

ISSN 0130—4321

1 1981

# МЕТРОСТРОЙ





Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

# МЕТРОСТРОЙ

1 1981

ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

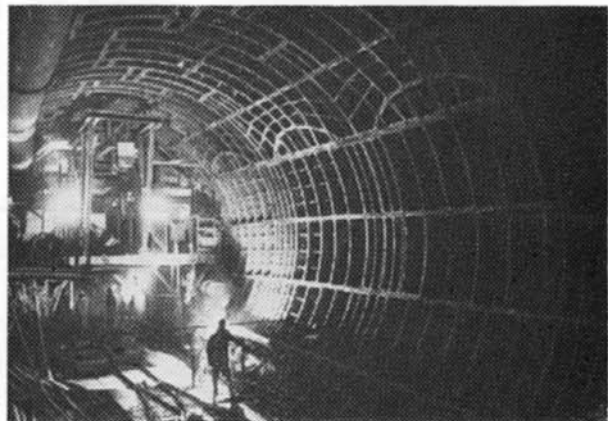
## В НОМЕРЕ:

Л. Арутюнов. Ереванский метрополитен — восьмой в нашей стране	1
В. Дандуров. Особенности проекта	2
А. Курисько, Ж. Куцян, Л. Тигранян, А. Папазян. Новые конструктивные решения	4
Д. Арутюнов, А. Мнацаканян, П. Оганесян. Организация работ на первой линии	6
В. Арутюнян, А. Саркисов, К. Атоев. Искусственное понижение грунтовых вод	7
В. Поденков. Становление коллектива	8
Б. Бухарина. На объектах будущего Серпуховско-Тимирязевского диаметра в Москве	10
М. Немилостивых. Заложен прочный фундамент	12
Т. Субботина. Свердловск: старт новой стройки	14
В. Рыжов. Метрополитен в Куйбышеве	16
В. Ауэрбах, Г. Лурье, В. Масловский, Т. Татаркина. Экскаваторное оборудование проходческого щита	18
В. Финкель, Г. Муравин, Л. Лезвинская, А. Бурнштейн. Образование неровностей на поверхности выработки	20
А. Барский, С. Власов, Е. Губенков, А. Терехин, В. Цодиков, В. Баринов. Продольно-струйная система вентиляции автодорожного тоннеля	22
В. Размеров. Как сооружался средний свод «Маяковской»	26
Н. Засухина. Просчеты проектирования?	28
В. Голубов, М. Карамышев. Проходка новоавстрийским способом тоннеля Арлберг	29
О. Вольдемаров. Эскалаторные установки большой высоты	31

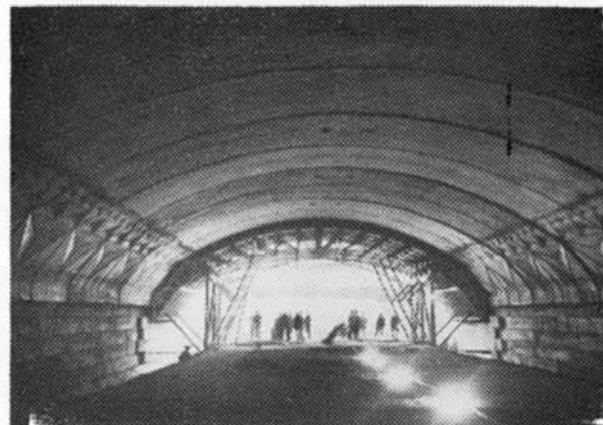
### Редакционная коллегия:

В. А. АЛИХАШКИН, А. С. БАКУЛИН, П. А. ВАСЮКОВ,  
С. Н. ВЛАСОВ, В. Д. ГОЦИРИДЗЕ, Д. Н. ИВАНОВ,  
П. С. ИСАЕВ, Ю. А. КОШЕЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ,  
В. Л. МАКОВСКИЙ, С. А. ПОНОМАРЕНКО, Б. П. ПА-  
ЧУЛИЯ, В. Г. ПРОТЧЕНКО, Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО,  
А. И. СЕМЕНОВ, Г. А. ФЕДОРОВ, И. М. ЯКОБСОН

## НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА



Проходка путевого тоннеля станции «Серпуховская» (СМУ № 6).



Сооружение свода станции «Тульская» с помощью передвижной опалубочной тележки (СМУ № 10).



Горный комплекс на продлеваемом Замоскворецком радиусе (СМУ № 10 Мосметростроя).

# МИРОВОЕ ДОСТИЖЕНИЕ ЛЕНИНГРАДСКИХ МЕТРОСТРОЕВЦЕВ

## 1250 метров тоннеля в месяц

В таком скоростном режиме пройден новый участок Московско-Петроградской линии между станциями «Удельная» и «Перспективисты» в Ленинграде. Комплексная комсомольско-молодежная бригада Э. Лубинского из Тоннельного отряда № 3 взяла старт 16 декабря 1980 г. на трассе, идущей по кривой с уклоном 40‰, и 16 января 1981 г. вывела механизированный комплекс КТ-5,6 на отметку 1250 метров, установив новый мировой рекорд проход-

ки. Это достижение, посвященное очередному съезду партии и сорокалетию со дня основания Ленметростроя, — результат напряженного творческого поиска, всесторонней, тщательной подготовки и внедрения прогрессивной технологии, разработанной с учетом прежних скоростных проходок. В ней участвовали все службы и подразделения Ленметростроя.

Наивысшая суточная скорость составила 48 метров, сменная — 20.

## ЕРЕВАНСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН— ВОСЬМОЙ В НАШЕЙ СТРАНЕ

Л. АРУТЮНОВ,  
начальник Армтоннельстроя

ОТКРЫВАЕТСЯ первый участок I очереди Ереванского метрополитена. Он соединяет наиболее населенные центральные районы с железнодорожным вокзалом и промышленной частью города. Длина пускового участка 7,6 км, из которых подземная часть составляет — 5,7, наземная — 1,9 км. На трассе расположены 5 подземных станций — «Дружба», «Сараланджи», «Еритасардакан», «Площадь Ленина», «Октемберян» и наземная — «Сасунци Давид». «Октемберян» в пусковой комплекс не вошла — она возведена вчерне.

За период строительства метрополитена в Ереване начиная с 1972 г. пройдено более 12 км перегонных и станционных тоннелей, разработано 505 тыс. м<sup>3</sup> грунта, смонтировано 44 тыс. т чугуна и 19 тыс. м<sup>3</sup> сборной железобетонной обделки, уложено около 60 тыс. м<sup>3</sup> монолитного бетона и железобетона.

Одна из особенностей сооружения Ереванского метрополитена — широкое применение буровзрывного способа работ. Это вызвано наличием скальных пород на значительной длине трассы. На многих участках породы сильно нарушены, имеют глинистые и песчаные прослойки с недостаточным сцеплением между собой.



Более половины трассы проходит в водонасыщенных грунтах. Здесь проходка велась с применением водопонижительных скважин. Количество одновременно работающих скважин в период строительства достигало 100. Для обеспечения наибольшей эффективности водопонижения на отдельных локальных участках с увеличенным водопритоком применялся так называемый «кустовый» способ, при котором скважины располагались концентрированно, отдельными группами.

Суммарный приток составлял порядка 6000 м<sup>3</sup>/час. Поэтому на отдельных участках не удавалось полностью снизить уровень грунтовых вод: приходилось использовать местный водоотлив и проходить тоннели при наличии воды в лотковой части.

В зависимости от гидрогеологических условий применялись соответствующие конструкции обделок. Так, тупиковые тоннели и станции «Дружба» и «Сараланджи» сооружены из монолитного бетона и железобетона. Перегонные тоннели на необходимых участках пройдены с обделкой из сборных железобетонных блоков, на обводненных — в основном в чугуне. Однако затруднения в поставке чугунных тубингов вызвали необходимость поиска новых конструктивных решений. В результате раз-



## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТА

В. ДАНДУРОВ,  
начальник Армгипротранса

**Т**ОННЕЛЬНОЕ искусство у народов, населяющих Кавказ, берет свое начало в глубокой древности. Следы его в виде подземных работ, служивших разнообразным целям, встречаются и в настоящее время.

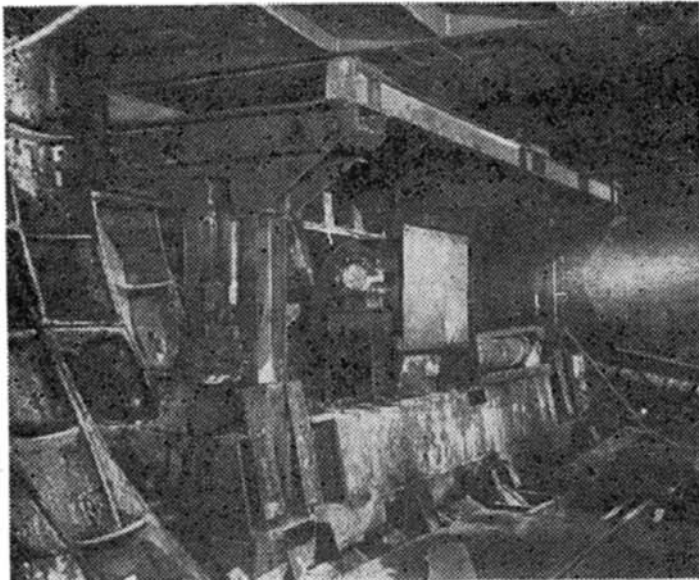
Сохранившиеся до наших дней памятники говорят о высокой технике их сооружения.

Геологические условия в нагорных районах Армении вполне благоприятствовали подземным работам. Они ве-

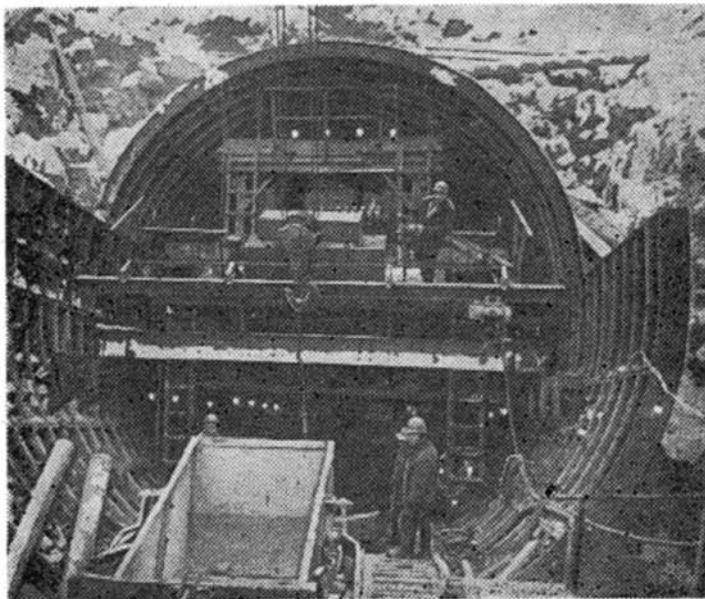
лись еще за 2000 лет до нашей эры для добычи меди в верховьях реки Тигра.

С тех исторических времен на территории Армении проложен не один десяток транспортных, гидротехнических и других тоннелей. Но подлинное развитие тоннелестроение получило после установления Советской власти. Самым протяженным из строящихся в стране железнодорожных тоннелей до недавнего времени был Меградзорский длиной около 8,5 км в Армении. Его превосходит лишь строящийся Северо-Муйский тоннель на БАМе. Сейчас уникальным и по протяженности и по сложности сооружения является Арпа-Севанский гидротехнический тоннель.

Ереванский метрополитен стал шко-



КМ-114 на сооружении станции «Сараланджи».



Возведение станции «Еритасардакан».

работана комбинированная обделка из сборных железобетонных блоков и тюбингов с металлоизоляцией. С такой обделкой сооружен перегон «Еритасардакан» — «Площадь Ленина», а также путевые тоннели станции «Еритасардакан».

Сборные конструкции перегонных тоннелей монтировались с помощью блоко- и тюбингоукладчиков.

Четыре подземные станции — трехсводчатые: «Дружба», «Сараланджи» и «Площадь Ленина» — колонные, «Еритасардакан» — пилонная. Тоннели станций «Дружба» и «Сараланджи» сооружались горным способом с использованием буровзрывных работ. Разработка породы и монтаж обделки осуществлялись по элементам сечения — вначале сооружалась верхняя часть, а затем нижняя.

Тоннели станций «Еритасардакан» и «Площадь Ленина», а также путевые на станции «Октемберян» проходили на полное сечение с применением тюбингоукладчиков типа КМ-15.

Представляет интерес сооружение участка под действующим напорным гидротехническим тоннелем, где при разработке скальных пород использовали гидроклин. Это дало возможность осуществить проходку без каких-либо нарушений в обделке гидротехнического тоннеля и окружающего его грунтового массива.

Широкое применение на строительстве перегонных тоннелей нашла унифицированная сборная железобетонная обделка с плоским лотком, позволившая уменьшить объем выломки грунта и расход железобетона на 0,36 м<sup>3</sup> на 1 пог. м.

Совместно с Армгипротрансом разработана и внедрена конструкция с уголковыми антисейсмическими связями.

Следует отметить, что начало сооружения Ереванского метрополитена совпало с ростом объемов строительства железнодорожных тоннелей в Армении. Поэтому такой неопределимой была оказанная в пусковой период помощь метростроителей других городов страны — Москвы, Ленинграда, Минска, Ташкента, Тбилиси, Харькова, Баку, Горького. Работая вместе с опытными метростроителями, строители Армении стремились повышать свое мастерство и накапливать опыт с тем, чтобы использовать их на строительстве новых трасс Ереванского метрополитена. □



лой совершенствования подземного строительства в республике.

Сложный рельеф местности современного Еревана, в значительной степени раздвинувшего границы намеченного первоначальным генеральным планом компактного города, с разностью отметок в пределах селитебной территории в 550 метров, ставит город в условия, несравнимые с другими городами страны. Это ограничивает возможности нормальной эксплуатации обычных видов наземного транспорта. Уклон ряда магистральных улиц превышает 6<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, а в некоторых случаях достигает 9—10<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Поэтому обычно применяемый на железных дорогах прием удержания курсирующих на линии поездов распространен в Ереване на городской транспорт. По проспекту Мясникяна, единственной магистрали, соединяющей большой, обособленный район города — Норкский массив с центром, сооружено несколько ответвлений, предназначенных для удержания автомашин и троллейбусов в случае их срыва на крутом уклоне.

Кроме того, большие районы города, подобные Шаумянскому, Норкскому массиву, Авану, расположены на отдельных плато или оторваных естественными преградами, такими, как глубокий каньон реки Раздан. Исторически сложившаяся застройка старой части Еревана с его сетью узких, запутанных улиц не позволяла создать современную систему наземного транспорта.

Не менее важным фактором в оценке возможностей наземного транспорта являются климатические условия. Для Еревана характерны исключительно жаркое лето, а порой и суровые зимы. Расположение ряда районов на высоте свыше 1000 метров над уровнем моря, магистрали с крутыми уклонами и малыми радиусами кривых затрудняют техническую эксплуатацию наземного транспорта, не приспособленного к работе в таких условиях. Машины, работая с перегрузкой, в недопустимом количестве выбрасывают выхлопные газы, создавая угрозу окружающей среде. Поэтому решить проблемы транспортного обслуживания города мог только метрополитен.

В связи с этими факторами, определяющими специфику Еревана, потребовалось внести некоторые поправки в определение расчетных величин «подвижности населения» и «средней дальности поездки». Определенные Вычислительным центром

Госплана Армянской ССР и институтами Ереванпроект и Армгипротранс, эти величины выявили следующее. При средней дальности поездки пассажиров на метрополитенах в других городах в 8 км для условий Еревана она составила 4 км. Подвижность населения оказалась намного выше средних показателей по стране. Иными словами, можно утверждать, что население Еревана в условиях сложного рельефа, старой застройки города и особых климатических условий вынуждено совершать большое число поездок на транспорте на короткие расстояния.

Это позволило доказать обоснованность принятых на расчетные сроки размеров пассажиропотоков и ожидаемых нагрузок на один километр линии метрополитена порядка 10 миллионов пассажиров в год.

Линия первой очереди ереванского метрополитена протяжением 11,3 км призвана связать северную оконечность центральной части города с южными районами, сосредоточившими основную часть промышленных предприятий Еревана.

Трасса выбрана таким образом, чтобы уменьшить непроизводительные затраты времени на поездку от места жительства к месту работы и обратно. Так, на проезд от улицы Комитаса до площади Спандаряна городским транспортом требуется около часа, на метрополитене — всего 16 минут.

Линия берет начало у сильно напряженного транспортного узла на пересечении улиц Киевян, Барекамутиан, Кочара и выходит в район площади Спандаряна. На трассе 9 станций.

В эксплуатацию вводится участок линии от станции «Дружба» до «Сасунци Давид» — в районе железнодорожного вокзала. Второй участок дойдет до площади Спандаряна.

Проектировал первую очередь метрополитена Армгипротранс совместно с ведущими архитекторами Ереванпроекта. Проект верхнего строения пути разработан специалистами Метроргипротранса.

Конструктивные решения и способы сооружения тоннелей метрополитена запроектированы и осуществлены в зависимости от геологических и гидрогеологических условий по трассе. Отсюда и разнообразие форм станций: трехнефные с вертикальными стенами, выполненные в монолитном

бетоне, трехнефные кругового очертания в сборном исполнении, одноводчатые мелкого заложения. Перегонные тоннели пройдены в монолитной, сборной железобетонной и чугунной обделках.

При изысканиях центрального участка трассы перед проектировщиками встали серьезные проблемы в выборе конструктивных решений и организации производства работ в связи с высоким уровнем грунтовых вод и значительными их притоками. Намеченные и проверенные в опытно-производственном порядке способы искусственного водопонижения системой глубинных скважин полностью оправдали себя на всем протяжении.

Необходимо было предупредить суффозию при откачивании воды и, как следствие, возможные просадки и деформации зданий и сооружений в плотно застроенной надтоннельной зоне. Эти вопросы решили правильным выбором расположения водопонижающих скважин и конструкций фильтров.

Благодаря искусственному понижению уровня грунтовых вод тоннели проходили в практически сухих забоях.

Сооружение перегонов в направлении к железнодорожному вокзалу, как показали детальные инженерно-геологические изыскания, осложнилось тем, что требовалось либо закрытие проспекта Октемберян на срок завершения строительства, что представлялось невозможным из-за отсутствия в этом направлении параллельных транспортных магистралей, либо значительное заглубление трассы. Это, в свою очередь, вызвало бы необходимость щитового способа проходки с применением комбинированной системы осушения забоя посредством искусственного водопонижения и кессонов. Ограждающие конструкции тоннеля в этом случае должны были возводиться только из металла. Сроки ввода линии в эксплуатацию несомненно оттянулись бы. Тогда приняли решение частично пройти участок от станции «Октемберян» в направлении к Армэлектростроительному заводу наземной трассой. При этом необходимо было создать максимальные удобства для пассажиров на подходах к станциям. С этой целью для обеспечения удобной связи наземной станции метрополитена, располагаемой за железнодорожной станцией, с привокзальной площадью предусмотрели сооружение тоннеля под железнодо-

рожными путями с пассажирским конвейером.

Проектировщики Армгипротранса предложили ряд прогрессивных экономичных решений для тоннельных конструкций: плоский лоток в сборном железобетоне; принципиально новый способ омоноличивания стыков элементов сборной железобетонной обделки; многослойную обделку на сильно обводненных участках перегонных тоннелей, исключаящую применение чугунных тубингов.

Инженерно-геологические условия строительства Ереванского метрополитена определили и способы сооружения станционных тоннелей глубокого заложения.

В скальных грунтах возводились станции двух типов:

трехсводчатая пилоная из монолитного бетона с междупутем 18,4—20,1 м, шириной платформы в среднем распределительном зале— 7—8 м, в путевых тоннелях по 3,5 м. Ширина пилонов и проемов — 3 м;

трехсводчатая колонная из монолитного бетона с расположением колонн в средней проемной части стан-

ции и с глухими стенами по концам ее. Междупутье в тоннелях составляет 19,4 м. Ширина платформы в среднем распределительном зале — 8 м, в глухих частях перегонов — 3,25 м. Расстояние между колоннами 3,5 м. Их сечение (без облицовки)  $1 \times 1,5$  м.

