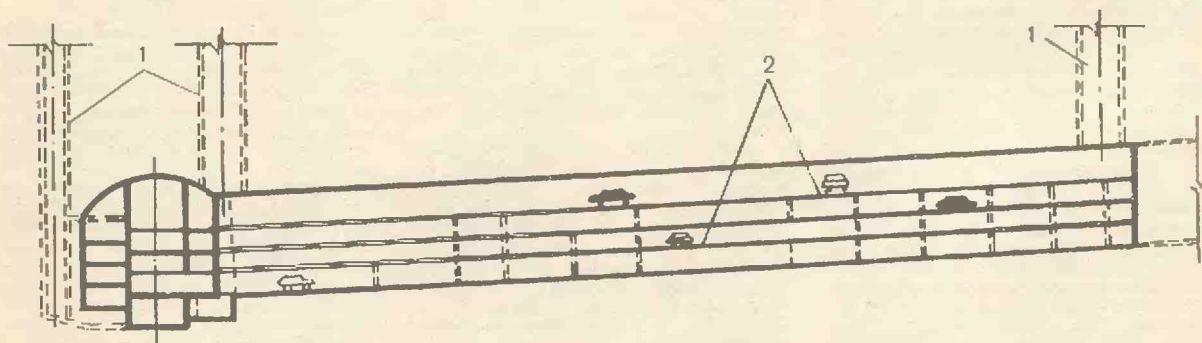


Рис. 2. Продольный разрез и поперечное сечение подземного гаража в Леонберге: 1 - шахтные стволы; 2 - места для стоянки автомобилей.

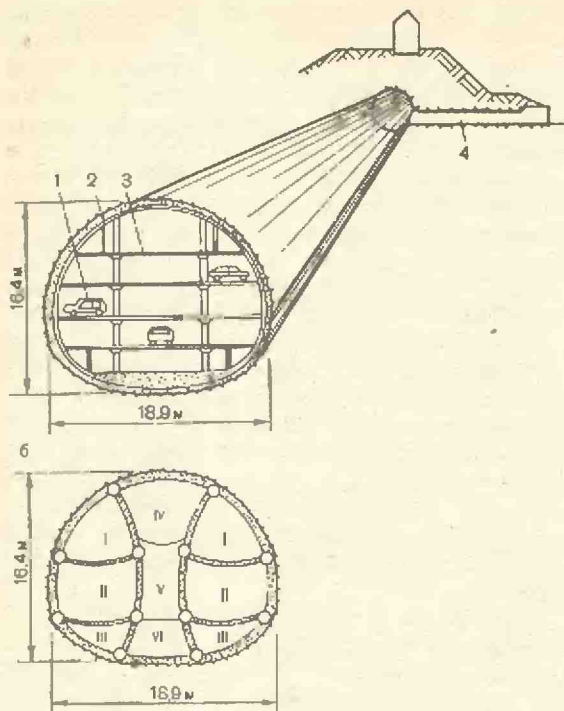


Рис. 3. Общий вид (а) и этапы раскрытия выработки (б) подземной автостоянки в Ландсберге: 1 — стояночные места; 2 — обделка; 3 — проезд; 4 — въезд-выезд; I — VI — этапы работ.

объемом 12 м^3 на пневмоходу. Набрызгбетон наносили по «сухой» технологии. Стены основной выработки закрепляли двумя слоями набрызгбетона толщиной по 20 см по двойной стальной сетке.

По мере раскрытия выработки временные покрытия из набрызгбетона между отдельными ее элементами разрушали. В последнюю очередь разрабатывали нижнюю часть площадью 18 м^2 под обратный свод, устанавливали решетчатые арки и наносили слой набрызгбетона толщиной 35 см.

Помимо основной выработки соорудили 60-метровый подходный тоннель, три лифтовых шахтных ствола глубиной 30 м и аварийно-вентиляционный глубиной 37 м. В период строительства проводили измерения деформаций поверхности земли, зданий и сооружений, а также проходных подземных выработок. Были зарегистрированы небольшие осадки поверхности земли и незначительные трещины в зданиях.