На Ереванском метрополитене в скальных грунтах сооружены трехсводчатые станции новой сборно-монойтной конструкции с колоннами высокой несущей способности. Планировка станции по сравнению с конструкциями других типов проста и удобна как с точки зрения организации пассажиропотоков, так и по размещению служебных помещений, и в то же время отвечает санитарно-гигиеническим и архитектурным требованиям. Станция состоит из среднего распределительного и крайних путевых тоннелей.

Ширина объединенной платформы 11 м, междупутье 13,9 м, диаметр железобетонных сборных колонн (без облицовки) 0,63 м, расстояние между вертикальными осями колонн 5 м. Глухие части в начале и в кон-

це станции отсутствуют, а общая ее длина, по сравнению со станциями других типов, сокращена на 10 м.

Уменьшение междупутья значительно сократило ширину выработки и размеры обделки, упростило производство горнопроходческих работ и снизило трудовые затраты до 16%.

Сопоставление основных объемов и стоимостей работ станции нового типа и ранее сооруженных глубокого заложения свидетельствует об экономической целесообразности выбора для строительства в скальных грунтах сборно-монойтной трехсводчатой станции колонного типа с объединенной платформой, строительство которой на 20% дешевле трехсводчатой станции пилоного типа из монолитного бетона.

Проектировщики института в содружестве с коллективом Армтоннельстроя продолжают вести поиск новых конструктивных и технологических решений по совершенствованию строительных процессов и улучшению условий эксплуатации метрополитена. □

## Метро в Ереване

# НОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

А. КУРИСЬКО,  
канд. техн. наук;

Ж. КУЩЯН, Л. ТИГРАНЯН, А. ПАПАЗЯН,  
инженеры

**П**РИ ПРОЕКТИРОВАНИИ и строительстве I очереди метрополитена в Ереване наряду с обычными применялся ряд новых конструктивных решений, позволивших получить значительный технико-экономический эффект.

Перегонные тоннели мелкого заложения, сооружаемые открытым способом, запроектированы из прямоугольных цельносекционных блоков. На участках глубокого заложения применялись в основном два типа обделки: из чугунных тубингов и унифицированная из сборных железобе-

тонных блоков. Проектировщики Армгипротранса в содружестве со строителями Армтоннельстроя модифицировали обычные конструкции перегонных тоннелей.

Вместо чугунной запроектирована обделка на основе типовой унифицированной восьмиблочной железобетонной без связей растяжения с цилиндрическими стыками, с добавлением двух новых блоков вкладышей и антисейсмических связей. Внутренний диаметр обделки увеличен с 5,1 до 5,4 м. Она монтируется обычным эректором.

Конструкция внутренней железобетонной рубашки представляет собой арматурные каркасы с металлическим листом толщиной 6 мм. Сборка производится эректором на себя после сбойки перегонного тоннеля и окончания возведения наружного железобетонного кольца. Листы стыкуются с помощью металлических накладок на сварке. Бетонирование рубашки ведется шестиметровыми секциями. Такая рубашка выполняет гидроизолирующую функцию, а также улучшает антисейсмические свойства сборной обделки.

Использование нового типа обделки позволило сэкономить около 4152 кг металла на 1 пог. м тоннеля, а по всему построенному участку — 7350 т. Кроме того, при эксплуатации конструкции с гладкой внутренней поверхностью почти в два раза сокращаются аэродинамические сопротивления движению воздуха по тоннелю и в связи с этим уменьшается расход электроэнергии, потребляемой при движении поездов.

Опытное внедрение обделки в производственных условиях коллективом СМУ № 160 Армтоннельстроя показало, однако, трудоемкость и сложность сооружения внутренней железобетонной рубашки. Учитывая послед-



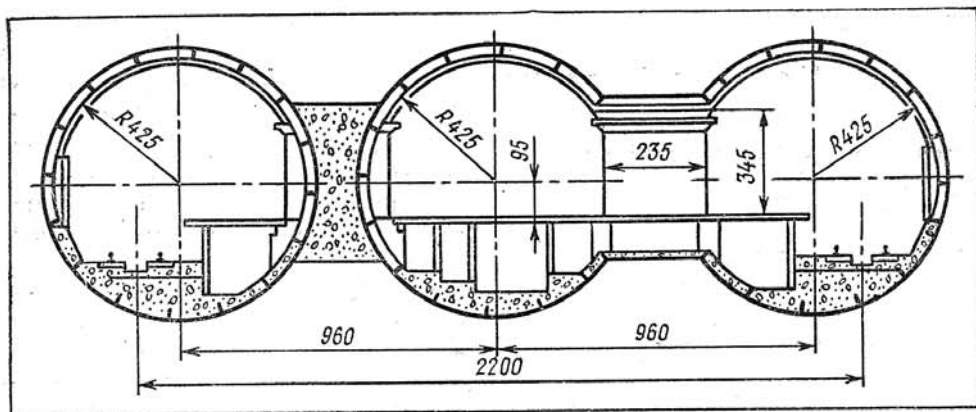


Рис. 1

нее, ведутся работы по устройству металлоизоляции на блоках унифицированной обделки.

На участках пород средней крепости в перегонах проектировщики Армгипротранса предложили заменить обычную унифицированную обделку на обделку с плоским лотковым железобетонным блоком. Это способствовало уменьшению объема выемки грунта и укладки железобетона на  $0,36 \text{ м}^3$  и сокращению стоимости на 100 руб. на 1 пог. м. Общая экономия только на одном участке составила 200 тыс. руб.

В целях предотвращения развала сборных колец обделки от сейсмических сил созданы новые типы связей: уголковые на сварке между блоками и анкерные по оси элементов, состоящих из металлических стержней  $\varnothing 18 \text{ мм}$ , заделанных в скважинах с расширяющимся цементом.

Внедрен также ряд прогрессивных технических решений станционных обделок.

На станции «Еритасардакан» осуществлен новый тип трехчковой пилонной из сборных железобетонных тубингов ленинградского типа с внутренней железобетонной рубашкой и металлоизоляцией (рис. 1). По сравнению с чугунной обделкой новая конструкция позволила снизить стоимость строительства на 940 тыс. руб. и значительно уменьшить расход металла.

Определенный интерес представляет конструкция станции «Дружба» (рис. 2) — трехсводчатая колонная с бетонной обделкой, плоскими лотками и трубобетонными колоннами, состоящими из труб  $\varnothing 0,7 \text{ м}$  и заполненными бетоном. В настоящее время она является наиболее экономичной

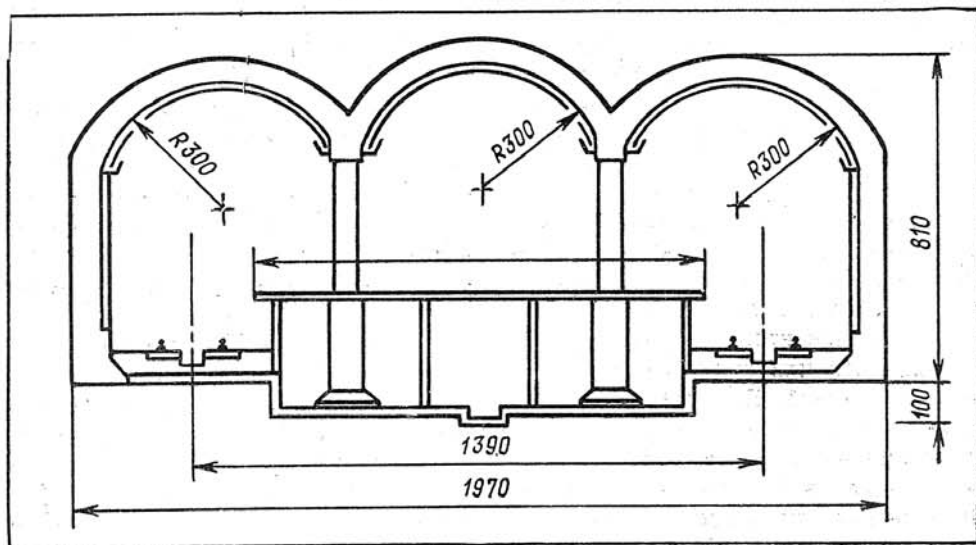


Рис. 2

по разработке грунта, расходу материала и общей стоимости.

Станция «Площадь Ленина» запроектирована трехчковой из двух боковых тоннелей с обделкой  $\varnothing 8,5 \text{ м}$  из чугунных тубингов и среднего  $\varnothing 9,5 \text{ м}$ . Верхние своды опираются на систему ригелей и колонн.

В целом она повторяет аналогичные решения станций Московского метрополитена, разработанные Метрогипротрансом. Исключение составляют колонны, которые запроектированы и построены из двутавровых балок № 30 с омоноличиванием бетоном. Применение такой конструкции в полтора раза сокращает расход металла на колонны.

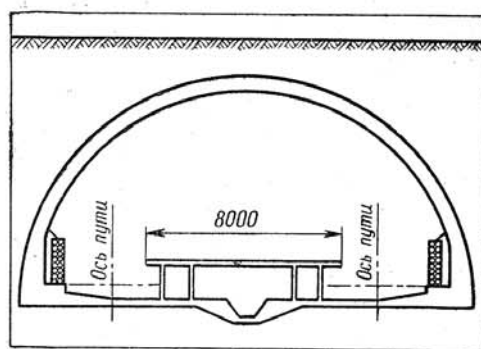


Рис. 3

На рис. 3 изображено поперечное сечение обделки станции «Шенгавит» мелкого заложения второго участка I очереди, которую намечено соорудить из монолитного железобетона в открытых котлованах.

Поперечное сечение наземной станции колонного типа с консольным перекрытием «Сасунци Давид» представлено на рис. 4.

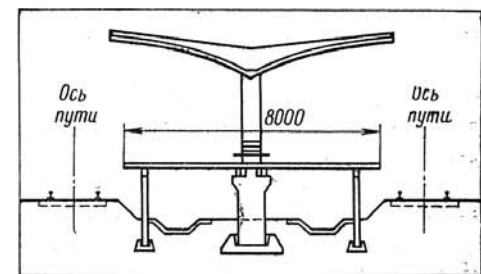


Рис. 4

Проектирование и строительство I очереди метрополитена в Ереване явилось новым прогрессивным шагом отечественного тоннелестроения.

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА ПЕРВОЙ ЛИНИИ

Д. АРУТЮНОВ, А. МНАЦАКАНЯН, П. ОГАНЕСЯН,  
инженеры

НА ТРАССЕ первого участка Ереванского метрополитена (пять станций глубокого заложения и одна наземная) сооружены 9 вертикальных стволов: пять проходческих и четыре промежуточных — вентиляционных. Проходческие стволы внутренним диаметром 5,6 м — из чугунных тубингов с железобетонными устьем и сопряжением с околоствольной выработкой. Из каждого ствола проходили станционные тоннели и прилегающие к ним участки перегонных, строили тягово-понижительные подстанции, станционные венткамеры, а из ствола № 6 — также оборотные тупики.

В зависимости от удаления ствола от станций метрополитена околоствольные выработки приняты двухстороннего или одностороннего расположения. В них находились камеры временных насосных, склады ВВ, трансформаторные подстанции, зарядных аккумуляторных электровозов. В трех околоствольных выработках были предусмотрены станционные венткамеры.

Сечение околоствольных выработок с обделкой из монолитного бетона выбрано из условия размещения пути и двухстороннего людского прохода шириной 1 м, а в тубинговой обделке — внутренним диаметром 5,6 м. К околоствольным выработкам примыкали камеры, соединенные с поверхностью скважинами диаметром 600 мм для подачи в тоннели бетона, раствора и песка.

Двухстороннее расположение этих выработок позволяет одновременно проходить перегонные тоннели по обе стороны от станции и боковые станционные тоннели, т. е. вести работы в шести забоях, в то время как при одностороннем их расположении практически возможно одновременное ведение работ лишь в четырех забоях — двух станционных тоннелях и двух перегонных.

Размещение станционных венткамер в околоствольной выработке поз-

воляет приступить к монтажу вентиляционного оборудования только после окончания строительных работ на станциях, перегонах и пристанционных сооружениях и полного высвобождения ствола и околоствольных выработок, что затягивает сроки сдачи объектов.

Положительным следует считать использование скважин для спуска раствора бетона и песка. Это дает возможность высвободить ствол и увеличить время на выдачу породы и спуск элементов обделки, длинномеров и других материалов.

Трасса первого участка разделена на три отрезка: безводных скальных пород, водонасыщенных скальных пород, водонасыщенных нескальных пород.

На последнем применялось искусственное водопонижение с кустовым расположением водопонижительных скважин. Воду отводили в специальный коллектор диаметром 1 м. На участке водонасыщенных скальных пород водопонижительные скважины были рассредоточены по всей его длине; воду сбрасывали в городскую канализационную сеть.

Станции «Дружба» и «Сараланджи» — трехсводчатые из монолитного бетона с железобетонными ригелями и трубобетонными колоннами. Их сооружали по элементам раскрытия профиля в такой последовательности. Калотту, подошва которой располагалась под ригелем, в боковых станционных тоннелях проходили буровзрывным способом. В зависимости от состояния массива применяли временное крепление из металлических арок или железобетонных анкеров с сеткой. Параллельно с проходкой бетонировали свод и ригели в обойме из листовой стали. После возведения сводов боковых тоннелей прошли калотту среднего с бетонированием свода, разработали ядро боковых тоннелей, штроссы с бетонированием стен и подколонников, а

затем установили трубчатые колонны.

Колонна с приваренным к ней опорным листом крепилась лебедкой на анкерные болты подколонника. Заполненную бетоном колонну по анкерным болтам подтягивали до плотного прилегания к ригелю, приваривали к нему и замоноличивали с подколонником.

Перегонные тоннели на прилегающих к этим станциям участках сооружали с обделкой из сборных железобетонных блоков буровзрывным способом заходками на длину одного кольца в 1 м. Блоки монтировали укладчиком КМ-14. Применение сборной обделки вплотную к забою позволило сэкономить 150 кг металла на 1 м перегонного тоннеля на временном креплении, необходимом при проходке тоннелей в монолитной обделке.

Трехсводчатую пилонную станцию «Еритасардакан» строили в водонасыщенных нескальных породах после искусственного осушения грунта. Тоннели проходили на полный профиль заходками по 0,75 м. Обделку боковых тоннелей монтировали из ребристых железобетонных блоков, а среднего — из чугунных тубингов станционным блокоукладчиком КМ-15. Одновременно с раскрытием проемов производили устройство металлической гидроизоляции в боковых тоннелях и проемах. Элементы металлоизоляции — картины из листовой стали с арматурным каркасом — приваривали к фиксирующим швеллерам, закрепленным к болтам обделки. Их установку и подъем элементов металлоизоляции осуществляли с портальной тележки на рельсовом ходу, снабженной грузоподъемным устройством. Пространство между обделкой и листовой сталью заполняли бетонной смесью.

Трехсводчатую станцию «Площадь Ленина», расположенную также в водонасыщенных нескальных грунтах, предполагали возводить немеханизированными щитами с предварительной проходкой пилот-тоннелей. Однако после создания подходной выработки и пилот-тоннеля в правом станционном тоннеле было решено отказаться от щитового способа сооружения станционных и прилегающих к ним участков перегонных тоннелей: их проложили с раскрытием сечения на полный профиль заходками на длину кольца с креплением кровли и лба забоя до горизонтальной оси. Чугунная обделка монтировалась блокоукладчиками. □



# ИСКУССТВЕННОЕ Понижение уровня грунтовых вод

В. АРУТЮНЯН, А. САРКИСОВ, К. АТОЕВ,  
инженеры

**У**ЧАСТОК искусственного водопонижения от станции «Еритасардакан» до улицы Севани проходит в районе густо населенной части города. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия на этом отрезке очень сложные: он охватывает большую часть обводненного конуса выноса рыхлых пород реки Гедар.

В основном трасса метрополитена залегает в слабоцементированных водонасыщенных галечниковых грунтах с примесью супесчаных частиц до 30% и трещиноватых базальтах.

Наивысшее стояние уровня грунтовых вод, по данным многолетних стационарных наблюдений, отмечается в октябре и длится 1—2 месяца, наименьшее — в апреле, редко в июне—июле. Амплитуда колебания достигает 2,5 м.

Область питания грунтовых вод находится в северной части города в начале Катнахпур-Аванского потока. Суммарный приток составляет 1200—1400 л/сек. Разгрузка воды происходит на юге в районе Араратской долины, где немало заболоченных участков.

Грунтовые воды участка водопонижения гидрокарбонатные и характеризуются наличием следующих компонентов:  $\text{HCO}_3^-$  — 273,9 мг/л,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  — 25,4,  $\text{CO}_2$  (свободная) — 24,2,  $\text{CO}_2$  (агрессивная) — отсутствует,  $\text{SO}_4^{2-}$  — 48,75,  $\text{Ca}^{2+}$  — 76,0,  $\text{Cl}^-$  — 46,1,  $\text{Mg}^{2+}$  — 10,3 мг/л. Общая минерализация колеблется от 175,2 до 478 мг/л; температура — от  $+10^\circ$  до  $+18^\circ\text{C}$ .

На участке искусственного водопонижения перегонные и станционные тоннели метрополитена проходят под уровнем грунтовых вод. Поэтому в соответствии со СНиП III-Б.3-62 и ВСН 127-66 и 77 на весь период строительства предусматривалось производственное водопонижение.

Опытные и опытно-производственные откачки произвели только на участке станции «Площадь Ленина», на остальных — откачку проектировали по аналогии полученных результатов.

С учетом условий городской застройки и результатов опытно-производственной откачки приняты три схемы водопонижительной системы: двухлинейных рядов взаимодействующих скважин при симметричном расположении их по отношению к оси сооружения; скважин, расположенных без определенной системы; взаимодействующих групп (кустов) скважин, расположенных друг от друга на расстоянии не более половины радиуса депрессии.

Первую схему применили у площади Ленина, на остальных участках использовали в основном группы бессистемно расположенных скважин на площадках кустовым методом взаимодействующих групп.

Расчет водопонижающих установок производился согласно методическим указаниям ВСН 127-66 с проверкой снижения

уровня грунтовых вод в заданных точках проектируемых тоннелей по методу Ф. Форхгеймера и А. Аргунова. Исходные данные для расчета водопонижительных установок были приняты в соответствии с инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями и условиями организации и сроков строительства метрополитена. В результате инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, опытных откачек и опытно-производственного водопонижения на станции «Площадь Ленина» получены следующие основные параметры:

коэффициент фильтрации слабоцементированных галечниковых грунтов . . . . .	35 м/сут.
радиус депрессии . . . . .	500 м
коэффициент водоотдачи грунтов . . . . .	0,35
дебит скважины . . . . .	170 м <sup>3</sup> /ч
удельный дебит . . . . .	70 м <sup>3</sup> /ч
время осушения грунта до проектной отметки	3—5 дней
ширина между рядами скважин . . . . .	26 м
длина опытной площадки водопонижения . . . . .	50 м
максимальная потеря напора в центре системы	47 м
потеря напора в скважине . . . . .	20—24 м

Проектом предусматривалось резервное оборудование и водопонижающие скважины 20% от установленного количества, которые периодически подключались с целью поддержания их в рабочем состоянии. Шаг между скважинами принимался 17 м.

Исходя из дебита скважин, состава водоносных пород, мощности и условий залегания водоносного горизонта, рассчитали диаметр и длину фильтра водопонижающих скважин. Наружный диаметр фильтра определялся в зависимости от его водопроточной способности и условий без выноса мелких частиц грунта из скважины.

Диаметр гравийной обсыпки принят в пределах от 12,5 до 25 мм.

Учитывая, что водопроточная способность фильтра должна быть выше, чем производительность глубинного насоса, решили использовать глубинные насосы марки ЭЦВ-12-210-85, которые теоретически имеют производительность 210 м<sup>3</sup>/ч, т. е. дебит скважины равен 5040 м<sup>3</sup>/сут.

Опытно-производственная и производственная откачки подтвердили проектные решения по искусственному снижению уровня грунтовых вод до заданной отметки.

На участке станции «Площадь Ленина» водопонижение осуществлялось при одновременной работе 11—12 скважин в интервале 20—25 м. В результате породы в тоннелях были осушены за 3—5 дней. При пуске водопонижающей установки (куста из 6—8 скважин, расположенных бессистемно) грунты были осушены быстрее, чем ожидали.

На перегоне «Площадь Ленина» — «Сараланджи» водопонижение производилось группами скважин, которые расположили без определенной системы на отдельных площадках, и работали они во взаимодействии между собой.

Наиболее сложным оказался отрезок трассы между кинотеатром «Россия» и стадионом «Спартак», где при наличии трещиноватых базальтов на безнапорный галечниковый водоносный горизонт «накладывались» трещинные воды с разной характеристикой (местами слабым напором). Здесь столкнулись с остаточными водами в подошве забоя и зумпфов. Дополнительные водопонижающие скважины не дали положительных результатов и лишь местами откачкой добились ликвидации остаточных вод. □

# Говорят участники строительства Ереванского метрополитена

**В. Геворкян**, начальник участка станции «Площадь Ленина»: — Станция, которую довелось нам сооружать, расположена в самом центре города на одноименной площади. Поэтому ее строительству и отделке придавалось особое значение.

Гидрогеологические условия здесь очень сложные — слабые песчано-глинистые грунты с большим притоком воды.

Сооружение вели обычным горным способом. Сначала проходили пилот-тоннель, а затем расширяли его на полное сечение. Путьевые стены и платформу монтировали из железобетонных плит 4-метровыми лебедками.

С большим воодушевлением и ответственностью трудился коллектив на строительстве станции «Площадь Ленина». Особо хочется отметить проходчиков М. Мкртчяна, В. Давеляна, Т. Арутюняна, звено Н. Фесенко и др.

Бригады работали по скользящему графику в 4 смены.

Соревнуясь с участком станции «Еритасардакан», наш участок не раз выходил победителем.

**А. Мансурян**, бригадир проходчиков СМУ № 160 Армтоннельстроя:

— На строительство Ереванского метро пришел в 1974 г. До этого работал на медных рудниках. Пришлось осваивать более сложный тип горной выработки.

Бригада, которой я руковожу, — комсомольско-молодежная. На первом пусковом участке соорудили перегонные тоннели и наклонный ход станции «Дружба». Выполняли каждую, даже самую сложную работу, которую нам поручали. Слова «трудно» для метростроителей не существовало.

В сентябре 1980 г. добились выполнения плана на 150%. В предпусковой период большую помощь нам оказали заводчане и студенты Еревана.

**М. Курбомисайлов**, бригадир гранитчиков ССП-901:

— Немало в моей биографии станций, которые довелось одевать в мрамор и гранит, на строительстве метрополитенов в Москве, Тбилиси, Баку и других городах страны.

В марте 1979 г. приехал в Ереван. И здесь мы стремились сделать все для своевременного пуска метро в столице Армении. При плане 15 м<sup>2</sup> в смену укладывали 20 м<sup>2</sup> мрамора и гранита.

**В. Корнеев**, бригадир проходчиков Ленметростроя:

— На строительстве Ереванского метрополитена наша бригада сооружала рамповый участок. Шли навстречу москвичам.

С первых же метров проходки ощутили разницу в гидрогеологии и способах производства работ. В Ленинграде мы в основном ведем проходку в кембрийских глинах механизированными щитами, в Ереване — в скальных грунтах буровзрывным способом, к тому же с большим притоком грунтовых вод.

Естественно, на первых порах пришлось приспосабливаться к местным условиям.

Проходчики Ленметростроя передавали свой опыт и обучали мастерству ереванских метростроителей с тем, чтобы они с успехом использовали их на строительстве последующих линий метрополитена в столице Армении. □

## СТАНОВЛЕНИЕ КОЛЛЕКТИВА

**В. ПОДЕНКОВ,**

начальник отдела кадров Армтоннельстроя

**В** ПРОШЛОМ году Армтоннельстрою исполнилось 30 лет. И хотя Управление строительства организовано всего пять лет назад, началом становления коллектива является 1950 г. Небольшой отряд прибыл в Ереван со строительства железнодорожных тоннелей на Черноморском побережье. Образовали шахту № 1 строительства № 165/г. В 1954 г. она слилась с Передвижной спецколонной № 102 Тблметростроя. С 1966 г. коллектив реорганизуется в Строительно-монтажный поезд № 307. В связи с увеличением объема работ на базе СМП № 307 (1972 г.) организован Тоннельный отряд № 8 с непосредственным подчинением Главку. Но и ТО № 8 не под силу было справиться с ростом

горнокапитальных работ. Достаточно сказать, что в 1972—73 гг. он осуществлял строительство метрополитена в Ереване, железнодорожных тоннелей и автодорожного под Севанским перевалом. Поэтому в 1973 г. было принято решение об организации СМУ № 160, которому поручили прокладку трасс будущего метрополитена, а ТО № 8 передислоцировали в Кировакан на строительство железнодорожных и автодорожных тоннелей.

Для улучшения руководства строительством тоннелей в Армянской ССР и дальнейшего развития этих работ в 1975 г. организовали Управление по строительству тоннелей—Армтоннельстрой. В это же время сформировали автомобильную базу, а позднее

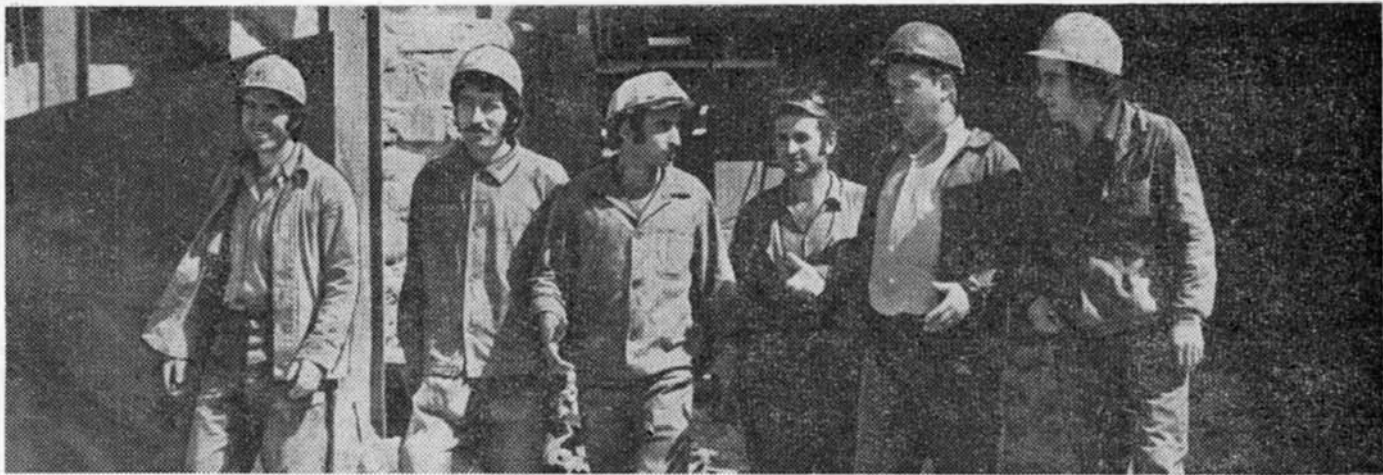
ТО № 17, Управление производственно-технологической комплектации (УПТК), ТО № 23, Управление механизации, ТО № 25. Таким образом, в Армтоннельстрое сейчас восемь подразделений. Тоннельные отряды №№ 8, 17, 23 сосредоточены на строительстве железнодорожных и автодорожных тоннелей, СМУ № 160 и ТО № 25 — трасс метро.

За прошедшие тридцать лет построено большое количество железнодорожных и автодорожных, ливнеотводящих и водоотводящих тоннелей, а также множество других подземных сооружений.

Говоря о создании Армтоннельстроя, мы прежде всего имеем в виду инженеров и служащих, оставивших заметный след в становлении коллектива. Это — начальники участков В. Федянин и А. Пирумов, бригадиры проходческих бригад В. Галушко и М. Дарзиев. С первых дней организации работает слесарь-монтажник И. Скоморох и бывший проходчик, а ныне кузнец — М. Петросян, награжденный знаком «Почетный транспортный строитель». Пятнадцать лет возглавлял коллектив талантливый организатор Г. Айрапетов, а сейчас его преемник — ветеран-метростроитель Л. Арутюнов.

Растет новая смена метростроителей.





цев. Замечательными мастерами своего дела признаны бригады — проходчики М. Лазарев и Ф. Тамазян из ТО № 8, И. Полупан и С. Данелян из ТО № 23, механизатор О. Саргсян. Среди отличных руководителей можно отметить начальника ТО № 23 В. Карапетяна и начальника автобазы С. Салахьяна.

В последние годы главное внимание коллектива приковано к строительству метрополитена в Ереване.

Для сооружения первого участка метро привлечены большие трудовые и материальные ресурсы. Достаточно сказать, что две трети специалистов Армтоннельстроя участвуют в этой стройке.

Неоценимую помощь оказали нам метростроители Москвы, Ленинграда, Минска, Горького, Тбилиси, Ташкента, Харькова и других городов страны. Большой вклад внесли субподрядные организации: Армтрансстрой, Ерхимстрой, Ереванстрой, Минавтодор Армении и другие.

Среди наиболее отличившихся метростроителей хочется отметить депутата Верховного Совета Армянской ССР бригадира Р. Арутюняна, проходчиков К. Меликяна, В. Лазяна, слесарей А. Александрова и М. Бондарева, начальника участка Г. Мартиросяна и маркшейдера Л. Завгороднюю из СМУ № 160; проходчиков К. Папояна, А. Аракеляна и В. Аракеляна из ТО № 25; бригадира проходчиков Ленметростроя М. Тихановича; бригадиров-наставников из Мосметростроя И. Шепелева и А. Суханова и многих, многих других. Заслуживает похвалы и замечательный специалист В. Пономарев.

Коллектив Армтоннельстроя испытывает чувство большой благодарности ко всем, кто своим трудом способствовал пуску Ереванского метро. □

*Победитель социалистического соревнования — коллектив ТО № 25. На снимке слева направо: проходчик Ж. Айрапетян, бригадир А. Аракелян, начальник забоя С. Хахатрян, проходчики О. Галоян, Г. Арсенов, А. Варосян.*



*Проходчики ТО № 3 Е. Хайло (слева) и В. Васильев, работавшие на рампе.*



*Передовые проходчики бригады Р. Арутюняна (слева направо): А. Аванесян, С. Григорян, А. Авдоян, бригадир и М. Авластимов.*



*Минские метростроители в Ереване. На снимке слева направо: проходчик А. Муравьев, звеньевой В. Лагута, бригадир П. Тихомиров и горный мастер Е. Ловцов.*

# НА ОБЪЕКТАХ БУДУЩЕГО СЕРПУХОВСКО-ТИМИРЯЗЕВСКОГО ДИАМЕТРА В МОСКВЕ

## СТАНЦИЯ «ЮЖНАЯ». ПРОВЕРКА НОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

**К**ОЛЛЕКТИВ СМУ № 3 в октябре 1980 г. завершил основной этап работы по сооружению станции «Южная». Односводчатый метровокзал практически готов. В короткий срок — меньше, чем за год — смонтированы стены и свод. Сыграло свою роль и то, что у строителей этого СМУ уже имелся опыт сооружения односводчатой конструкции — станции «Сходненская» на Краснопресненской линии. Но главное — в организации работ, в умелом использовании новых механизмов.

Слово — инженеру технического отдела Управления Мосметростроя **Е. Соболеву**:

— Еще при возведении «Сходненской» строители пытались своими силами изготовить передвижные опалубки для сооружения монолитных стен. Свои предложения они передали в СКТБ, где была разработана конструкция самоходной опалубки. Изготовить ее поручили коллективу первого механического завода.

На предприятии, внося свои рационализаторские предложения, специалисты изготовили две тележки — для левой и правой стены. Тележка представляет собой внутреннюю и наружную опалубки, отрыв которых после схватывания бетона производится гидравлическими домкратами.

Самоходные опалубки для монтажа стен односводчатой станции использовались впервые и дали большую экономию времени и материалов, в частности леса. Стоимость самой тележки быстро окупится ввиду ее большой оборачиваемости. Надо

только сделать ее универсальной. Если отдельные элементы будут сменными, то тележку можно применить для односводчатых станций разных конструкций.

Самоходные опалубки оказались удобными в работе, но строители внесли свои замечания; наружную опалубку предлагается армировать, например, нержавеющей сталью, чтобы не прилипал бетон и легче производилась зачистка. Сам же процесс бетонирования не вызывал никаких сложностей.

При монтаже свода «Южной» тоже применили тележку, изготовленную на первом механическом заводе. Она уже была в работе на односводчатой станции «Перово». Для «Южной» ее специально подготовила заводская бригада слесарей механосборочного цеха Л. Шорникова. Тележку приспособили к монтажу свода именно той конструкции, какая на «Южной»: сделаны два выступа, образующие на своде кессоны для светильников, выступами для кессонной части оформлены и откидные закрылки, примыкающие к стенам. Увеличили ход домкратов, в связи с этим пришлось сделать короче опорную часть конструкции.

В первые дни у строителей уходило много времени на установку тележки по маркшейдерским отметкам. В последующие смены она производилась быстрее.

## СТАНЦИЯ «ЧЕХОВСКАЯ». ЭФФЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ

**К**ОЛЛЕКТИВ СМУ № 14 Мосметростроя приступил к сооружению пересадочного узла с действующей станцией «Горьковская» на буду-

щую «Чеховскую». Строители используют шахтный ствол № 834, с помощью которого сооружались «Пушкинская» и «Горьковская».

Слово — начальнику СМУ № 14 **Н. Зайдуллину**:

— Пересадочный узел — всегда сложное задание. В данном случае в комплекс работ входит продление среднего зала «Горьковской», сооружение машинного помещения, камеры металлоконструкций, натяжной камеры, ходков, примыкающих к аванзалу, и части аванзала, ведущего к «Чеховской».

Сооружение пересадочного узла начали с продления среднего зала «Горьковской». Работы вели за торцевой стеной действующего метровокзала. Прорезные кольца установили на границе продленного среднего зала и машинного помещения так, что забой двигался в сторону торцевой стены. Проходку вели в три смены. Здесь было занято пять бригад проходчиков.

На монтаже первых колец полностью исключались взрывные работы. Сложность заключалась еще и в том, что рассечка и забой находились рядом и работать приходилось в стесненных условиях. Затем взрывы производили, но ограниченные по времени и объему, а вот на монтаже колец, примыкающих к торцевой стене, их снова пришлось исключить.

Одновременно с продлением среднего зала шла проходка штолен для боковых опор конструкций обделки машинного помещения. Это позволило расширить фронт работ. Данная технология производства стала возможной благодаря тем подходным работам, которые оставались после сооружения «Горьковской».





*Комсомольско-молодежная комплексная бригада А. Акимова (СМУ № 3 Мосметростроя) забетонировала свод станции «Южная» менее чем за два месяца. Работы вели по скользящему графику с применением инвентарной передвижной металлической опалубки стен и свода.*

## ПРОДЛЕВАЕМЫЙ КАЛИНИНСКИЙ

**Ш**АХТА № 404-бис — рабочий адрес коллектива участка А. Терещенко из СМУ № 7 Мосметростроя. Отсюда, от тупиковых тоннелей станции «Марксистская», проходчики сооружают перегонные тоннели к третьей «Новокузнецкой». С первых дней на новом объекте внедрен бригадный подряд. Он дал свои результаты.

Слово — начальнику участка СМУ № 7 А. Терещенко:

— Мы немного удлинили рудничный двор действующей шахты и сразу приступили к проходке транспортной штольни. Организовали работу в три смены. На проходку поставили

опытные бригады Н. Сидорова, В. Кальчугина и М. Цветкова. В борьбе с известняком нам помогли взрывы, но ограниченной силы. Над штольной — действующая Ждановско-Краснопресненская линия, и в шахте слышен шум поездов.

Сразу взяли хороший темп. Работа предстояла трудоемкая, со сложностями в организации откатки. Вот почему именно здесь решили применить бригадный подряд. В первый же месяц прошли 100 м штольни, как и записано в договоре. Эта цифра была бы больше, если бы не задержки с крепежным лесом. В самом начале проходки установили лучший результат — 2 метра 16 сантиметров за смену.

Полностью соорудить почти 400 метров транспортной штольни должны были к 31 августа. Бригады взяли встречное обязательство и завершили

проходку на полмесяца раньше. Это — результат бригадного подряда: четко работали механизмы, не было простоев, быстро передавались смены, действовала взаимозаменяемость...

Сейчас мы вышли на трассу, ведем проходку перегонных тоннелей. Впереди предсказанный проектировщиками большой приток воды. Ожидает нас и встреча с Москвой-рекой: тоннели пройдут под водной преградой.

В декабре в левом тоннеле был смонтирован блокоукладчик. Сейчас бригады проходчиков А. Прохорова, В. Кальчугина и М. Цветкова сооружают здесь за сутки по 3 метра тоннеля. Уже позади стометровый рубеж.

К новому году блокоукладчик смонтирован и в правом тоннеле.

**Б. БУХАРИНА**

## НА СТРОЙПЛОЩАДКАХ НОВОСИБИРСКОГО МЕТРО

# ЗАЛОЖЕН ПРОЧНЫЙ ФУНДАМЕНТ

**М. НЕМИЛОСТИВЫХ,**  
начальник Тоннельного отряда № 29

«**ДАЕШЬ МЕТРО!**» — было написано на первой свае, забитой на месте будущей станции «Октябрьская» в ознаменование начала сооружения первого метрополитена Сибири.

Сегодня на карте строительства Новосибирского метрополитена — перегонный тоннель открытого способа протяженностью 620 м, шахта для проходки участка между станциями «Октябрьская» и «Площадь Ленина», станция «Вокзальная», ремонтно-механические мастерские с арматурным цехом и центральным складом, участок механизации, собственная база метростроения, площадка депо, первые фундаменты опор метромоста и 500 м тоннеля.

Городским комитетом партии и Исполкомом городского Совета народных депутатов принято программное решение по основным вопросам строительства метро в Новосибирске. Этот документ оказал организующее действие, активизировав и объединив усилия многих предприятий города.

Субподрядными организациями Главновосибирскстроя вынесены коммуникации с основных стройплощадок. На заводах города в течение пяти месяцев изготовлена полная номенклатура (49 видов) опалубки. Для выпуска железобетонных элементов станций и перегонных тоннелей привлечены семь заводов ЖБИ, которыми уже произведено свыше 7 тыс. м<sup>3</sup> сборных конструкций.

Зримо проступают черты станции «Октябрьская». Здесь выполнено свайное ограждение, вынута 80 тыс. м<sup>3</sup> грунта, смонтировано 2500 м<sup>3</sup> сборных железобетонных конструкций. Завершается строительство вентсбойки, венткамеры, уложен лоток, возведены колонны и стены

вестибюля. В содружестве с Институтом горного дела Сибирского отделения Академии наук СССР и филиалом ЦНИИСа выполнено крепление

части котлована анкерным способом с применением пневмопробойника.

Для сооружения перегонного тоннеля открытого способа на всем его протяжении вынута 92 тыс. м<sup>3</sup> грунта в котловане без крепления откосов, подготовлено основание, ведется монтаж блоков ЦСО с нанесением безмастичной изоляции газопламенной горелкой и защитой ее асбоцементными листами. Блоки цельносекционной обделки устанавливаются 25-т краном непосредственно с колесной тележки. Уже смонтировано свыше 135 м тоннеля в двухпутном исчислении.