Сооружение подземной автостоянки обошлось в 35 млн. германских марок при стоимости одного машино-места около 68 тыс. марок, что значительно дороже, чем при открытом способе (37 тыс. марок). Однако такое увеличение стоимости оправдывается минимальными нарушениями поверхности при использовании новоавстрийской технологии.

Ряд проектов строительства подземных автостоянок и гаражей по трассе автомагистралей Лондона, Парижа и Токио предусматривает щитовую проходку тоннелей.

Как правило, поперечные сечения подземных автостоянок и гаражей тоннельного типа характеризуются большими размерами, значительно превышающими размеры транспортных тоннелей. Не исключая возможности создания таких выработок щитовым способом, следует учитывать, что проходка их потребует разработки и изготовления новых типов обделок и оборудования, что, в свою очередь, приведет к существенному удорожанию строительства. Однако для возведения двухъярусных подземных автостоянок и гаражей тоннельного типа можно использовать существующие конструкции и оборудование.

Положительный опыт сооружения подземных автостоянок и гаражей закрытым способом за рубежом может быть использован при комплексном освоении подземного пространства в Москве, Санкт-Петербурге и других крупных городах нашей страны.

Знаете ли вы?

•Что обычные для Японии линии метрополитена прокладываются в одном уровне со свайными фундаментами и подземными ярусами зданий и сооружений. В настоящее время эта зона заглубления близка к пределу. Более выгодной становится прокладка линий метро на достаточно большой глубине — порядка 40—60 м с увеличением расстояния между станциями.

•Что для проходки тоннелей одного из участков метрополитена в Токио циркулярного поперечного сечения использовался щит с двумя рабочими органами. Интересно, что после окончания проходки тоннеля, внутреннее оборудование щита разобрали, оставив в породе его корпус (это решение было экономично, чем извлечение корпуса на поверхность для последующего использования).

•Что в Лионе (Франция) для быст-

рого преодоления разности высот в 90 м между центром и северной частью города трасса метрополитена проходит через тоннель бывшей наземной дороги с максимальным уклоном 17,4%. Трасса на протяжении 936 м оборудована зубчатым рельсом. Скорость здесь не более 35 км/ч, а при движении вниз 17—21 км/ч.

•Что на 21 метрополитене мира используются билеты с магнитной дорожкой и турникеты с электронным считывающим устройством. При входе проездной билет вкладывают в турникет, который контролирует срок его действия, кодирует на нем место и время входа. Выходной турникет вычитывает стоимость проезда и устанавливает, остался ли остаток, а затем возвращает билет к дальнейшему использованию. В случае недостаточной суммы билет возвращается с указанием, сколь-

ко необходимо доплатить в специальном автомате, иначе турникет не пропустит пассажира.

•Что в Торонто (Канада) в вагонах метрополитена имеется аварийный сигнал. Яркая сплошная полоса на стене вагона снабжена подписью: «Для оказания помощи — нажмите на полосу». Получив сигнал, машинист поезда через диспетчера вызывает: врача, полицию или пожарных.

•Что с 1990 г. на метрополитене Парижа эксплуатируются электропоезда со сквозным переходом между вагонами. Вагонный переход является цельнометаллическим шарниром; он легко разбирается, что дает возможность быстро изменить составность поезда. Наличие сквозного прохода повышает равномерность распределения нагрузок на колесные пары поезда, улучшает комфорт для пассажиров.

Бернгард Келлерман

ТУННЕЛЬ

Часть вторая

1

Обливавшиеся потом люди вгрызались в глубь земли во Франции, в Финистерре и на океанских станциях так же, как в туннельном городе на американском берегу. День и ночь в этих пяти пунктах земного шара вздымались гигантские столбы дыма и пыли. Стотысячная армия рабочих вербовалась из американцев, французов, англичан, немцев, итальянцев, испанцев, португальцев, мулатов, негров, китайцев. Здесь царил смешение всех существующих наречий. Отряды инженеров сперва большей частью состояли из американцев, англичан, французов и немцев. Но вскоре стало стекаться множество добровольцев, получивших техническое образование в высших школах всего мира — японцы, китайцы, скандинавы, русские, поляки, испанцы, итальянцы.