Тоннель закрытого способа ведется с использованием ЩН-1с с технологической тележкой.

На сооружаемой колонной станции «Вокзальная» с боковым размещением





ем СТП и кессонными потолками в монолите вынута 70 тыс. м<sup>3</sup> грунта, начат монтаж конструкций вестибюля № 1. Ограниченная грузоподъемность крана ККС-10 не позволяет применять укрупненные элементы, что было учтено при размещении заказов на сборные конструкции.

Для удовлетворения нужд метроостроя по изготовлению закладных строительных деталей, а также для ремонта техники и механизмов создана ремонтно-механическая мастерская и арматурный цех. В самостоятельное подразделение Тоннельного отряда выделен мехучасток с крытыми утепленными боксами на 100 машин.

Растет собственная база метроостроя с проектной годовой мощностью 37 тыс. м<sup>3</sup> сборного железобетона и 45 тыс. м<sup>3</sup> товарного бетона. Стройтрестом № 43 Главновосибирскостроя возведен главный корпус, начато строительство галереи и смесительного узла, подводятся инженерные коммуникации. Первый объект базы — бетонно-растворный узел на 20 тыс. м<sup>3</sup> товарного бетона намечено сдать в эксплуатацию в 1981 г.

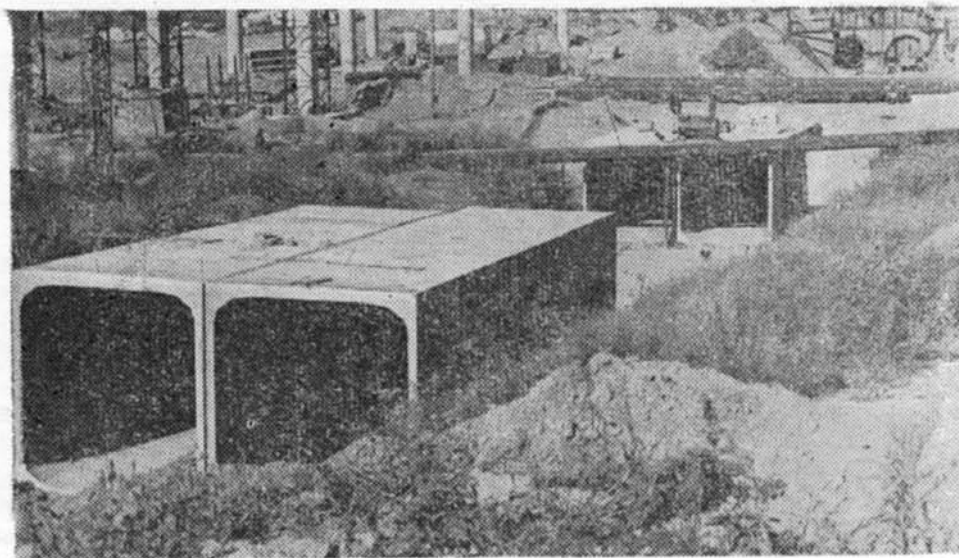
Горисполком выделил дополнительную площадь для строительства завода по обработке гранита и мрамора. Разработано технико-экономическое обоснование технологической линии.

В Заельцовском районе города на месте искусственно намываемой дамбы разместится депо метрополитена. Управление благоустройства горисполкома сдало площадки под депо, намыв 811 тыс. м<sup>3</sup> грунта и срезав 1200 тыс. м<sup>3</sup> бортов.

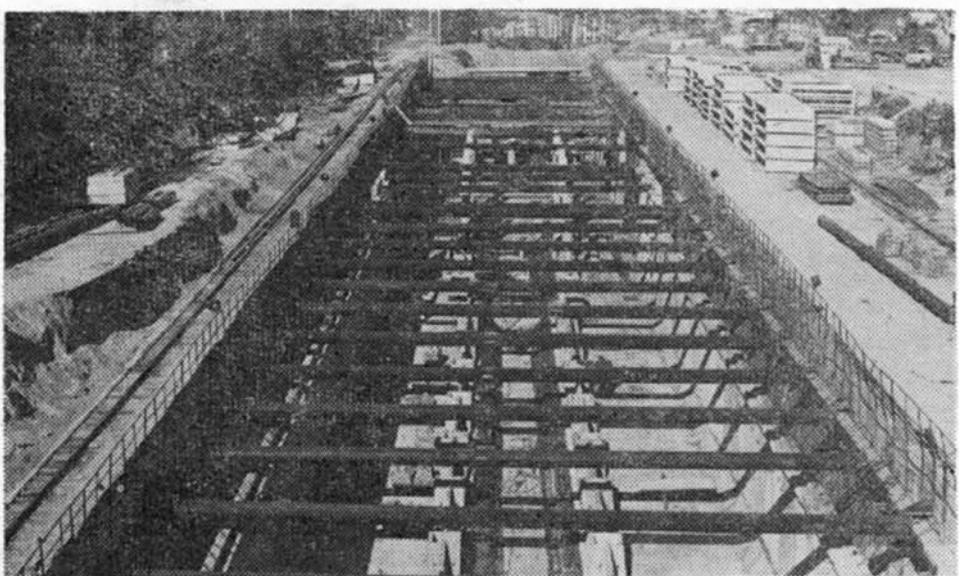
К возведению метромоста через Обь приступила субподрядная организация — Мостоотряд № 38 Новосибирского мостостроительного треста № 2. Заложены ростверки двух опор. В 1984 г. объект должен быть сдан.

Ведется подготовка к началу строительства еще четырех станций — «Сибирская», «Красный проспект», «Площадь Ленина» и «Студенческая», а также перегона «Спортивная» — «Студенческая».

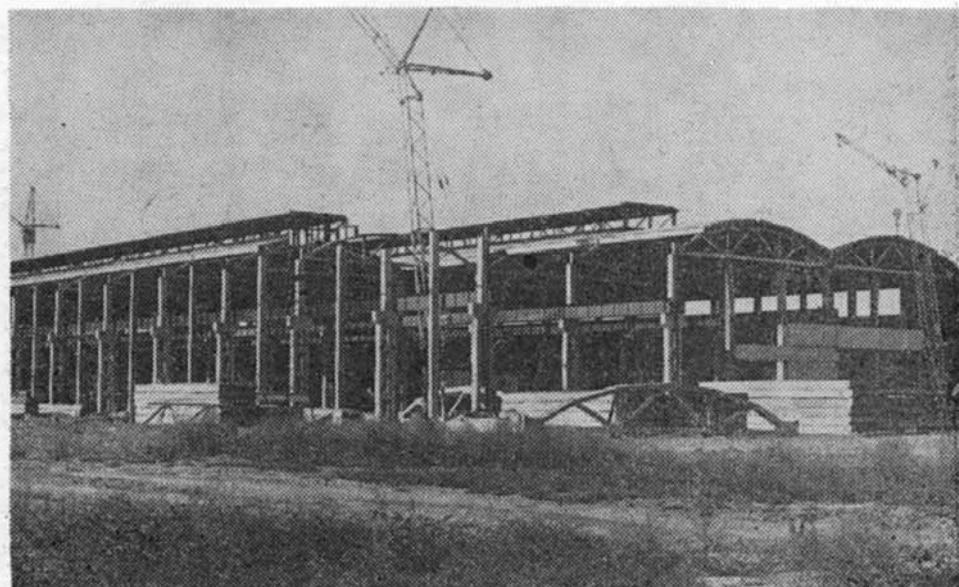
Основные масштабы работ впереди. Коллектив Тоннельного отряда № 29 делает все возможное, чтобы заложить прочный фундамент для пуска первой очереди Новосибирского метрополитена.



Участок перегона «Площадь Ленина» — «Октябрьская» с цельносекционной обделкой.



Момент строительства станции «Октябрьская».



□ Возведение промышленной базы.

---

---

# СВЕРДЛОВСК: СТАРТ НОВОЙ СТРОЙКИ

## Первый на Урале метрополитен

Т. СУББОТИНА

---

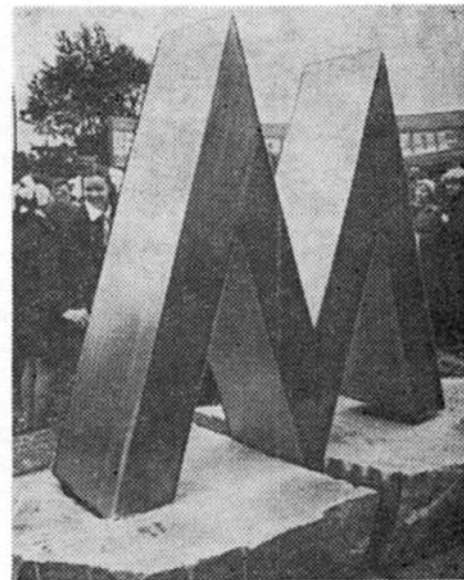
---

В 1905 ГОДУ и позже здесь, неподалеку от старого железнодорожного вокзала, не раз бывал Я. М. Свердлов, в здании железнодорожного училища выступали перед екатеринбургскими пролетариями Павел Хохряков, Иван Малышев и другие видные уральские большевики. Именно сюда в 1919 году, громя колчаковцев, прорвались первые красноармейские отряды. И есть что-то символическое, что в этом месте состоялась недавно торжественная закладка первого на Урале метрополитена, а имя его первой станции дано «Свердловская». На историческом месте в честь знамена-

тельного события установлен памятный знак в виде гигантской стальной буквы «М» на постаменте из красного гранита.

На митинге представителей трудящихся Свердловска председатель городского партийного штаба по строительству метрополитена, первый секретарь горкома КПСС В. М. Манюхин так охарактеризовал масштабы новостройки. Предстоит уложить и смонтировать 225 тысяч кубометров железобетона, 36 тысяч тонн чугунных тубингов, разработать и вывезти 1 миллион 600 тысяч кубометров грунта.

Трасса первой очереди обслужит



крупные предприятия города — Уралмашзавод, машиностроительный завод им. Калинина, завод транспортного машиностроения им. Свердлова, Уральский турбомоторный и «Уралэлектротяжмаш». И, конечно, эти промышленные гиганты окажут необходимую помощь при строительстве станций «Орджоникидзевская», «Калининская», «Свердловская», «Дзержинская». Берет шефство над метро и городская комсомольская организация.

...Это был очень волнующий момент, когда под гром оркестра, горячие аплодисменты лучший механи-

*Участников митинга приветствует первый секретарь Свердловского горкома КПСС, председатель городского партийного штаба по строительству метрополитена В. М. Манюхин.*





затор «Главстроймеханизации» СССР, ударник десятой пятилетки Н. Савкин зачерпнул ковшем своего экскаватора первый земной пласт и ловко загрузил доверху кузов КамАЗа. За его рулем был бригадир знаменитой комплексной бригады, лауреат Государственной премии СССР В. Потапов.

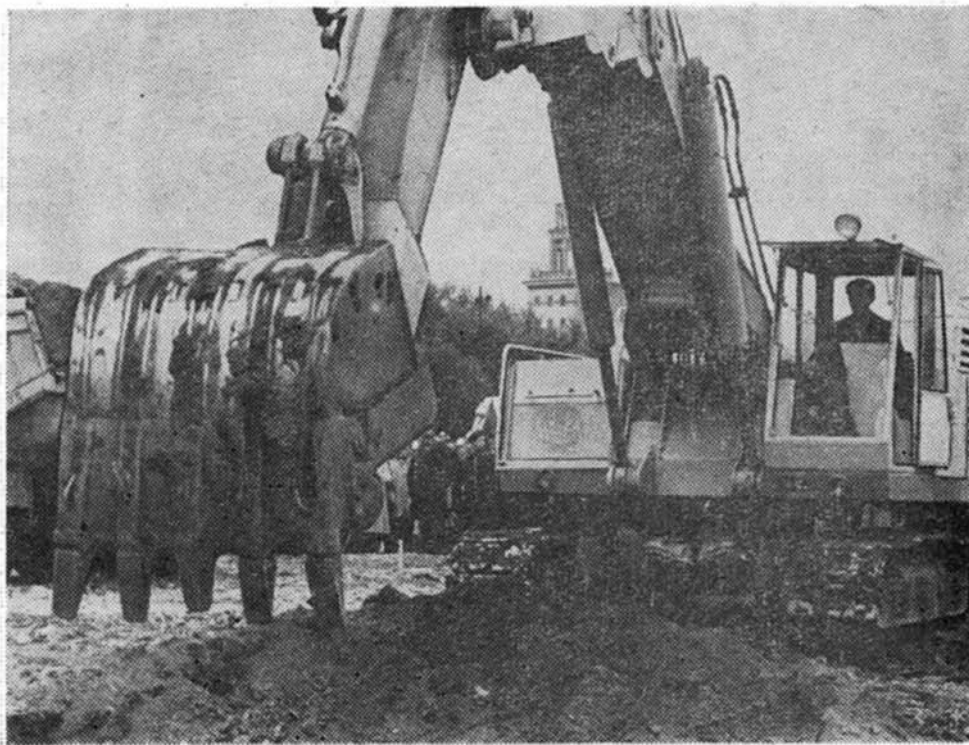
Так стартовала стройка Свердловского метрополитена. Его проект разработали в Харькове. Уже рассмотрены и одобрены архитектурно-художественные решения всех девяти свердловских станций. В проекте учитывался многолетний опыт строительства Московского метро с учетом уральских условий. Архитекторы отразили в проектах интерьеров трудовые и революционные традиции Свердловска. В оформлении предполагается использовать металл с кремнийорганическим покрытием, чугунное литье, столь характерное для Урала. Интересно, что вместо традиционных гранитных на полу будут чугунные плиты. Они не дают трещин, а от долгой эксплуатации лишь приобретут красивый блеск. Без сомнения, украсит подземные станции и отделка их знаменитыми уральскими камнями-самоцветами.

Но вернемся на площадку строительства станции «Свердловская». Позади первые месяцы ударной работы проходчиков. Неподдалеку от гигантской буквы-памятника «М» вырос котлован форшахты. Она обшита мощными кольцами чугунных тубингов.

Все глубже в землю вгрызается вертикальный ствол будущей станции, и скоро проходчики возьмут курс на центр города — площадь Имени 1905 года. Под землей форсируют реку Исеть, разработают и отправят на-гора сотни тонн трудного скального грунта. Первые станции — «Свердловская» и «Дзержинская» — глубокого заложения, сооружаются вблизи железнодорожных путей. Для нужд стройки устанавливается своя подстанция, возводится бытовое помещение.

Свердловский метрополитен получает солидную производственную базу, уже создана ее дирекция. Первыми заботами дирекции стали подъездная автомобильная дорога, рождение нового завода товарного бетона и раствора.

Подготовлены первые кадры для строительства метро. Все они имеют среднетехническое образование, опыт горнопроходческих работ. Хоро-



*Первый ковш.*

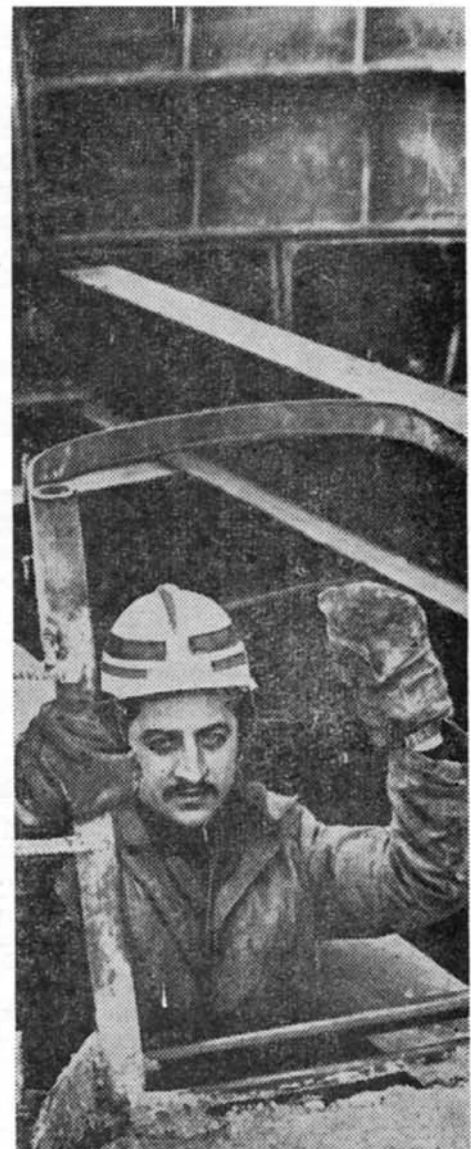
шей школой для них стала стажировка на строительстве Ереванского метро. Из Армении ребята возвращаются с правами машинистов погрузочных машин, монтажников-тюбингоукладчиков. Первую бригаду возглавили А. Козманов и его заместитель Н. Рубцов.

В тот момент, когда мы побывали на новостройке, проходчик В. Моисеев только что укрепил последний тубинг на нужной отметке.

Надо отметить, что все метростроители — будь то руководитель любого ранга или рядовой рабочий — охвачены неподдельным энтузиазмом. Да, наверное, любой свердловчанин готов способствовать тому, чтобы ускорить ввод метро. Но есть в городе особо беспокойная часть населения, которая не хочет ждать. Это свердловские школьники. 18 ноября 1980 г. Свердловску исполнилось 257 лет со дня рождения, и в честь этого события состоялась пионерская плавка. 430 тонн «хлеба мартенов» собрали участники новой операции «Пионеры — Свердловскому метро». Это — одна из первых ласточек практической помощи горожан. □

*Проходчик В. Моисеев укрепил последний тубинг ствола.*

Фото: В. Долганина и С. Мурзикова



# МЕТРОПОЛИТЕН В КУЙБЫШЕВЕ

В. РЫЖОВ,  
главный инженер проекта



**КУЙБЫШЕВ** — один из крупных быстрорастущих индустриальных, научных и культурных центров Советского Союза. Расположен на возвышенном левом берегу Волги и вытянут вдоль реки на 40 км. Город имеет прямоугольную планировку кварталов, площадей, улично-дорожной сети. Особенность структуры — наличие двух ярко выраженных районов: административно-культурно-торгового со значительной жилой застройкой и крупного промышленного в восточной части. Эти районы удалены друг от друга на 15 км.

Большинство магистральных улиц города рассчитано только на 1—2-полосное движение. Пропускная способность Московского шоссе, улиц Авроры, Победы, XXII партсъезда, Заводского шоссе, проспекта Кирова практически исчерпана.

При рассмотрении комплексной схемы развития всех видов пассажирского транспорта Куйбышева в качестве основного принят метрополитен. Генеральная схема его строительства предусматривает три линии: Псковскую (первоочередную) — Центр — Безымянский промышленный район, Вокзальную — от железнодорожного вокзала до улицы Авроры и Засамарскую — от завода им. Ленина в новый перспективный жилой массив в пойме реки Самары. Принятая схема обеспечит поездку пассажиров без пересадки или только с одной.

На первой линии метрополитена протяженностью 17,32 км запроектировано 13 станций мелкого заложения с подземными вестибюлями (за исключением одного наземного — станции «Кировская»). Первая очередь метрополитена включает участок длиной 11,16 км («Октябрьская» — «Кировская») с 9 станциями. За «Кировской» запроектировано электродепо.

В районе станции «Проспект Маркса» предусматривается сооружение инженерного корпуса метрополитена и дома Служб.

Инженерно-геологические условия строительства метрополитена весьма разнообразны: от песчано-глинистых

грунтов четвертичного возраста третьей надпойменной террасы Волги до скальных четвертичного неогенного и пермского возрастов. Водоносные супеси и песчаные прослои в глинах неогена, а также развитие верховодки уменьшают устойчивость забоев горных выработок и бортов котлованов. На большом протяжении трассы верховодка и грунтовые воды характерны сульфатной агрессией по отношению к бетонам повышенной плотности.

Положение трассы в плане определено необходимостью размещения станций метрополитена в наиболее важных пассажирообразующих пунктах с учетом сложившейся планировочной структуры и перспективы развития районов города, а также условий строительства линии.