В различных точках французского, испанского и американского побережья, Бермудских и Азорских островов появились инженеры Аллана с полчищами рабочих и начали рыть землю, как в главных пунктах строительства. Их задачей было сооружение электростанции — «Ниагары» Аллана, энергия которой нужна была ему для приведения в движение поездов между Америкой и Европой, для освещения и вентиляции огромных штолен.

Усовершенствовав систему немцев Шлика и Липмана, Аллан приступил к сооружению огромных вместилищ, куда во время прилива вливалась морская вода, чтобы с грохотом низвергнуться в расположенные ниже бассейны и своим стремительным падением заставить вращаться турбины, рождающие в динамо ток, а при отливе снова вернуться в море.

Металлургические и прокатные заводы Пенсильвании, Огайо, Оклахомы, Кентукки, Колорадо, Нортумберленда, Даргема, Южного Уэльса, Швеции, Вестфалии, Лотарингии, Бельгии, Франции вносили в книги огромные заказы Аллана. Угольные копи усиливали добычу, чтобы покрыть возросший спрос на топливо для транспорта и доменных печей. Медь, сталь, цемент неслыханно повысились в

цене. Большие машиностроительные заводы Америки и Европы работали с ночной сменой. В Швеции, России, Венгрии и Канаде вырубали леса.

Целый флот грузовых пароходов и парусных судов беспрерывно сновал между Францией, Англией, Германией, Португалией, Италией и Азорскими островами, между Америкой и Бермудскими островами, доставляя материалы и рабочую силу на места стройки.

Авторитетнейшие ученые (преимущественно немцы и французы) плавали на четырех пароходах синдиката, проверяя на тридцатимильной ширине глубины над кривой туннеля, спроектированной на основании известных океанографических измерений.

Со всех станций, рабочих поселков, пароходов, из всех промышленных центров день и ночь стекались нити в дом туннельного синдиката, на углу Бродвея и Уолл-стрит, и отсюда в одни единственные руки — в руки Аллана.

За несколько недель напряженнейшей работы Аллан привел громадную машину в движение. Созданное им предприятие охватило весь мир. Его имя, еще так недавно никому неизвестное, сверкало, как метеор, над человечеством.

Тысячи журналов интересовались им, и через некоторое время не было ни одного человека, читающего газеты, который не знал бы биографии Аллана во всех подробностях.

Когда Маку исполнилось десять лет, отец дал ему костюм из желтой ткани, шерстяной шарф, и в этот день он впервые спустился в шахту — туда, откуда приходил уголь.

Железный барьер звякнул, раздался звонок, клеть пошла вниз. Сперва медленно, потом с бешеной скоростью, так быстро, что Маку казалось, будто пол клетки, на котором он сидел, сейчас провалится. У мальчика потемнело в глазах, в животе сделалась спазма, но потом он оправился. С лязгом и стоном неслась железная клеть на глубину восьмисот метров. Раскачиваясь на ходу, она с таким звоном и треском ударялась о направляющие рельсы, что казалось — вот-вот разлетится вдребезги. Вода сверху шлепалась о нее, деревянные крепления шахты, мокрые, черные при свете рудничных ламп, летели вверх мимо открытых дверей. Мак говорил себе, что так и должно быть. Два года он ежедневно в часы смены наблюдал, как забойщики и рудокопы со своими лампочками, словно светлячки, танцевавшими в темноте, выходили из клетки, спускались в ней, и за все время были только две катастрофы. Один раз клеть ударилась о крышу, и рудокопы разбили себе головы, другой раз оборвался канат — дваштейгера и инженер рухнули вниз. Это могло случиться и теперь, но не случилось.

Внезапно клеть остановилась, и они очутились в штольне 8. Сразу стало тихо. Несколько черных до неузнаваемости, полукруглых людей встретили их.

Мак находился в жарком туннеле, погруженном в темноту и слабо освещенном только у ствола шахты. Вскоре вдаль показался огонек лампы, приближалась белая лошадь и с нею коногон Джей, старый знакомый Мака. Позади постукивали двадцать железных вагонеток с углем.

Этому Джею дали Мака в подручные, и целый месяц Мак тенью шагал рядом с ним, пока не обучился. Потом Джей исчез, и Мак сам исполнял его работу.