В плане в основном применены кривые радиусом 500 м и более (кривые радиусом 300 и 400 м применены в исключительных случаях с целью сохранения существующей капитальной застройки).

В профиле трасса запроектирована только в тоннелях мелкого заложения.

Станции предусмотрены с платформами островного типа длиной 100—104 м. Междупутье и ширина платформы составляет соответственно 12,9 и 10 м. Все подземные вестибюли соединены с пешеходными городскими переходами.

Станция «Площадь революции» расположена на пересечении улиц Фрунзе и Венцека. В зоне пешеходной доступности расположено кольцо восьми маршрутов трамвая и автобусов.

Платформа станции соединена с западным вестибюлем лестницей, с восточным — тремя эскалаторами.

«Площадь Куйбышева» размещена на пересечении Чапаевской и Красноармейской улиц.

Платформа станции соединена с восточным вестибюлем тремя эскалаторами, с западным — лестницей.

«Самарская» возводится на одноименной площади. Платформа станции соединена лестницами с двумя подземными вестибюлями.

«Октябрьская» расположена на пересечении улиц Ново-Садовой и Осипенко. С западным вестибюлем платформы соединяют три эскалатора, с восточным — лестница.

Станция «Проспект Ленина» размещена на улице Луначарского между одноименным проспектом и улицей Мичурина. Платформа пассажирского зала соединена с северным вестибюлем лестницей, а с южным — тремя эскалаторами. Размещение выходов учитывает намечаемую прокладку по улице Луначарского трамвайной линии для связи с северо-восточным жилым массивом, а также размещение в районе метровокзала узловой трамвайной станции.

«Проспект Маркса» сооружается на площади, образованной пересечением улицы Луначарского, проспектов Гагарина, Карла Маркса и Московского шоссе. К этому транспортному узлу стекаются потоки от железнодорожного вокзала и прилегающих жилых массивов, а также со стороны северо-восточной части города.

С северным и южным вестибюлями платформу свяжут три эскалатора. Предусмотрена возможность в центре станции соорудить пересадочный узел со второй линией.

Станция «Проспект Гагарина» расположена на одноименном проспекте. К вестибюлям от платформы ведут три эскалатора. Станция предусмотрена пересадочной. Ее положение в профиле определено необходимостью в будущем пропустить над строящейся трассой новую линию метрополитена.



«Спортивная» возводится на стыке проспекта Гагарина, улицы Энтузиастов и Батальонного переулка. Подземные вестибюли соединены с пешеходными переходами. Сходы — по обеим сторонам проспекта.

«Советская» находится на пересечении проспекта Гагарина с Запорожской улицей.

Платформа станции связана с северо-западным подземным вестибюлем тремя эскалаторами, а с юго-восточным — лестницей.

Станция «Победа» будет сооружена на пересечении одноименной улицы с улицей XXII партсъезда.

Конструкция односводчатая с двумя подземными вестибюлями, связанными с платформой лестницами. Вестибюли соединены с системой пешеходных переходов.

«Безымянка» расположена на стыке улиц Победы и Нововокзальной. Платформа станции связана с подземными вестибюлями лестницами.

На станции «Кировская» предусмотрена пересадка на железнодорожную платформу Пятилетка, которая соединяется с пешеходным переходом эскалатором на подъем и лестницей на спуск. Южный вестибюль «Кировской» запроектирован наземным по типу вестибюля станции «Ботанический сад» Калужско-Рижской линии Московского метрополитена. Рядом будут организованы площадки для оборота общественного транспорта.

Станция «Крылья Советов» возводится на Псковской улице вблизи пересечения ее с Заводским шоссе. Здесь заканчивают свой путь 6 маршрутов трамвая, 5 — троллейбуса и 9 — автобуса. Ряд этих маршрутов свяжет линию метрополитена с районами Зубчаниновки, Кинеля и Ракитовским жилым массивом.

Наибольший пассажиропоток на 1985 год по участку первой линии ожидается на перегоне «Спортивная» — «Советская» — 22,6 тыс. человек в час пик. Для обеспечения пассажироперевозок в этот период необходима организация движения 30 пар четырехвагонных поездов. К 1995 году на этом же перегоне пассажиропоток возрастет до 25,1 тыс. человек в час пик. Тогда для организации движения потребуется 32 пары четырехвагонных поездов.

На линии запроектировано путевое развитие: за конечными станциями «Площадь Революции», «Крылья Советов» и у станции «Октябрьская» (на первый период временно конечная) — четырехпутные тупики с линейными пунктами для оборота, осмотра и ночного отстоя подвижного состава. Это обеспечит возможность оборота 40 пар пятивагонных поездов в час, а также последующее продление линии без перерыва в движении.

На трассе предусматривается обращение вагонов типа «И». Среднее время сообщения между станциями «Площадь Революции» и «Крылья Советов» — 23,5 мин.

Станции и пристанционные сооружения строятся открытым способом в котлованах с вертикальными стенами и свайным креплением.

Конструкции платформенных участков — сборные из железобетонных элементов заводского изготовления. В отличие от ранее применявшихся в этих конструкциях укрупненные элементы, сокращено число типоразмеров и общее количество монтажных единиц.

Перегонные тоннели в основном сооружаются закрытым способом. При проходке тоннелей в песчаных неводоносных грунтах естественной влажности принята обделка из монолитно-прессованного бетона; в глинистых водоносных грунтах — сборная из железобетонных блоков с цилиндрическими стыками, обжатая в породе;

в песчано-глинистых обводненных грунтах, а также в просадочных аллювиальных суглинках применяется сборная железобетонная обжатая конструкция, дополненная связями растяжения по кольцу, которые предотвращают раскрытие стыков, образование трещин и выносы породы из-за обделки в тоннель. Связи между блоками в кольце запроектированы в виде уголков, расположенных вдоль стыков блоков и соединенных с ними при помощи шпилек.

На коротких участках трассы — в местах примыкания притоннельных сооружений, в непосредственной близости от существующих и проектируемых сооружений, в начале цитовой проходки каждого перегона — применяется чугунная тубинговая обделка кругового очертания наружным диаметром 5,49 м без плоского лотка.

При проходке тоннелей под железнодорожными путями методом продавливания предусмотрена чугунная тубинговая обделка наружным диаметром 6 м; в котлованах со свайным креплением используется сборная железобетонная обделка прямоугольного очертания из укрупненных элементов.

На участках трассы, где намечены дополнительные мероприятия по шумоизоляции окружающей жилой застройки в виде прокладки резинового ковра под путевым бетоном, сборные железобетонные обделки кругового очертания запроектированы без плоского лотка.

Конструкции тупиков и камер съездов возводятся сборными из типовых железобетонных элементов заводского изготовления с применением монолитного железобетона для участков переменной ширины и для лотковых частей. Изоляция сооружений, возводимых открытым способом, — оклеечная из гидроизола. С целью обеспечения водонепроницаемости обделок швы между чугунными и железобетонными тубингами чеканятся быстротвердеющим цементным составом БУС.

При сооружении тоннелей закрытым способом с применением сборных конструкций производится нагнетание цементно-песчаного и цементного растворов за обделку для создания полного контакта между ею и породой.

Архитектурная отделка станций, вестибюлей и переходов предусмотрена материалами, отвечающими требованиям эксплуатации метрополитена. Для облицовки колонн и стен станций и вестибюлей будет использован мрамор различных пород, для пола — полированные плиты гранита. Края пассажирских платформ шириной 80 см предусмотрены из ковального гранита. Стены переходов и лестничных спусков отделываются глазурованной морозоустойчивой плиткой. Освещение — люминесцентное.

Для станций и тоннелей запроектирована система precisely-вытяжной реверсивной вентиляции.

Для обеспечения регулирования, автоматического управления, безопасности и организации движения поездов техническим проектом предусмотрены устройства: автоматического регулирования скорости (АРС); электрической централизации (ЭЦ); диспетчерской централизации (ДЦ); автоматического управления движением поездов (АУП).

Намечаются соответствующие мероприятия по охране прилегающих к трассе водоемов, воздушного бассейна, подземных вод, защите жилых зданий от шума и вибрации.

Общий срок строительства первой очереди метрополитена — восемь, пускового участка — шесть лет.

В настоящее время ведется проходка тоннелей на трассе «Кировская» — «Октябрьская». □

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОХОДЧЕСКОГО ЩИТА

В. АУЭРБАХ, Г. ЛУРЬЕ,  
кандидаты техн. наук;  
В. МАСЛОВСКИЙ, Т. ТАТАРКИНА,  
инженеры

ЭСКАВАТОРНОЕ оборудование является новым и перспективным типом рабочего оснащения механизированных проходческих щитов. В СССР на строительстве метрополитена оно впервые применено в 1978—1979 гг.

Экскаваторные рабочие органы широко используются в строительстве, однако эксплуатация их (смонтированных в корпусе проходческого щита) в стесненных условиях тоннельной выработки отличается рядом особенностей. Какие при этом возникают нагрузки, как их применить для расчета вновь создаваемых конструкций, насколько справедливы закономерности, характерные для работы экскаваторов общестроительного назначения? Чтобы ответить на эти вопросы, ЦНИИСом проведены исследования при проходке тоннеля Калининского радиуса на участке ТО № 6 Мосметростроя. Объектом служил экспериментальный образец щита ЦМ-1с (э), созданный по инициативе ЦНИИСа и Мосметростроя\*.

В процессе исследований определяли нагрузки и перемещения в основных элементах экскаваторного рабочего органа при разработке забоя и погрузке грунта, который представлен суглинками и песками средней крепости с прослойками супеси. В соответствии с принятой классификацией грунта можно отнести ко II категории.

Благодаря неглубокому заложению тоннеля и незначительному удалению щита от ствола регистрирующую аппаратуру удалось разместить на поверхности и соединить с установленными на рабочем оборудовании датчиками магистральным кабелем длиной до 100 м. Чтобы избежать влияния наводок, применили систему фильтров, воздействие которых на динамику записываемых процессов составляло не более 1,5%.

Это вполне допустимо для рабочих процессов с частотами выше 10 Гц.

Схема экскаваторного оборудования представлена на рис. 1: скребок 1 черпает грунт при помощи гидроцилиндров 2; вращение скребка вокруг продольной оси производится гидромотором 3; стрела 4 и рукоять 5 телескопически раздвигаются гидроцилиндрами 6; для подъема и опускания стрелы с рукоятью служат гидроцилиндры 7 и 8; рукоять шарнирно подвешена к треугольной раме 9, которая может вращаться вокруг шарнира 10 под действием гидроцилиндров 11, рабочий орган поворачивается вокруг вертикальной оси относительно неподвижного основания 12 при помощи гидроцилиндров 13.

Измерялись следующие параметры оборудования: давления — в поршневой полости гидроцилиндра скребка, в полостях гидроцилиндра телескопа, в штоковых полостях переднего и заднего гидроцилиндров рукояти, в штоковой полости гидроцилиндра треугольной рамы, в полостях гидроцилиндра вращения рабочего органа в плане; перемещения штоков гидроцилиндров скребка, телескопа и заднего гидроцилиндра ру-

кояты, а также угол поворота рабочего органа в плане.

Вследствие большого количества измерительных датчиков и ограниченной возможности магистрального кабеля для сокращения необходимого количества проводников компенсация измерительных полумостов производилась переменными резисторами непосредственно перед усилителем и осциллографом.

Чтобы определить давление, использовали тензометрические датчики ТДД-200, усилитель «Топаз», блоки питания «Гранат» и П001, осциллограф Н004-М1. Перемещения штока телескопа фиксировали нестандартным многооборотным реохордным датчиком с зубчатой рейкой. В качестве чувствительных элементов перемещения штоков гидроцилиндров скребка, рукояти и треугольной рамы применяли реохордные датчики РД-5 со сменными шкивами, а для угла поворота рабочего органа в плане — потенциометр, закрепленный на оси вращения. Перемещения измеряли стабилизированным источником питания Б5-8, блоком питания П001 и осциллографом Н004-М1.

Датчики давления тарировали на специальном прессе, а датчики перемещения и угла поворота — непосредственно на экскаваторном оборудовании перед записью режимов работы с фиксацией соответствующих значений на ленте осциллографа.

Провели пять серий записей нагрузок и перемещений при копании и погрузке грунта в забое. Продолжительность каждой записи — 20—30 мин.

Была разработана специальная методика, включающая алгоритм и программы для расчета сопротивления резанию по опытным данным о давлении в гидроцилиндрах и их перемещениях. В качестве исходных брали значения нагрузок и перемещений, снимае-

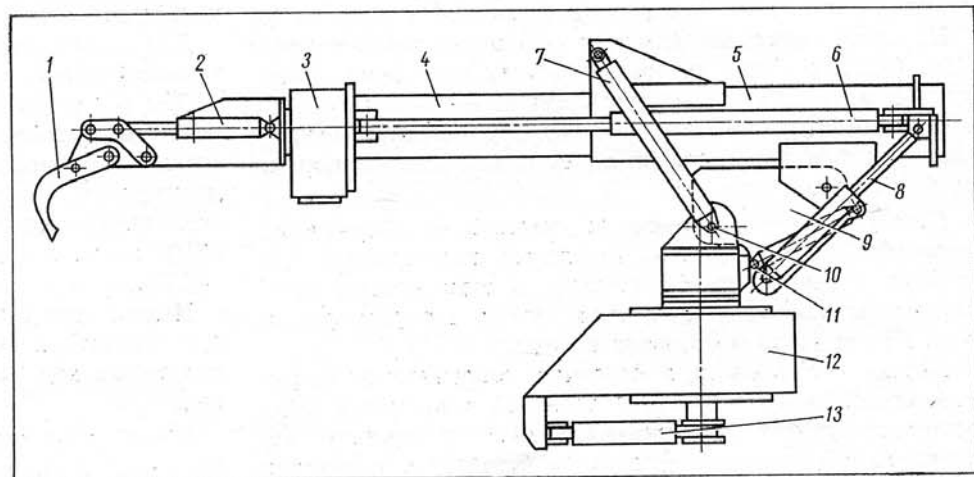


Рис. 1. Схема экскаваторного оборудования

\* См. «Метрострой», 1979, № 3.



Расчетные значения нагрузок на ковше

Наименование показателей	Единица измерения	Категория грунтов			
		II	III	IV	V
Максимальная прочность грунта на смятие . . . . .	МПа	0,5	0,8	1,25	2
То же . . . . .	"	0,05	0,08	0,125	0,2
Коэффициент трения стали о грунт . . . . .	"	0,8	0,8	1	1,2
Касательная составляющая усилия резания . . . . .	кН	23	34	54	88
Нормальная составляющая усилия резания . . . . .	"	10,5	17	27	44
Боковая составляющая усилия резания . . . . .	"	18,4	27,2	43,2	70,4

мые (с определенным шагом) с экспериментальных кривых. Оцифровка производилась оцифратором Ф-009. Каждую кривую с осциллограммы копировали на бумажную ленту, полученные с нее данные автоматически набивались на перфокарты, а затем записывались на магнитную ленту в системе ЭВМ «Минск-32».

Алгоритм включает определение положения оборудования в пространстве, а также статический расчет усилий в каждой точке отсчета и статистическую обработку данных. При этом может рассматриваться оборудование различной конфигурации. На рис. 2 приведена кинематическая схема рассчитываемого оборудования в вертикальной плоскости (расчет производится отдельно в вертикальной и горизонтальной плоскостях). Исходные данные: координаты неподвижных точек системы (шарнир 1 подъема стрелы и шарнир 2 опоры гидроцилиндра подъема стрелы); диаметры поршней и штоков гидроцилиндров; размеры звеньев механизма (расстояния между соответствующими шарнирами), в том числе начальные значения длин ведущих звеньев.

Для определения положения механизма в пространстве он разбивается на ряд треугольников или недеформируемых прямоугольных четырехугольников таким образом, чтобы при последовательном переходе от одной фигуры к другой можно было каждый раз определять по координатам двух известных вершин координаты остальных. Для статического расчета механизм разбивается на ряд элементов, каждый из которых содержит не более трех неизвестных либо имеет сходящуюся систему сил.

При расчете в горизонтальной плоскости находят момент, развиваемый гидроцилиндрами механизма поворота. Для каждого опыта, кроме того, задаются значения масштабных коэффициентов, количество отсчетов и значения давлений и перемещений для каждого.

В процессе исследования давления преобразуются в усилия на концах гидроцилиндров. В результате формируются массивы составляющих усилий резания на передней кромке ковша, а также усилий в гидроцилиндрах.

Для статистической обработки массивов использовали программу СТ-100 из математического обеспечения ЭВМ «Минск-32», определяющую среднее арифметическое, дисперсию, среднеквадратическое отклонение, коэффициенты — вариации, асимметрии, эксцесса — и их ошибки.

Всего обработано 19 опытов с количеством отсчетов от 60 до 1000. В ито-

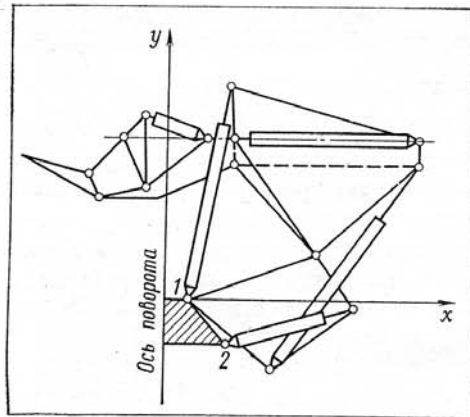


Рис. 2. Кинематическая схема оборудования в вертикальной плоскости.

ге получены следующие значения касательной составляющей усилия на режущей кромке ковша, кН:

среднее . . . . .	9,32
среднеквадратическое отклонение . . . . .	4,92
максимальное . . . . .	23,08
Значения боковой составляющей, кН:	
среднее . . . . .	6,36
среднеквадратическое отклонение . . . . .	7,68
максимальное . . . . .	29,42

Сравнение полученных экспериментальным путем значений с обычно применяемыми при расчетах экскаваторного оборудования зависимостями производится по формуле ВНИИСтройдор-маша. Касательная составляющая реакции грунта резанию:

$$P_k = \tau h (B_k + h) (0,55 + 0,015 \alpha) + \sigma n v p (z + \mu y),$$

где  $B_k$  — ширина ковша, см,  
 $h$  — толщина стружки, см,  
 $\alpha$  — угол резания, град.,  
 $n$  — количество зубьев,  
 $v p$  — ширина зуба, см,  
 $z, y$  — проекции износа режущей кромки,  
 $\sigma, \tau$  — максимальная прочность грунта на смятие и срез, кгс/см<sup>2</sup>,  
 $\mu$  — коэффициент трения стали о грунт.

Нормальная составляющая принята по соотношению  $P_N = 0,6 P_k$ .

На основании приведенных выше зависимостей были определены расчетные нагрузки на щитовое экскаваторное оборудование в грунтах II—V категорий (см. таблицу).

Из таблицы видно, что касательная составляющая усилия резания совпадает со значением, полученным экспериментальным путем. Боковая составляющая значительно ниже. Это объясняется тем, что экспериментальное оборудование разрабатывает грунт как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Таким образом, для расчета телескопических стрел с возможностью вращения рабочего органа вдоль оси стрелы боковую составляющую необходимо принимать по величине не менее касательной.

Можно сделать вывод, что экспериментальные и теоретические нагрузки для исследованных грунтов (II категории) дают хорошее совпадение. Это позволяет распространить данные таблицы для расчета других вариантов экскаваторного оборудования в различных грунтовых условиях.