В штольне 8 он чувствовал себя как дома, и ему даже в голову не приходило, что десятилетний мальчик мог быть чем-нибудь, кроме коногона. Вначале его утнула темнота, еще больше — царившая здесь жуткая тишина. Какой же он был глупый, когда думал, что тут внизу со всех сторон раздается стук! Напротив, здесь было тихо, как в могиле, но, понимаешь ли, свистеть можно было сколько угодно. Только у ствола шахты, где пробегала клеть и несколько человек вкатывали и выкатывали вагонетки, да в забоях, где большей частью незримые для Мака забойщики висели, зажатые где-то в угле, было несколько шумнее. Только в одном месте штольни 8 раздавался оглушительный шум. Двое бурильщиков, которые, наверное, давно уже оглохли, плечом прижимали к породе пневматические буры, — и тут уж ни одного слова нельзя было разобрать.

В штольне 8 работало сто восемьдесят человек, и все-таки Мак редко кого-нибудь видел. Изредка проходил штейгер, порохострельный мастер, — это было все. Большим событием было, если в темном штреке показывалась лампочка и брел мимо одинокий путник. Все свое рабочее время Мак ездил взад и вперед по этим пустынным, темным, низким ходам. Он собирал у забоев и бремсбергов угольные вагонетки и доставлял их к стволу. Здесь он впрягал свою лошадь в готовый поезд из пустых вагонеток и вагонеток с породой для засыпки разработанных пластов, с подпорками, балками и досками для крепления забоев и развозил их по назначению. Он изучил весь лабиринт ходов, каждую балку, прогнувшуюся под давящей тяжестью горы, все забои, как бы они ни назывались — Джордж Вашингтон, Мерри Ант или Фат Билли. Он знал ветряные люки, откуда подымались тяжелые рудничные газы. Он знал каждую «гробовую крышку», вклиненные в породу короткие столбы, которые могли внезапно выскочить и расплющить тебя об стену. Он точно знал всю систему вентиляции, двери, которые не может открыть самый сильный человек, пока не выпустит через маленькое окошечко в двери сжатый воздух, вырывающийся со свистом, как ледяной вихрь. Были там штреки с тяжелой жаркой атмосферой, так что пот лился градом. Сотни раз за время смены

он проезжал эти ледяные и знойные штреки, так же, как это делают тысячи коногонов.

После смены он подымался с товарищами в мчащейся вверх дребезжащей клетси, подымался и опять спускался, не видя в этом ничего особенного, как клерк, садящийся в лифт, чтобы попасть в контору и обратно из конторы на улицу.

В штольне 8 Мак познакомился с Наполеоном Бонапартом, сокращенно Бони. Так звали его белую лошадь. Бони уже много лет провел внизу, в темноте, и наполовину ослеп. Его спина сторбилась, и голова была опущена к земле от вечного нагибания в низких штреках. В лужах между узкими рельсами Бони стоптал свои копыта, и они стали как лепешки. Его лучшие годы остались уже позади, и он порядком облез. Вокруг глаз и ноздрей у него образовались красные круги, которые его не украшали. При всем том Бони чувствовал себя прекрасно, он был толст и жирен и стал флегматиком. Он всегда шел одинаковой рысцой. Его мозг установился на этом аллюре, и иначе бегать он уже не умел. Мак мог без конца вертеться перед ним со щеткой (о ней будет речь впереди) — Бони не ускорял шага. Мак мог колотить его, и тогда этот старый жулик делал вид, будто торопится, он показывал свое старание, быстрее кивал головой, громче топал по грязи — но шага не прибавлял.

Мак не особенно нежничал с ним. Когда он хотел, чтобы Бони подался в сторону, он локтем толкал его в брюхо, иначе Бони не желал понимать. Хотя он и видел, что должен уступить дорогу, и настораживал уши, он все-таки ждал, пока его не толкнут в бок. Когда Бони засыпал, как это часто с ним случалось, Мак угощал его кулаком по носу. Ведь Мак обязан был доставлять вагонетки, и если он не справится с ними, — его выгонят. Он не мог быть снисходительным. Несмотря на все это, они были добрыми друзьями.

Мак без сомнения любил Бони. До сих пор он иногда вспоминает о нем. Он питает необычайный интерес к старым, толстым белым лошадям со сторбленной спиной и иногда останавливается, похлопывает такую лошадь по шее и говорит: «Смотри, Мод, вот так выглядел Бони!». Но Мод видела уже столько разных Бони, что начинала сомневаться в их сходстве с подлинным старым Бони. Мак ничего не смыслит в картинах и никогда не истратил на них ни цента. Но Мод нашла среди его вещей примитивно нарисованную старую белую лошадь. Впрочем, только через два года после замужества она заметила это его пристрастие. Однажды в Беркшир-Хиллс он вдруг остановил автомобиль.

— Посмотри-ка на этого белого коня, Мод, — сказал он, указывая на остановившуюся у

дороги старую лошадь, запряженную в деревенскую телегу.

Мод не могла удержаться от смеха.

— Что ты, Мак, эта старая белая кляча похожа на тысячи других!

С этим Мак, конечно, должен был согласиться и кивнул.

— Так-то так, Мод, но у меня когда-то была точно такая же белая лошадь.

— Когда?

— Когда? — Мак устремил взор вдаль; труднее всего ему было говорить о себе. Это было давно, Мод! В угольной шахте «Дядя Том».

Почти три года Мак проработал в ярусе 8 и прошел по штольням «Дяди Тома» половину длины земного экватора, когда разразилась катастрофа, которую многие помнят и поныне. Она стоила жизни двумстам семидесяти двум рудокопам, но принесла счастье Маку.

В третью ночь после Троицы, в три часа утра взорвались рудничные газы в нижнем ярусе «Дяди Тома».

Мак вел назад поезд пустых вагонеток и насвистывал уличную песенку, сжевечерне повторяющуюся хриплым фонографом в «салуне» Джонсона. И вдруг сквозь грохот железных вагонеток он услышал отдаленный гром. Продолжая насвистывать, Мак машинально оглянулся. Он увидел, что подпорки и балки ломались, как спички, и гора оседала. Мак изо всех сил дернул Бони за повод и закричал ему в ухо: «Гей, гей!». Испугавшись и слыша, как трещат позади подпорки, Бони попытался пуститься в галоп. Старик Бонапарт так вытянул свое неуклюжее тело, что оно совсем распласталось, и выбрасывал ноги в отчаянном финише, он вдруг исчез под грудой валившихся камней. Мак бежал во всю мочь, так как гора гналась за ним. Звать нельзя было! И вот он с ужасом заметил, что подпорки и балки трещат и впереди него, а потолок опускается. Схватившись руками за голову, он волчком завертелся на месте и бросился в боковую выемку. Штольня с грохотом обрушилась, стены выемки затрещали, и подгоняемый падающими камнями Мак бешено кинулся дальше. Под конец он бежал уже только по кругу, обхватив голову руками и крича!

Мак дрожал всем телом и совершенно обессилел. Он видел, что забегал в конюшню, как сделал бы и Бони, если бы гора не настигла его. Он вынужден был присесть, ноги отказывались нести его, и вот он сидел, оглушенный ужасом, и целый час не мог ни о чем думать. Наконец он поправил свою тускло горевшую лампу и огляделся. Он был заперт со всех сторон камнем и углем! Мальчик пытался сообразить, как все это произошло, но ему ничего не приходило на ум.

Так он просидел долгие часы. Он плакал от отчаяния и чувства одиночества, но потом

взял себя в руки. Он пожевал резину, и жизненные силы вернулись к нему.

Произошел взрыв газов или угольной пыли — это было очевидно. Бони был убит обвалом, а он — его, наверное, откапают!

Мак сидел на земле при свете своей маленькой лампы и ждал. Он ждал несколько часов, потом в его думу закрался ледяной страх, и он в ужасе вскочил. Схватив лампу, он прошел по штольне вправо и влево, освещая груды осыпавшегося камня. Дороги не было. Оставалось только ждать. Мак обыскал ящик для овса, сел на землю и предоставил мыслям полную свободу. Он вспоминал Бони, отца и Фреда, вместе с ним отправившихся в шахту, бар Джонсона, вспоминал песенку фонографа, покерный автомат. И мысленно он опускал свои пять центов, поворачивал рукоятку, отпускал ее — удивительно, но он все время выигрывал: фульхэнд, ройяль-флеш...