Такой расчет проведен в ЦНИИСе для проекта экскаваторного рабочего оборудования щита ЩН-Э1. В качестве исходных данных приняли нагрузки для грунтов III категории как наиболее вероятные в условиях эксплуатации. Были определены нагрузки и напряжения в основных узлах оборудования: ковше, рукояти, стреле и опоре. С этой целью впервые в практике расчета экскаваторных рабочих органов применили метод конечных элементов, позволяющий иметь расчетную модель, наиболее близкую к реальной конструкции. Полученные на ЭВМ «ЕС-1022» значения нагрузок и напряжений (расчеты по программе МИИТа) позволили произвести оценку надежности оборудования по методу ЦНИИСа с учетом вероятностного характера нагружения оборудования. □

# ОБРАЗОВАНИЕ НЕРОВНОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ВЫРАБОТКИ

В. ФИНКЕЛЬ,  
докт. техн. наук;

Г. МУРАВИН,  
канд. техн. наук;

Л. ЛЕЗВИНСКАЯ, А. БУРНШТЕЙН,  
инженеры

ОДИН из основных способов проходки тоннелей в скальных грунтах — буровзрывной — сопряжен со значительными затратами времени и средств на обеспечение правильного контура выработки и сохранения ее устойчивости. Этого можно достигнуть возведением временной и постоянной крепи либо за счет использования несущей способности скального массива. В обоих случаях придание контуру выработки достаточно гладкой поверхности в процессе проходки снижает концентрацию напряжений, повышает безопасность ведения работ, уменьшает затраты труда и материалов при бетонировании постоянной обделки.

Реализация поставленной задачи возможна лишь при выяснении механизма возникновения шероховатостей и применения специальных мер гладкого оконтуривания, а они сводятся к изменению привычной технологии взрывных работ.

Авторы рассматривают возникновение неровностей на поверхности свода с точки зрения механики разрушения и дают некоторые рекомендации. В основу положены теоретические и экспериментальные исследования.

*Модель распространения трещин на контуре выработки.* Когда проходка ведется буровзрывным способом, первоначально от массива отделяется порода в центральной зоне, а затем разрушается часть, непосредственно примыкающая к контуру выработки. Рассмотрим трещины, развивающиеся в последней зоне, причины возникновения которых весьма разнообразны (расслоение анизотропного массива, пустоты, динамические разрывы и др.). Независимо от статистически неопределенной анизотропии в породе всегда наблюдаются трещины двух видов: ортогональные линии контура и параллельные ему. Первые, распространяясь, вызывают дробление породы, вторые — ее обрушение.

Исследуем взаимодействие полей двух изолированных трещин, распространяющихся навстречу и параллельно друг другу. Выясним изменение их траектории путем изучения распределения векторов плотности потока энергии в их вершинах. В первом приближении материал примем изотропным.

Вычисления показывают, что поле плотности потока энергии в вершине трещины нормального разрыва, распространяющейся с низкой скоростью (до  $0,4 C_2$ ), относительно локально (рис. 1). Большая часть векторов направлена к вершине разрыва, т. е. участвует в его образовании. По мере роста скорости

разрушения область, охваченная им, увеличивается. Все большее количество векторов разворачивается в пространстве и ориентируется вдоль берегов трещины. Растет и абсолютная величина плотности потока энергии. Но к самой вершине приток падает.

Затраты на продвижение магистральной трещины можно охарактеризовать функцией суммарной плотности потока энергии на элементарной площадке у кончика разрыва  $\Sigma P_{\alpha=0}$  ко всему потоку  $\Sigma P$ . Эта зависимость убывает с ростом скорости разрушения и становится равной 0 при предельном его темпе ( $0,92 C_2$ ). Одновременно наблюдается и расширение зоны, снабжаемой энергией, что соответствует увеличению области предразрушения. Подобное явление отмечалось во многих экспериментах. В отличие от изолированной трещины векторное поле параллельных разрывов асимметрично. В зоне между полостями уменьшается плотность потока. Снижается абсолютная величина векторов и возрастает доля энергий, связанная с течением вдоль свободной поверхности и устремляющаяся от разрушения.

Во внешней зоне поток изменяется незначительно. Возникает асимметрия поля. Трещина как самонастраивающаяся система корректирует свою траекто-

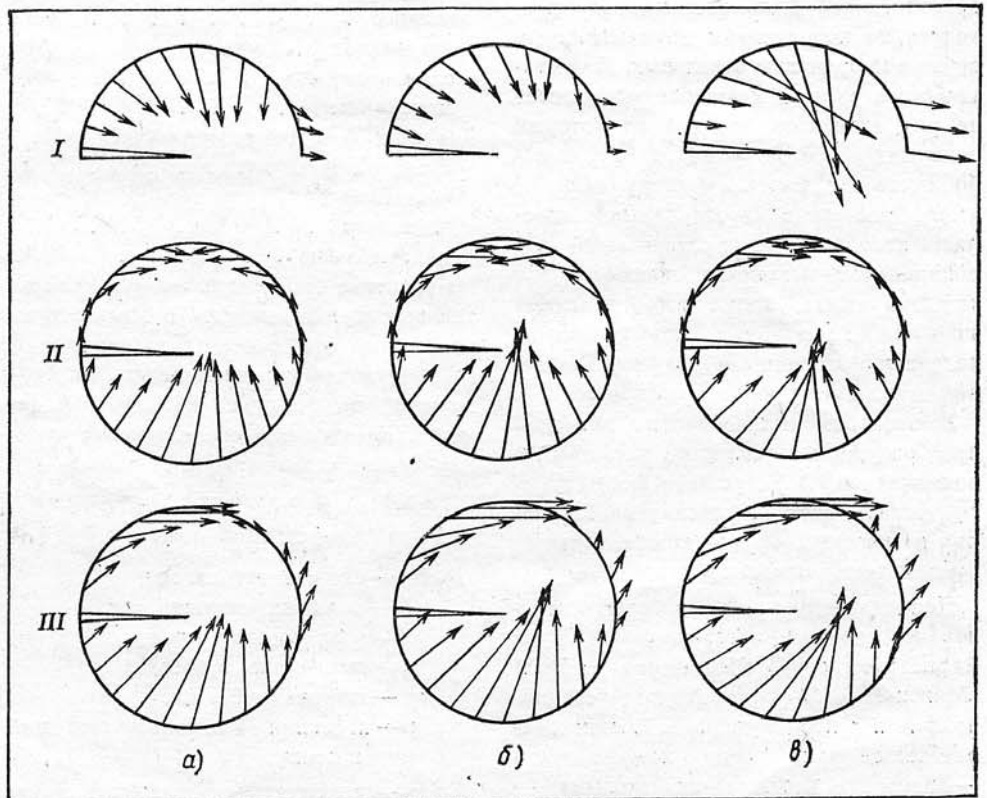


Рис. 1. Поле векторов плотности потока энергии вокруг вершины трещины нормального разрыва:

I — изолированная трещина; II — встречные, III — параллельные трещины:  
а)  $V_{\text{тр}}=0,1 C_2$ , б)  $V_{\text{тр}}=0,4 C_2$ , в)  $V_{\text{тр}}=0,6 C_2$ .



рию по новому руслу. Скорость его распространения также изменяется в соответствии с новым энергетическим распределением. Она снижается из-за повышенной релаксации между берегами разрывов и роста необратимых затрат на разворот магистрали. Как показали эксперименты, расчетная модель реальна.

Взаимодействие встречных трещин интенсивнее по мере их сближения. Как и в предыдущем случае, поток между берегами разрыва изменяет направление. Вдоль границ увеличивается течение, не связанное с продвижением разрушения. Плотность потока на внешних берегах трещины изменяется незначительно, что приводит к взаимному удалению разрывов. Как в случае параллельных, так и встречных трещин взаимно меняется их траектория. При образовании свода повышается шероховатость его поверхности.

Расчеты показывают, что отклонение уменьшается, когда снижается скорость одного или двух взаимодействующих разрывов. Направляется вывод, что искусственная релаксация энергии может привести к сглаживанию берегов излома. Так, при увеличении расстояния между шпурами или уменьшении бризантности ВВ магистральные разрывы смыкаются с меньшей скоростью, что позволит получить более гладкую поверхность. Эффективность этих мер повысится при использовании искусственных стабилизаторов траектории, круговых отверстий на пути движущейся трещины.

При взаимодействии магистрального разрыва с круговым отверстием происходит искажение симметрии поля вокруг его вершины, обусловленное локальной концентрацией напряжений. Расчеты, выполненные для модели «одиночная трещина — круговое отверстие в бесконечной пластине при одноосном растяжении» показывают (рис. 2), что плотность потока энергии вокруг кончика излома в зоне перфорации становится асимметричной. Это приводит к изменению траектории трещин, снижает скорость разрушения, повышая энергетические затраты, заставляя излом двигаться к ловушке. Еще более мощным барьером на пути движения разрыва может стать система отверстий.

*Экспериментальная проверка расчетов.* Наглядное представление о ситуации при взаимодействии полей можно получить методом фотоупругости. В его основе — свойство двойного лучепреломления, наблюдаемое у большинства прозрачных материалов при нагрузке. Возникающие полосы (изохромы) соот-

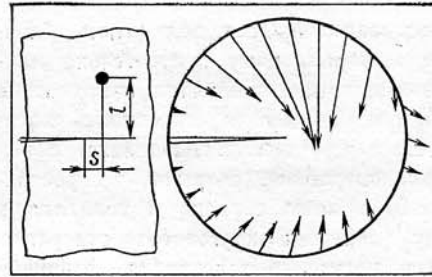


Рис. 2. Поле векторов плотности потока энергии вокруг вершины трещины нормального разрыва, приближающейся к отверстию.

ветствуют геометрическому месту точек с равными максимальными касательными напряжениями или, с точностью 7%, участкам с равной интенсивностью напряжений сдвига. Так как

$$T^2 = Ag \frac{F}{1 + \nu},$$

где  $Ag$  — энергия формоизменения, изохромы — эквипотенциальные поверхности формоизменения. В идентичных условиях эксперимента равным затратам

секунду. Освещение выполнялось импульсной лампой-вспышкой, синхронизированной с системой управления кинокамеры. Последняя при наборе заданной скорости включала подсвет и взрыв микрочаряда (рис. 3).

На ранних стадиях развития антипараллельные трещины распространяются как изолированные со всеми присущими им особенностями поля потока энергии. Изохроматические трещины симметричны относительно оси разрыва. Впереди кончика видна клиновидная полоса. Затем, когда трещины сближаются на расстояние протяженности розеток, наблюдается их взаимодействие. Прежде всего объединяются кольцевые изохромы дальнего порядка близлежащих сторон, затем искажаются и первого. В то же время изохромы удаленных берегов остаются практически неизменными, даже при значительном сближении вершин. На кинограммах видно подобие лепестков взаимодействующих разрывов как в зоне между трещинами, так и во

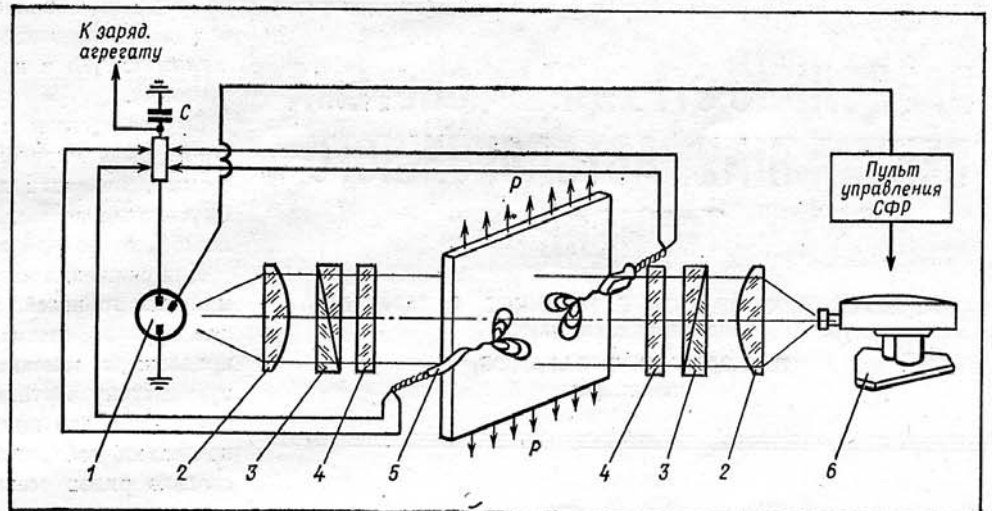


Рис. 3. Схема эксперимента

1 — лампа-вспышка, 2 — конденсатор, 3 — поляризатор-анализатор, 4 — четверть волновой пластины, 5 — боек, 6 — СФР.

на изменение формы соответствует одинаковый поток энергии и изменение формы изохром при внешнем воздействии будет наглядно отражать энергетические процессы взаимодействия полей.

Опыты проводили на образцах из эпоксидной смолы  $116 \times 80 \times 7$  мм с клиновидным надрезом, растянутых механизмом нагружения стандартной поляризационно-оптической установки ППУ-7 до напряжений  $13-17$  кг/см<sup>2</sup>. Механизм предназначен для определения разности хода методами полос или сопоставления цветов. Трещины инициировались бойками, перемещаемыми при взрыве микрочарядов на их торцах. Процесс регистрировался кинокамерой СФР-1м со скоростью 500000 кадров в

внешней области, наличие течения вблизи границ свободной поверхности. Скорость распространения при сближении падает, возникает тенденция взаимного разворота русла трещин и удаление их друг от друга. Все это предсказывалось теоретическими расчетами. Остается отметить хорошую корреляцию с опытными данными.

При исследовании параллельных трещин отмечается их взаимодействие на ранних стадиях развития. Искажается вид изохром, разворачиваются магистрали, снижается темп разрушения относительно случая изолированного излома. Вследствие повышенной релаксации энергии увеличиваются затраты на распространение, сдерживается развитие

разрушения. Последнее подтверждается и тем, что с помощью равноценных зарядов удается инициировать одиночную трещину, распространяющуюся со значительно большей скоростью. Эти данные коррелируют с выводами расчетов.

Взаимодействие отверстия с одиночной трещиной методом фотоупругости исследовалось во многих работах. Авторами изучен лишь феномен изменения траектории быстрых трещин при сближении с круговым отверстием в пластине конечного размера, подвергнутой одноосному сжатию.

Образец из оргстекла с тремя круговыми отверстиями, расположенными на одной оси вдоль линии приложенных усилий, разрушался взрывом проволоочки. Вследствие симметрии ударной волны возникало 2п симметричных трещин, но развитие их проходило в разных условиях. Преимущество получали раз-

рывы, зародившиеся под углом, близким к нормальному относительно максимальных растягивающих напряжений. Как правило, они и становились магистралью разрушения. Развиваясь с высокой скоростью, разрывы распространялись к краю образца и попадали в зону влияния кругового отверстия. Здесь неизменно траектория разрушения корректировалась. Трещины направлялись к отверстию. Угол коррекции в опытах широко варьировался. Максимальное отклонение зарегистрировано в 70°. Следует отметить, что динамические разрывы инициировались с высокой начальной скоростью (траектория изломов шероховата, отмечается множественное ветвление). Но и при экстремальном случае круговое отверстие стабилизирует траекторию, заставляя трещину изменять свое русло.

Таким образом, установлена иден-

тичная причина возникновения неровностей излома — при супперпозиции полей динамических трещин область между их берегами исчерпывает свой энергетический потенциал. Дальнейшее распространение разрушения становится возможным лишь при отклонении русла в область с высокой плотностью энергии. Эта тенденция усиливается при большом темпе разрушения. Искусственная релаксация поля трещины на препятствии типа отверстий позволяет стабилизировать траекторию, получить более гладкую поверхность излома. Устройство промежуточных «пустых» шпуров между зарядами ВВ, идентичное снижению бризантного действия ВВ, при проходке горных тоннелей сгладит выработку. Необходимы промышленные эксперименты по рациональному выбору расстояний «заряд—отверстие» и параметров взрыва. □

---

---

## ПРОДОЛЬНО-СТРУЙНАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ

**А. БАРСКИЙ, С. ВЛАСОВ, Е. ГУБЕНКОВ, А. ТЕРЕХИН,**  
кандидаты техн. наук;

**В. ЦОДИКОВ, В. БАРАНОВ,**  
инженеры

---

---

**В** СВЯЗИ с возросшей интенсивностью движения автотранспорта, особенно в условиях горных районов, значительное развитие получило строительство автодорожных тоннелей. Однако сооружение и эксплуатация их требуют больших затрат, в том числе на устройство и работу вентиляции. Поэтому в проектных решениях автодорожных тоннелей, в особенности их вентиляции, должны быть выбраны наиболее целесообразные схемы, отвечающие конкретным условиям каждого случая.

В двух параллельных тоннелях длиной по 543 м и площадью поперечного внутреннего сечения по 69,5 м<sup>2</sup> на одной из автодорог Кавказа проектом была предусмотрена продольно-поперечная система вентиляции с механическим побуждением и применением осевых вентиляторов ВОМД-24. Для вентиляционного канала предполагалось использовать верхнюю подсводовую часть каждого тоннеля с отделением ее от транспортной зоны подшивкой, выполненной в виде сборного железобетонного перекрытия. Вентиляционное оборудование должно было разместиться над порталами тоннелей в вентиляционных камерах.

Временно до ввода в эксплуатацию левого автодорожного тоннеля в правом организовано двухстороннее движение. Заданная в проекте средняя скорость движения автотранспор-

та — 60 км/ч, при которой для данной длины тоннеля количество одновременно находящихся машин в одном из них составляет 14, в каждом направлении по 7: 4 легковых и 3 грузовых.

В соответствии с изложенными исходными данными проектом была определена необходимая производительность системы вентиляции для каждого тоннеля по  $L=589400$  м<sup>3</sup>/ч. Осуществление такой системы вентиляции составило бы около 15% от полной стоимости этих тоннелей.

Для снижения затрат на строительство и эксплуатацию упомянутых тоннелей, а также сокращения сроков их сооружения группой специалистов, включая авторов статьи, было предложено заменить запроектированную продольно-поперечную систему вентиляции продольно-струйной. Суть предложения в том, что под сводом каждого тоннеля (по длине) за пределами габаритов транспортной зоны располагается несколько рядов осевых вентиляторов небольшого диаметра.

Осевые вентиляторы каждого ряда последовательно засасывают воздух транспортной зоны тоннеля и выдают его вдоль тоннеля через напорные патрубки, создавая с большой начальной скоростью продольный факельный поток воздуха, который эжектирует и создает соответствующий воздушный поток по всему сечению тоннеля. Переданная этим потоком кинетическая энергия достаточна для преодоления аэродинамического сопротивления сечения тоннеля на ограниченной его длине. Расположенными последовательно рядами вентиляторов оно преодолевается по всей длине тоннеля; наружный воздух засасывается через один портал и выбрасывается наружу через другой. Тем самым обеспечивается необходимый расчетный воздухообмен всего объема тоннеля.

Переданная вентиляторами через эжектирующий поток кинетическая энергия объему воздуха тоннеля, помимо преодоления аэродинамического сопротивления его поверхности, активно преодолевает действие противоположных направлению потока воздуха гравитационных сил, наружной у порталов скорости ветра и аэродинамического сопротивления встречного потока движущихся в тоннеле автомашин.

По данным зарубежного опыта, продольно-струйную систему вентиляции рекомендуется применять в автодорожных тоннелях протяженностью не более 1000 м.