От этой игры его отвлек странный звук. Где-то тикало и потрескивало, как в телефоне. Мак напряженно прислушивался. И он услышал, что ничего не было слышно. Это была тишина. Его уши дремали. Но эта страшная тишина была невыносима. Он засунул указательные пальцы в уши и прочистил их. Он откашлялся и громко сплюнул. Потом сел, прислонив голову к стене и смотря прямо перед собой на приготовленную для Бони солому. В конце концов он лег на нее и с тяжким чувством полнейшей безнадежности уснул.

Он проснулся (ему казалось, что прошло несколько часов) от сырости, лампа погасла. Когда он сделал шаг вперед, под его ногой плеснулась вода. Мак был голоден. Он взял горсть овса и начал жевать. Потом уселся, скрючившись, на брус для Бони, глядел во мрак и жевал зерно за зерном. Все время он прислушивался, но ни стука, ни голосов не было слышно, доносился только звук капающей и журчащей воды.

Мрак был ужасен. Через некоторое время Мак соскочил вниз, заскрежетал зубами и, схватив себя за волосы, бешено помчался вперед. Он наткнулся на стену, два-три раза с размаха ударился об нее головой и бессмысленно стал бить кулаками по камням. Этот приступ неистового отчаяния продолжался недолго. Мак ощупью добрался опять до своего бруса и продолжал жевать овес, роняя слезы.

Так он сидел часами. Ничто не шевелилось. О нем забыли!

Мак сидел, жевал овес и думал. Его маленькая голова начала работать, она прояснилась. В этот страшный час Мак должен был показать себя. И он себя показал!

Он вдруг соскочил на землю и потряс кулаком в воздухе: «Если эти проклятые дураки за мной не придут, — крикнул он, — я сам себя откапаю!».

Но Мак не сразу стал рыть. Он уселся опять на брус и тщательно что-то обдумывал. Он мысленно начертил себе план яруса у конюшни. В южной штольне ничего не выйдет. Если ему вообще удастся выбраться, то лишь через пласты Мерри Ант и Паттерсона. Выемочный штрек этого пласта находился в семидесяти, восьмидесяти, девяноста шагах от конюшни. Это Мак знал наверняка. Уголь в Мерри Ант от давления горы стал очень ломким. Это было очень важное обстоятельство.

Еще в час дня он крикнул Паттерсону: «Послушай, Пат, Гиккинс говорит, что мы поднимаем только мусор!».

Вспотевшее лицо Пата показалось в свете лампы, и он яростно закричал: «Пусть Гиккинс идет к черту, скажи ему это, Мак! К черту, Мак! В Мерри Ант кроме мусора ничего и нет, гора раздавила пласт. Пусть Гиккинс держит язык за зубами, Мак, скажи ему это, пусть они лучше закроют этот забой!».

Пат хорошо укрепил пласт новыми подпорками, он боялся, что гора обрушится на него. Забой был крутой, пятьдесят два метра в вышину, и посредством бремсберга соединялся со штольной 7.

Мак отсчитывал шаги, и когда он насчитал семьдесят, холодная дрожь пробежала у него по телу, а когда он насчитал восемьдесят пять и уперся в камень, он возликовал.

Дрожь от избытка энергии, напрягая жилы и мускулы, он тотчас же принялся за работу. После часового труда, стоя по колено в воде, он пробил в осыпавшемся камне большую нишу. Но он был измучен, и ему стало дурно в этом скверном воздухе. Он должен был отдохнуть. Через некоторое время он возобновил работу. Медленно и обдуманно. Он должен был ощупывать камни наверху и с обеих сторон, чтобы удостовериться, что не будет обвала, должен был загонять между угрожающе нависшими глыбами щебень и камни, притащить из конюшни подпорки и доски и выгребать обломки скалы. Так Мак работал часами, кряхтя, дыша отрывисто и горячо. Утомленный до изнеможения, он заснул, сидя на своем бруске. Проснувшись, стал прислушиваться и, не уловив ни звука, ни шороха, опять принялся за работу.

Он копал без устали. Несколько дней работал таким образом Мак, и за все это время прошел всего лишь четыре метра! Сотни раз он видел впоследствии во сне, как он роет и прокладывает себе путь в камне...

Вот он почувствовал, что добрался до края пласта. Он это точно определил по тонкой пыли, оставшейся от сползавшего угля. Мак набил карманы овсом и начал подниматься по пласту. Большинство подпорок осталось на местах, гора лишь немного угля вдавила в забой. Заметив, что уголь легко отодвигается, Мак ликовал и дрожал от радости, так как перед ним было

еще пятьдесят два метра пути. Подвигаясь от подпорки к подпорке, он все время подымался по черному забою. Возврата не было, он сам засыпал себе обратный путь. Вдруг он наткнулся на чей-то сапог и по грубой истертой коже тотчас узнал сапоги Паттерсона. Бедный Пат лежал, засыпанный обломками. Страх и ужас до того сковали Мака, что он долго просидел неподвижно. И поньше он избегает вспоминать об этом зловещем часе. Придя в себя, он снова медленно пополз вверх. При нормальных обстоятельствах вершины этого забоя можно было достигнуть за полчаса. Но Мак устал и ослаб, а между тем ему приходилось отодвигать целые тонны угля и внимательно проверять, на месте ли подпорки; поэтому его путешествие отняло немало времени. Обливаясь потом, разбитый, добрался он до бремсберга. Этот бремсберг вел прямо от яруса 8 к ярусу 7.

Мак лег спать. Когда он проснулся, то медленно стал подыматься по рельсам.

Наконец он был наверху: штольня была свободна!

Мак присел, пожевал овес и облизал свои мокрые руки. Потом направился к шахте. Он знал седьмой ярус не хуже восьмого, но засыпанные штольни вынуждали его все время менять направление. Он блуждал несколько часов, в ушах у него звенело. Во что бы то ни стало — добраться до шахты и дернуть веревку колокола...

И вдруг, — когда его уже обуял страх и здесь оказаться запертым, — вдруг он увидел красные точки света: лампы! Их было три. Мак открыл рот, чтобы крикнуть, но не издал ни звука и упал без чувств.

Быть может, Мак все-таки крикнул, хотя двое из рудокопов клялись, что ничего не слышали, тогда как третий утверждал, что ему почудился слабый крик.

Мак чувствовал, что его куда-то несут, что он поднимается в клетки, и он очнулся именно от ее необычно медленного хода. Потом он почувствовал, что его покрыли одеялом и опять пошевелили. А потом он уже ничего больше не чувствовал.

Семь дней Мак провел под землей, ему же казалось, что прошло всего три дня. Из всех работавших в ярусе 8 спасся он один. Словно привидение, вышел этот коногон из разрушенных штолен. Его история в свое время обошла все газеты Америки и Европы. Коногон из «Дяди Тома!». Его снимок, когда его вынесли из шахты, под одеялом, со свисавшей черной ручонкой, и другой снимок, где он сидит в больнице на кровати, появились во всех журналах.

Весь мир умиленно смеялся над первыми словами Мака, обращенными им к врачу, когда он очнулся: «Нет ли у вас пожевать немного резины, сэр?». Эта просьба была вполне есте-

ственна. У Мака пересохло в горле, и он с таким же успехом мог попросить воды.

Через неделю Мак был на ногах. Когда на вопрос об отце и Фреде ему ответили уклончиво, Мак искудавшими руками закрыл лицо и заплакал, как плачет тринадцатилетний мальчик, вдруг оставшийся на свете один-одинешенек. Во всем остальном жизнь Мака сложилась прекрасно. Его сытно кормили, неизвестные люди посылали ему пирожные, деньги, вино. Но на этом приключение Мака и кончилось бы, если бы в судьбе осиротевшего коногона не приняла участия одна богатая дама из Чикаго. Она взяла на себя его воспитание.

Маку и в голову не приходило, что можно стать чем-нибудь, кроме горняка, поэтому его покровительница дала ему возможность поступить в горную академию. Окончив учение, Мак вернулся инженером в шахту «Дядя Том», где и оставался два года. Потом он отправился в Боливию на серебряные рудники Хуан Альварес, в страну, где человеку нельзя упустить подходящего момента для удачного удара кулаком. Предприятие обанкротилось, и Мак принял на себя руководство постройкой туннелей на боливийской железной дороге через Анды. Здесь и пришла ему в голову его «идея». Ее осуществление зависело от усовершенствования буров для камня, и Мак принялся за работу. Алмаз для буров необходимо было заменить дешевым материалом приблизительно такой же твердости. Мак поступил в эдисоновские опытные мастерские и старался создать инструментальную сталь исключительной твердости. Упорно проработав два года и приблизившись к своей цели, он покинул эдисоновские мастерские и основал самостоятельное дело.