Характеристика и параметры ее элементов определяются следующими уравнениями:

давление, которое должны создать струйные вентиляторы, установленные в тоннеле параллельно в одном ряду:

$$P_B = 2K \frac{n_B \cdot F_B}{F_T} \cdot \frac{V_B}{V_T} \left( \frac{V_B}{V_T} - 1 \right) \cdot \frac{\gamma \cdot V_T^2}{2g}, \text{ кгс/м}^2; \quad (1)$$

продольная скорость воздуха в тоннеле для обеспечения необходимого воздухообмена:

$$V_T = \frac{L}{3600 \cdot F_T}, \text{ м/с}; \quad (2)$$

аэродинамическое сопротивление (трение и местные сопротивления) тоннеля:

$$P_T = \frac{\gamma \cdot V_T^2}{2g} \left( \Sigma \xi + \lambda \frac{l}{d_{\text{э.кв.}}} \right), \text{ кгс/м}^2; \quad (3)$$

давление, создаваемое движущимися автомашинами в тоннеле, при встречном движении (по направлению (+)), навстречу (-) движению воздуха в тоннеле):

$$P_{\text{м.вст.}} = \frac{F_{\text{м.}} \cdot \varphi_{\text{м.}}}{F_T} \cdot \frac{\gamma}{2g} [n_{\text{м.пр.л.}(+) } (V_{\text{м.}} - V_T)^2 - n_{\text{м.пр.л.}(-) } (V_{\text{м.}} + V_T)^2], \text{ кгс/м}^2; \quad (4)$$

количество автомашин, находящихся одновременно в тоннеле:

$$n_{\text{м.}} = \frac{l}{1000 V_{\text{м.}}} \cdot n_{\text{и.м.}}; \quad (5)$$

приведенное к легковым количество одновременно находящихся в тоннеле автомашин (легковых и грузовых), движущихся в одном направлении:

$$n_{\text{м.пр.л.}} = n_{\text{и.м.}} (K_{\text{л.м.}} + 1,5 K_{\text{гр.м.}}) \frac{l}{1000 V_{\text{м.}}}; \quad (6)$$

давление, создаваемое потоком ветра у порталов тоннеля, направленным навстречу или по направлению движения воздуха в тоннеле:

$$\pm P_{\text{вет.}} = \frac{\gamma \cdot V_{\text{вет.}}^2}{2g} \cdot \cos^2 \beta, \text{ кгс/м}^2; \quad (7)$$

давление, создаваемое действиями гравитационных сил воздуха у порталов тоннеля:

$$\pm P_{\text{гр.}} = \Delta h (\gamma_1 - \gamma_2), \text{ кгс/м}^2; \quad (8)$$

количество рядов вентиляторов, которое следует устанавливать по длине тоннеля:

$$n_{\text{в.р.}} = \frac{P_T \pm P_{\text{м.вст.}} \pm P_{\text{вет.}} \pm P_{\text{гр.}}}{P_B}, \quad (9)$$

где:  $F_T$  — живое сечение тоннеля, м<sup>2</sup>;  $F_B$  — поперечное сечение выходного патрубка вентилятора или трубчатого глушителя шума (в случае его установки к вентилятору), м<sup>2</sup>;  $V_T$  — продольная скорость воздуха в тоннеле, м/с;  $n_B$  — количество вентиляторов, которое принимается к установке в одном ряду, шт.;  $V_B$  — скорость выхода воздуха из напорного патрубка одного вентилятора, обычно принимаемая по принятой производительности устанавливаемого вентилятора в пределах 20—32 м/с;  $g$  — ускорение силы тяжести (9,81 м/с<sup>2</sup>);  $K$  — коэффициент использования струи из выходного патрубка вентилятора (0,80÷0,95);  $l$  — длина тоннеля, м;  $d_{\text{э.кв.}}$  — эквивалентный диаметр тоннеля, м;  $\Sigma \xi$  — сумма коэффициентов местных аэродинамических сопротивлений тоннеля, включая вход и выход воздуха в тоннеле, че-

рез порталы;  $\lambda$  — коэффициент аэродинамического сопротивления трения в тоннеле;  $F_{\text{м.}}$  — площадь автомашины по миделевому сечению, м<sup>2</sup>;  $\varphi_{\text{м.}}$  — коэффициент лобового сопротивления автомашины (0,9÷1,3);  $V_{\text{м.}}$  — скорость движения автомашин в тоннеле, м/с;  $L$  — расчетная производительность вентиляции тоннеля, м<sup>3</sup>/ч;  $K_{\text{л.м.}}$  и  $K_{\text{гр.м.}}$  — доля соответственно легковых и грузовых автомобилей, движущихся одновременно в тоннеле;  $V_{\text{вет.}}$  — скорость ветра снаружи портала попутного (+) или встречного (-) движению воздуха в тоннеле, м/с;  $\Delta h$  — разница отметок между порталами, м;  $n_{\text{и.м.}}$  — интенсивность движения автомашин в тоннеле, маш./ч;  $\gamma$ ,  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  — удельные массы воздуха соответственно в тоннеле, наружного у первого и второго порталов тоннеля, кг/м<sup>3</sup>;  $\beta$  — угол направления действия ветра к оси тоннеля, град.

Отечественной промышленностью не изготавливаются реверсивные осевые вентиляторы, которые лучше всего могут быть использованы для системы струйной вентиляции. Наиболее подходящим оказался осевой неревверсивный вентилятор, создаваемый нашей промышленностью, — СВМ-6М диаметром 0,6 м, производительностью 11500÷25200 м<sup>3</sup>/ч, полным давлением 245÷120 кгс/м<sup>2</sup>, с коэффициентом полезного действия 0,72, количеством оборотов 2950 в мин. и номинальной мощностью 14 кВт. Для глушения шума от работы вентиляторов на каждом из них со стороны всасывающего и напорного патрубков были приняты к установке по 2 секции трубчатых глушителей ГШ-6 диаметром по 0,6 м. У вентиляторов, расположенных у порталов, в наружном направлении были приняты к установке по 3 секции этих глушителей шума. Чтобы в какой-то степени обеспечить работу вентиляторов СВМ-6М в реверсивном режиме, было предусмотрено снять с них направляющие аппараты.

Используя изложенные исходные данные, выполненными расчетами определили для тоннеля необходимое количество вентиляторов в каждом ряду (см. рисунок).

В основу предложения продольно-струйной системы вентиляции в автодорожном тоннеле на Кавказе был положен теоретический и практический зарубежный опыт применения системы, а также отечественный опыт, полученный в результате исследований продольно-струйной системы вентиляции в гидротехнических и транспортных тоннелях советского энергетического строительства.

Из двух параллельных тоннелей в первую очередь построен правый, в котором была осуществлена предложенная продольно-струйная система вентиляции.

К моменту принятия решения о применении в правом автодорожном тоннеле системы продольно-струйной вентиляции обделка в нем была уже закончена, поэтому не представлялось возможности снизить высоту тоннеля. Это предполагается осуществить в строящемся левом.

Интенсивность движения автотранспорта в тоннелях отечественного гидротехнического строительства значительно ниже, чем в автодорожных тоннелях союзного значения. Поэтому с целью обоснования возможности широкого применения продольно-струйной системы вентиляции в последних на базе отечественного исследовательского опыта нами был проведен комплекс аэродинамических и химических испытаний продольно-струйной системы вентиляции в сданном в эксплуатацию правом автодорожном тоннеле. Они проходили в два этапа — с 3 по 7 декабря 1979 г. На первом этапе (без движения автотранспорта) определяли производительность вентиляторов, эффективность работы системы при различном количестве и расположении вентиляторов, а также влияние скорости наружного ветра и естественной тяги от действия гравитацион-

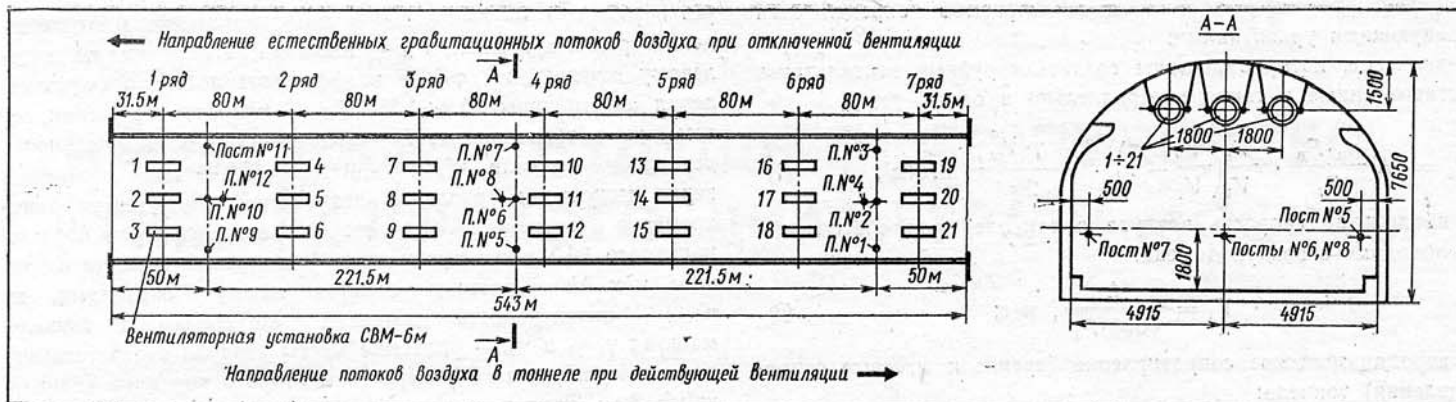


Схема расположения вентиляционных установок, сечений и постов для взятия проб воздуха в правом автодорожном тоннеле:

1—21 — осевые струйные вентиляторы с трубчатыми глушителями шума; 1—7 ряды — размещение рядов вентиляторов; посты №№ 1—12 — номера постов измерений скорости и температуры воздуха (посты №№ 4, 8 и 12 — взятие проб воздуха на содержание CO);

сечения I, II и III — места размещения постов измерений скорости, температуры воздуха и содержания в нем CO.

ных сил на расчетную производительность системы вентиляции тоннеля.

Второй этап испытаний был проведен при проектной интенсивности движения автотранспорта, а также при различном количестве и расположении включенных вентиляторов. При этом производились замеры: скорости воздуха, концентрации окиси углерода в воздухе тоннеля, уровня шума, создаваемого вентиляторами и движущимся автотранспортом при различных режимах работы вентиляционной системы, а также температуры воздуха снаружи и внутри тоннеля.

Производительность системы вентиляции тоннеля определялась по средней скорости и направлению движения воздуха в трех сечениях тоннеля (расположение сечений и постов замеров показано на рисунке).

Потоки воздуха работающей при всех режимах системы вентиляции были направлены против естественных потоков воздуха в тоннеле, замеренных при отключенной системе.

Скорость движения воздуха определялась крыльчатыми (АСО-3) и чашечными (МС-13) анемометрами, а также термоанемометрами (ЭТА-10м) с самописцем.

Содержание окиси углерода в воздухе устанавливалось путем взятия проб воздуха в баллоны с их последующим химическим анализом в лаборатории.

Первому этапу работы предшествовали аэродинамические исследования распределения скоростей воздуха в поперечном сечении и по длине тоннеля, для которых использовали подвижную раму с анемометрами, позволяющими получить значения скоростей воздуха практически в любой точке поперечного сечения тоннеля.

На основании этих замеров было выявлено влияние работы отдельных групп вентиляторов на поле скоростей в тоннеле, а также определено оптимальное место установки термоанемометра, чтобы в дальнейшем регистрировать среднюю скорость движения воздуха по тоннелю.

Одновременно с этим была измерена фактическая производительность вентиляторов со снятыми направляющими аппаратами и различным количеством секций глушителей шума. Результаты замеров производительности каждого из 9 вентиляторов (1, 5, 9, 15, 16, 17, 18, 19 и 21) показали, что она практически одинакова и в среднем составляет  $6 \text{ м}^3/\text{с}$  при скорости воздушного потока, выходящего из вентилятора, —  $21,5 \text{ м/с}$ . При этом было отмечено, что производительность

увеличивается при одновременной работе 14 и более вентиляторов.

Для проверки принятого метода расчета на первом этапе проводились эксперименты при различных количестве и расстановке включенных вентиляторов. При этом между каждым экспериментом производились конкретные замеры величины и направления естественной тяги.

Для проведения второго этапа измерений был выделен автотранспорт, состоящий из 6 грузовых машин МАЗ-503 и 8 легковых машин ГАЗ-24, которые на протяжении всего эксперимента имитировали в тоннеле максимальную интенсивность с встречным движением.

До включения системы вентиляции и до начала движения автотранспорта в середине и на припортальных участках тоннеля были определены величины и направления естественной тяги, а также температура и влажность воздуха.

Движение естественных потоков воздуха в тоннеле во время испытаний было направлено от южного к северному порталу, а после включения продольно-струйной системы вентиляции опрокидывалось от северного к южному.

Дальнейшие эксперименты проводились при работе соответственно 14, 12 и 19 вентиляторов и максимальной интенсивности движения автотранспорта (система энергоснабжения струйной вентиляции в процессе испытаний работала по временной схеме, не позволявшей включать одновременно 21 вентилятор). Наиболее характерные результаты исследования приведены в табл. 1.

Одновременно с аэродинамической проверкой провели замеры газового состава воздуха. В результате анализа газовых проб установлено, что при расчетной интенсивности движения автотранспорта и работе системы вентиляции во всех заданных режимах наибольшая концентрация CO в атмосфере тоннеля не превысила  $21,7 \text{ мг/м}^3$ , что значительно ниже допустимой по СНиП II-44-76.

Уровни шума определяли как в самом тоннеле, так и на прилегающей к нему территории, причем отдельно — шум от вентиляторов и от движущегося по тоннелю автотранспорта. Измеряемыми параметрами являлись уровни звукового давления на стандартных среднегеометрических частотах октавных полос от 63 до 8000 Гц, а также уровни звука в дБА.

Результаты измерений шума в середине тоннеля при работе 19 вентиляторов сведены в табл. 2. Здесь приведены допустимые уровни по ГОСТу 12.1.003-76. Как видно из этой таблицы, шум вентиляторов не превышает допустимых величин ГОСТа.

Измерение шума в точках, расположенных по оси тоннеля, показало, что при работе 19 вентиляторов уровни звука по длине тоннеля остаются практически одинаковыми (79—80 дБА), а перед порталами внутри его — несколько меньше (76—77 дБА).



Для сравнения шума, создаваемого одним вентилятором в сторону входа и выхода воздуха, были измерены уровни шума при работе 17-го вентилятора со стороны всасывания и нагнетания (результаты приведены в табл. 3).

При движении автотранспорта в тоннеле со скоростью 60 км/ч уровни звука в середине тоннеля составили 88—98 дБА, т. е. шум вентиляторов в тоннеле не прослушивается.

Замеры уровня шума на прилегающей к тоннелю территории — в 100 м от южного портала — показали, что шум, создаваемый вентиляторами, значительно ниже допустимых норм. Необходимо также отметить, что доносящийся из тоннеля шум от автотранспорта имеет уровни звука 60—70 дБА, что значительно выше измеренных уровней шума вентиляторов.

Измерение шума в поперечном сечении тоннеля, а также замеры его естественного затухания по длине тоннеля показали, что облицовка тоннеля керамической плиткой и установка декоративного пластика несколько ухудшили акустические характеристики данного тоннеля. Поэтому в подобных тоннелях целесообразнее устанавливать звукопоглощающие облицовочные конструкции.

#### Выводы:

предусмотренная система продольно-струйной вентиляции обеспечивает заданный проектом воздухообмен при расчетной максимальной интенсивности встречного движения автотранспорта в одном тоннеле;

примененная методика расчета продольно-струйной системы вентиляции достаточно точно определяет необходимое количество вентиляционных агрегатов и их необходимую характеристику для обеспечения заданного расхода воздуха;

значительно сниженные, по результатам испытаний, концентрации СО в воздухе тоннеля, против допустимых по СНиП II-44-78 и принятых в расчете, предполагают большое завышение расчетного воздухообмена и необходимость уточнения методики его расчетов в целях снижения воздухообмена;

уровень шума работающей системы продольно-струйной вентиляции находится в пределах норм и достаточно точно определен применяемой методикой расчета;

внедрение предложенной схемы вентиляции взамен проектной позволило получить экономический эффект на правом тоннеле около 470 тыс. руб.;

на основании проведенного комплекса испытаний следует в сооружаемом левом автодорожном тоннеле на Кавказе тоже осуществить продольно-струйную систему вентиля-

ции. В этом случае при снижении высоты тоннеля экономический эффект от внедрения значительно превысит полученный в правом тоннеле;

рекомендуется широкое применение продольно-струйной системы вентиляции в автодорожных тоннелях протяженностью до 1000 м. Для этого целесообразно разработать и организовать производство специальной конструкции осевого струйного вентилятора.

Таблица 1

Время замеров при испытаниях, час.-мин.		Направление потоков воздуха в тоннеле	Количество включенных вентиляторов		Температура воздуха, °С		Средняя скорость воздуха в тоннеле по 3 сечениям и 3 точкам в каждом сечении, м/с	Измеренный средний расход воздуха в тоннеле, м³/ч	Расчетный расход воздуха в тоннеле, м³/ч	Отношение измеренного фактического расхода воздуха к расчетному в тоннеле
Начало	Конец		рядов	в каждом ряду	по ходу движения воздуха					
					в начале тоннеля	в конце тоннеля				
I. Система вентиляции не работает, движение автотранспорта отсутствует, в тоннеле действует естественный гравитационный напор (испытания проводились 5.12.1979 г.)										
1—15	1—30	От южного к северному portalу	—	—	+9	+9	1,92	481000	589400	0,82
II. Система продольно-струйной вентиляции частично включена, движение автотранспорта — с расчетной интенсивностью (7.12.1979 г.)										
1—45	2—00	От северного к южному portalу	7	2	+8	+11	2,36	591000	589000	1,02
III. Система продольно-струйной вентиляции частично включена, движение автотранспорта — с расчетной интенсивностью (7.12.1979 г.)										
2—15	2—30	То же	4	3	+8	+11	2,25	563000	589000	0,96
IV. Система продольно-струйной вентиляции полностью включена, движение автотранспорта — с расчетной интенсивностью (7.12.1979 г.)										
2—45	3—00	.	7	3*	+8	+11	2,88	720000	589400	1,23

\* В одном ряду был включен только 1 вентилятор, а всего работали вместо 21 только 19 вентиляторов.

Таблица 2

Шум	Уровни звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос								Уровень звука в дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Вентиляторов . . . . .	76	78	78	77	75	73	70	65	79—80
Допустимый . . . . .	94	87	82	78	75	73	71	70	

Таблица 3

Место замера	Уровни звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос								Уровень звука в дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Со стороны всасывания . . . . .	71	68	64	67	68	67	63	53	74
У вентилятора . . . . .	70	70	69	72	67	65	62	55	74
Со стороны нагнетания . . . . .	72	70	68	70	68	69	63	57	74

# КАК СООРУЖАЛСЯ СРЕДНИЙ СВОД «МАЯКОВСКОЙ»

В. РАЗМЕРОВ

«МАЯКОВСКАЯ», возведенная в конце 1937 года, — первая станция колонного типа глубокого заложения и, пожалуй, самая удачная по архитектуре. Размеры колонн и проемов, высота, соотношение средней и боковых частей станции придают ей легкость, воздушность. На станции много свободного пространства, воздуха, забываешь, что находишься глубоко под землей.

Во время Великой Отечественной войны станция превратилась в огромный зал для проведения торжественного собрания, посвященного 24-й годовщине Великого Октября.

Сооружение станции представляло собой большой комплекс сложных работ — строительство боковых тоннелей диаметром 9,75 м, возведение среднего свода станции после полной проходки боковых тоннелей, монтаж металлоконструкций общим весом в несколько тысяч тонн.

Тоннели необходимо было вести точно и в плане и в профиле, а также точно совместить тубинговые

кольца правого и левого тоннелей: средний тубинговый свод жестко соединялся болтами с тубингами боковых тоннелей. Опорными «фасонными» тубингами средний свод соединяется с такими же — боковых тоннелей и через них опирается на колонны (рис. 1).

Проходка среднего тоннеля велась в черных юрских глинах под защи-

той специального туннельного полуцинта, изготовленного в механических мастерских метростроя (находившихся тогда на Калужской площади). Его гидравлическую часть смонтировали механики и слесари строительства станции, так как в мастерских не было слесарей-гидравликов.

Полуцинт имел высоту 3100 мм, ширину по хорде 9400 мм, длину по оси тоннеля (по оболочке) 4000 мм. Гидравлическая часть состояла из 12 щитовых домкратов каждый усиленным 90 т при давлении в гидравлической сети 150 атм., 12 забойных домкратов, 2 полностью гидравлических эректоров с телескопически выдвигающимися рычагами для монтажа тубингов (вес одного эректора — 6000 кг). Общий вес полуцинта с эректорами — 98 т (рис. 2).