Его «аллаит» быстро принес ему состояние. В эту пору он познакомился с Мод. У него никогда не было времени интересоваться женщинами, и он относился к ним равнодушно. Но Мод понравилась ему с первого взгляда! Ее нежное лицо мадонны под каштановыми волосами, теплый взгляд больших глаз, в лучах солнца вспыхивавших янтарем, легкая задумчивость (она в это время оплакивала мать), легко воспламеняющийся и восторженный нрав — все это произвело на Мака глубокое впечатление. Особенно восхищался он цветом ее лица. У нее была самая нежная, чистая и белая кожа, какую он когда-либо видел, и ему показалось непостижимым, как она не рвалась при малейшем дуновении ветра. Ему imponировало, с каким мужеством она взялась за устройство своей жизни. В то время она давала уроки

музыки в Буффало и была занята с утра до вечера. Однажды ему пришлось слышать ее рассуждения о музыке, искусстве и литературе, — все вещи, в которых он ровно ничего не понимал, — и его изумление перед образованисм и умом Мод было безгранично. Он влюбился в Мод по уши и делал все те глупости, которые обычно делают в таких случаях мужчины. Вначале он не видел никакой надежды и переживал часы полного отчаяния. Но однажды он прочел что-то в глазах у Мод... что же это было? О чем говорил этот взгляд? Как бы то ни было, этот взгляд придал ему мужества. Быстро решившись, он сделал ей предложение, и несколько дней спустя они поженились. После этого он еще три года посвятил неутомимой разработке своей «идеи».

И теперь он был «Мак», просто-напросто «Мак», которого воспевали с концертных эстрад предместий.

В первые месяцы постройки туннеля Мод очень редко видела своего мужа.

Уже через несколько дней она заметила, что его тспершня деятельность резко отличалась от работы на заводе в Буффало, и Мод была достаточно умна и сильна, чтобы без лишних слов принести свою жертву делу Мака. Бывали дни, когда они совсем не виделись. То он был на постройке, то в опытных мастерских в Буффало или на спешных совещаниях. Аллан приступал к работе в шесть часов утра и часто задерживался до поздней ночи. Утомленный до крайности, он иногда предпочитал переночевать на кожаной кушетке в своем кабинете, вместо того, чтобы возвращаться в Бронкс.

Мод и этому покорилаь.

Чтобы обеспечить ему для таких случаев хоть некоторый комфорт, она устроила для него спальню с ванной комнатой и столовую в здании синдиката, настоящую маленькую квартирку, где он мог найти табак и трубки, воротнички, белье, короче говоря — все, что ему могло понадобиться. Она уступила ему Лайона, слугу-китайца. Никто не умел так ходить за Маком, как он. Лайон мог с азиатской невозмутимостью повторять сто раз подряд каждый раз выдерживая надлежащую паузу: «Обедать, сэр! Обедать, сэр!». Он никогда не терял терпения и всегда был хорошо настроен. Всегда был на месте и никогда не был на глазах. Работал бесшумно и аккуратно, как хорошо смазанная машина, и все у него было в стройжайшем порядке.

(Продолжение следует)

фирма "Шарм-компани" предлагает:

- ◆ автомобили «Альфа-Ромео» марки 155, 164, 33 разных модификаций;
- ◆ итальянскую обувь, одежду;
- ◆ американские сигареты высшего качества в мягкой упаковке «В.О.У.» в неограниченном количестве.

Вся продукция отпускается со складов в Москве.
Оплата любая по усмотрению покупателей.
Возможна поставка товаров по бартеру.

**ЦЕНЫ НИЖЕ
РЫНОЧНЫХ
НА 20-30%**

Телефон: (095) 239-11-75
Телефакс: (095) 256-64-01

Не упустите свой шанс!