Полуцинт по мере продвижения забоя передвигался по роликам, перекатываемым на специальных подушках, укладываемых на тубинги

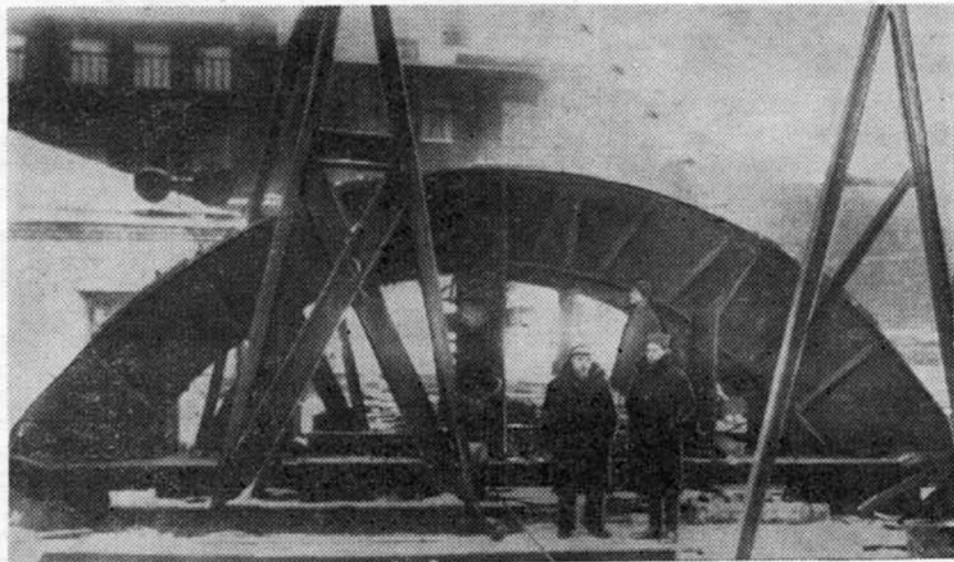


Рис. 1

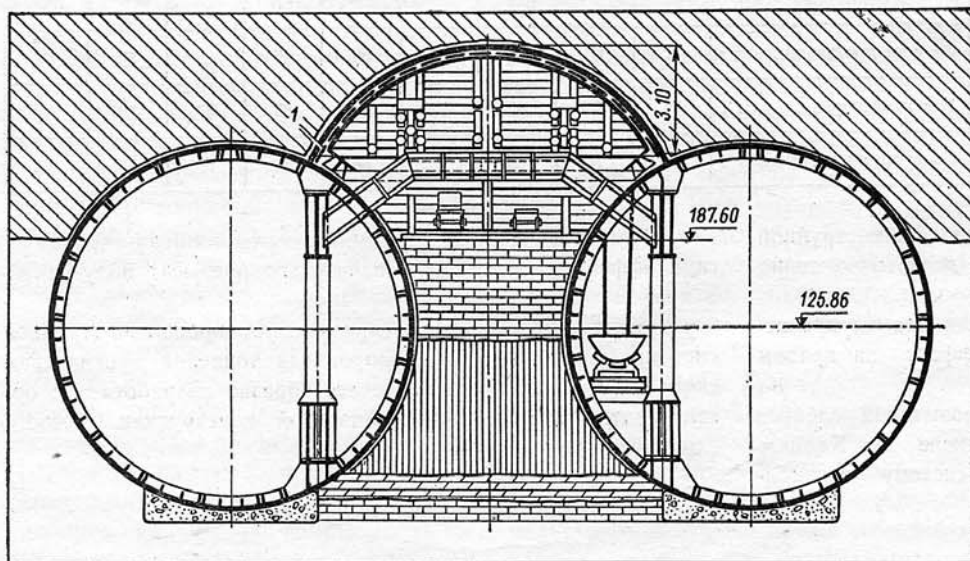


Рис. 2

боковых тоннелей (рис. 3). Конструкция подушек предусматривала передачу нагрузки от горного давления и веса полуцинта на ребра тубингов. Для сохранения параллельности перекладываемых роликов они связывались накладками в общую цепь (длина комплекта роликов — 1950 мм — три кольца по 600 мм — при постоянной опоре полуцинта на 2 кольца). Подушки были выполнены не в стальном литье, а из стальных пластин, связанных заклепками. Под действием нагрузок от горного давления заклепки срезались, подушки прогнулись и нагрузка переместилась с ребер тубингов на их спинки; в результате в тубингах появились



«СОВЕТСКИЙ СОЮЗ»:

● Научно-производственное объединение Донецка «Респиратор» специализируется на создании средств, обеспечивающих безопасность работы под землей, в частности, предложен способ преграждать путь огню при помощи перемычек из легкой воздухо непроницаемой ткани. Там же создан костюм «Прометей», выдерживающий температуру до +160°C и предназначенный для горноспасательных работ. Он также надежно защищает от вредных газов.

● Новый материал — металлопласт надежно защищает металлы от коррозии. Его можно штамповать, вытягивать, резать, склеивать, благодаря чему он может быть незаменим при изготовлении строительных конструкций. Металлопласт демонстрировался на ВДНХ.

● Буровые установки с гидравлическими телескопическими мачтами начали выпускать в Алма-Ате. До сих пор геологи при бурении разведочных скважин пользовались громоздкими вышками из сборных металлических конструкций. Новая компактная установка представляет собой специальный вагон, где помещаются буровой станок и насосы. Мачта уложена на крыше и приводится в рабочее положение нажатием кнопки на пульте. Подготовка установки к работе занимает считанные минуты.

● Работу, на которую природе необходимы тысячелетия, гамма- или бета-лучи выполняют за несколько секунд. Под их воздействием полимеризующийся состав, которым пропитана бетонная плита, «схватывается» с уложенным на ее поверхности слоем гранитной или мраморной крошки. Получается монолит, по прочности не уступающий естественному отделочному камню.

«ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»:

● При наружной облицовке кафельными плитками подземных пешеходных переходов, тоннелей и т. п. в качестве связующего обычно используют цементный раствор. В Одесстранстрое разработали новый состав для наклеивания плиток — минеральный клей на основе жидкого стекла с тонкомолотыми заполнителями в виде морского песка и силикатного порошка. Затраты на клеящий состав сокращаются, а прочность сцепления плиток с поверхностью увеличивается.

«ЗА РУБЕЖОМ»:

● На въездах в 16-километровый Сен-Готардский тоннель специальные фотоэлементы приводят внутреннее освеще-

продвигая ползуит, строители восстановили положение на участке и продолжали сооружение среднего свода.

Опорные тубинги среднего свода поступали без отверстий в нижней опорной стороне: отверстия должны были сверлиться по месту в каждом полукольце по шаблону, выдаваемому с участка на поверхность. Для этого были оборудованы стол и сверлильный станок, созданный на базе пневмодремли для отверстий больших диаметров (42 мм) и подъемного устройства с трехтонным тельфером. Вес тубинга — 1600 кг.

Участок работ по сооружению среднего свода находился значительно выше (более 10 м) остальных объектов работ, а также откаточных путей. Он был изолирован от других участков, поэтому для выдачи породы из забоя и транспортировки ее к стволу шахты в правом тоннеле смонтировали ленточный транспортер, на который спускалась порода по желобу, проложенному через отверстие вынутаго тубинга. В конце тоннеля ее разгружали в вагонетки и отправляли дальше к стволу.

По мере продвижения забоя вынимали очередные тубинги, перемещая вперед желоб (см. рис. 1), и т. д.

По окончании проходки среднего свода была вынута порода из нижней части выработки между боковыми тоннелями, а также разобраны тубинги боковых тоннелей между колоннами. После укладки внутреннего бетона станция «Маяковская» приняла окончательный вид (рис. 5).

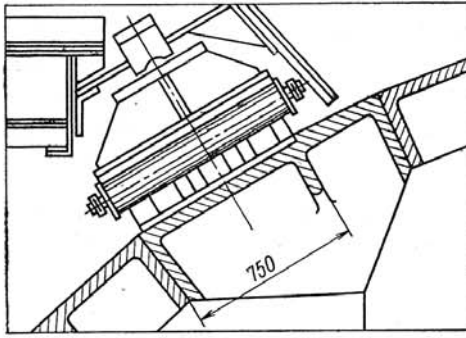


Рис. 3

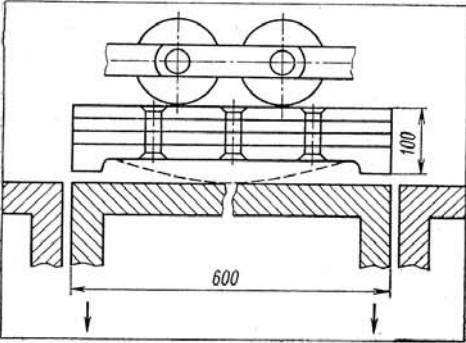


Рис. 4

трещины (рис. 4). Проходка была приостановлена.

Строители приняли срочные меры по замене «слоеных» подушек стальными, монолитными. Нужны были срочно — участок находился в аварийном состоянии — 72 подушки весом по 120 кг. Эту работу в то время мог выполнить только завод «Серп и молот», загруженный до предела. При содействии Московского Комитета партии заказ стройки был сделан в пятидневный срок.

С большими предосторожностями,

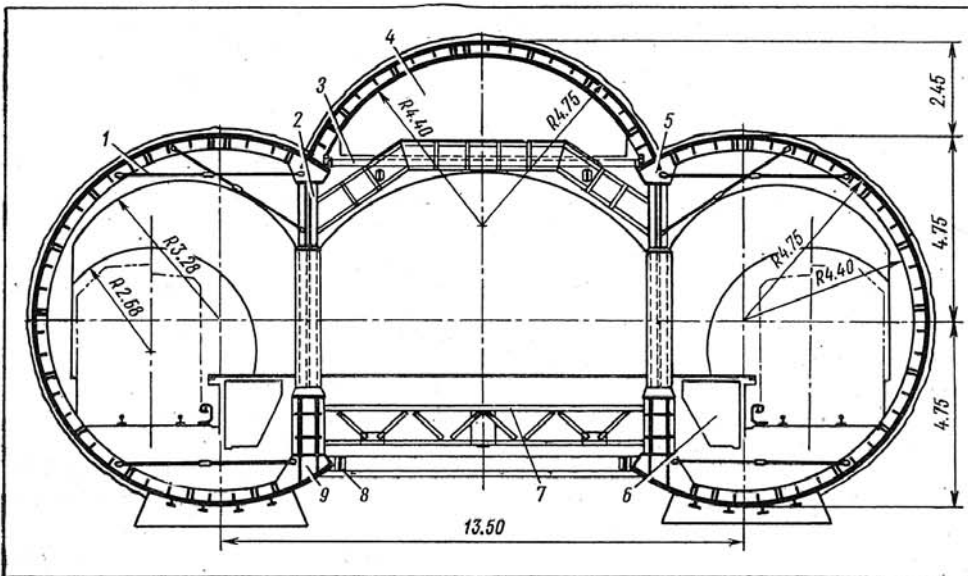


Рис. 5:

1 — затяжка, 2 — верхний прогон, 3 — верхнее распорное устройство, 4 — вентиляционный канал, 5 — опорный тубинг, 6 — кабельный канал, 7 — нижнее распорное устройство, 8 — клинья, 9 — нижний прогон

ние в соответствии с наружным так, что примерно через километр пути глаз водителя полностью адаптируется к искусственному свету.

Кроме 67 аварийных штолен, безопасность движения в этом тоннеле обеспечивается расположенными с интервалом в 750 м площадками отдыха. При авариях отсюда или из телефонных будок, установленных через каждые 125 м, можно связаться с диспетчерскими. Управление движением в тоннеле может осуществляться с помощью ЭВМ.

#### «BAUTECHNIK»

● Строительные объекты часто приходится возводить в условиях сильно пересеченной местности и бездорожья, что вызывает незапланированные простои техники и частые ее поломки. С целью повышения эффективности использования автомобилей и других строительных машин одной западно-германской фирмой разработана кон-



струкция стальных матов, которые укладываются по временным трассам непосредственно на грунт.

После завершения строительства, когда необходимость во временных дорогах отпадает или на их месте прокладывают магистрали, стальные маты собирают и перевозят на новое место.

#### «STRASSEN UND TREFBAU»

● Работа отбойного молотка на дорогах в представлении большинства

людей неразрывно связана с наличием крупногабаритного пневмокомпрессора, создающего большой шум и мешающего движению транспорта, что особенно неприятно в условиях плотной городской застройки. Как правило, технические возможности этого высокопроизводительного и дорогостоящего оборудования используются неполностью.

Специалисты французской фирмы «Монтабер» разработали конструкцию гидрофицированного отбойного молотка. Он работает не от сжатого воздуха, а непосредственно от гидросистем строительных машин на автомобильном шасси. Вес его — 10 кг, энергия удара — 4,5 кгм, частота — 1800 ударов в минуту. Шланг с выходным штуцером гидросистемы автомобиля соединяются при помощи быстроразъемных муфт. Уровень шума при работе отбойного молотка новой конструкции значительно снижен.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ, ЗАМЕЧАНИЯ, ОТКЛИКИ

### ПРОСЧЕТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ?

Н. ЗАСУХИНА,  
инженер

**Х**ОЧУ поделиться мнением пассажира, ежедневно пользующегося метрополитеном.

При проектировании новых станций, казалось бы, должны в первую очередь изучаться и учитываться основные направления пассажиропотоков. Между тем, на некоторых станциях Ленинградского метрополитена, на мой взгляд, допущены просчеты.

Так, если у первого наклона станции «Площадь Ленина» направление движения эскалаторов соответствует направлению пассажиропотоков, то на втором наклоне — перекрестное движение потоков, при котором создается суетолака, толкотня.

Предположим, в данном случае произошла ошибка. Проектировщики что-то недоучли. Но вот сдан в эксплуатацию продленный участок Кировско-Выборгской линии. И опять то же самое.

На «Выборгской» и «Лесной» перекрестное движение потоков не вызывает особых неприятностей: станции не так загружены. Однако на «Пло-

щади Мужества» утром и вечером две толпы пассажиров мчатся друг другу наперекрест, потому что эскалаторы расположены как раз наоборот по отношению к основному направлению потоков пассажиров.

На «Политехнической» эскалаторные ленты работают в соответствии с направлением движения пассажиров. Но в часы пик станция «захлебывается» — трех лент не хватает для нормальной ее разгрузки.

Станцией «Политехническая» пользуются живущие в районе перспективной застройки Шувалово-Озерки. Рассчитывать на уменьшение количества пассажиров даже после открытия продолжения Московско-Петроградской линии не приходится. Надо ожидать большую загрузку этой станции. Целесообразно было бы запроектировать ее с четырьмя нитками эскалаторов, а может быть, и с двумя выходами. Кстати, на «Академической», где загруженность не больше, сделаны четыре нитки.

В часы пик на станции «Площадь

Александра Невского» дежурные выбиваются из сил, направляя пассажиров на пешие переходы, потому что маленький эскалатор в конце станции еле-еле справляется с подъемом (хотя работают на подъем все три нитки). И достаточно было поставить на ремонт эскалатор, как пришлось закрывать станцию утром для выхода, вечером для входа. Сейчас, правда, принято решение о реконструкции метровокзала. Ее можно было избежать, если бы своевременно предусмотрели два выхода.

Не всегда, мне кажется, на поверхности станции «привязаны» к основным пассажирообразующим узлам. Только метро могло бы разрешить транспортную проблему в центре Выборгского района — Светлановской площади и Сердобольской улицы. Пропускная способность проспекта Карла Маркса на участке от Земледельческой улицы до проспекта Смирнова настолько ограничена, что трамвайно-троллейбусное управление вынуждено уменьшать количество маршрутов. Расширить проезжее пространство невозможно: с одной стороны многоэтажные дома, а с другой — учебный парк Лесотехнической Академии. К тому же на этом участке трамваи идут по крутому подъему Новосильцевской горы.

Действующая же Кировско-Выборгская линия и строящийся участок Московско-Петроградской, к сожалению, не включают в зону обслуживания центр Выборгского района. □



# ПРОХОДКА НОВОАВСТРИЙСКИМ СПОСОБОМ ТОННЕЛЯ АРЛБЕРГ

В. ГОЛУБОВ,  
канд. техн. наук;  
М. КАРАМЫШЕВ,  
инженер

В ПОСЛЕДНИЕ годы закончена проходка таких протяженных тоннелей, как Фрежюс (Италия — Франция, 12,7 км), Сен-Готард (Швейцария, 16,3 км), Дай-Симидзу (Япония, 22,2 км). Среди них автодорожный тоннель Арлберг (13,8 км) в Австрии.

Высоким темпам проходки в значительной степени способствовали благоприятные обстоятельства — точность инженерно-геологической разведки и практически отсутствие транспортных и энергетических проблем, поскольку параллельно расположен железнодорожный тоннель. Существующий каньон разделил трассу на два тоннеля: длиной 3,4 и 10,4 км, проходку которых можно было вести независимо друг от друга.

Проект предусматривал строительство на первом этапе южного тоннеля сечением 90—103 м<sup>2</sup> с уклоном 1,3—1,67‰ (рис. 1). Для вентиляции его сооружены два шахтных

ствола: Майенвазен глубиной 222 м, диаметром в свету 8,32 м (сечение в проходке — 66,5 м<sup>2</sup>) и Альбона глубиной 736 м, диаметром в свету 7,68 м. Габарит тоннеля по ширине — 9,4 м (дорожная полоса — 7,5, два тротуара по 0,95 м), высота габарита по проезжей части — 4,7 м. Вентиляция обеспечивается поперечной системой с уменьшенной вытяжкой воздуха. Каналы подачи и вытяжки воздуха размещены над проезжей частью. Для его нагнетания проложены 4 централи с 12 вентиляторами суммарной мощностью 12,5 мвт. Предусмотрены также устройства противопожарной безопасности, сигнализации и управления режимом вентиляции.

Тоннель Арлберг проходит в пластах северного склона Центральных Альп, состоящих из гнейсов, слюдяных сланцев и филлитов с милонитовыми включениями. В западной части трассы породы водонасыщены, что в сочетании с сильным тектони-

ческим напряжением создает крайне неблагоприятные условия для строительства. Оно велось с двух порталов буровзрывным способом с последовательной разработкой трех уступов. Часть сечения разрабатывали под уклон для возможности перемещения между уступами оборудования. На некоторых участках восточного забоя предварительно проходили пилот-тоннель.

Сечение (до 105 м<sup>2</sup>) было разделено на 7 частей, которые разрабатывали в такой последовательности: калотта около 35 м<sup>2</sup>, штроссы 1 и 2 (левая и правая стороны) — по 15 м<sup>2</sup>, обратный свод (левая и правая стороны) — по 5 м<sup>2</sup>.

Бурение производилось современными трехстреловыми рамами на шасси грузовика или гусеничного трактора с поворотными стреловыми манипуляторами. Последние дают возможность обуривать забой при проходке калотты и основание выработки на нижних уступах, а также бурить шпуров под анкерную крепь в своде и стенках выработки. При этом одну установку применяли для разработки калотты, другую — штросс, а третья находилась в резерве, обеспечивая сменный режим работы первых двух. В нижней штроссе бурение производилось одностреловыми каретками. Заходка в калотте составляла 1,2 м, в штроссах — 3 м, причем в калотте дополнительно использовали от 4 до 6 ручных перфораторов.

На взрывных работах преимущественно применяли желатин-донарит-1; для контурных шпуров — тоннелит-3. Удельный расход взрывчатого вещества: в калотте — 1,73 кг/м<sup>3</sup> прочной породы; в штроссе — 0,57 кг/м<sup>3</sup>, в среднем 1,02 кг/м<sup>3</sup>.

Обратный свод разрабатывали в основном экскаватором; в сильно сдвинутых породах почти не требовалось буровзрывных работ. При большом притоке подземных вод, несмотря на мероприятия по водоотливу, произошло шламообразование в перегрузочном навале породы.

Особенность технологии строительства тоннеля — применение новоавстрийского способа крепления выработки, при котором крепь представляет собой комбинированную конструкцию, работающую совместно с породой и состоящую из системы анкеров и набрызг-бетонной оболочки, усиленной стальной сеткой и подхватями.

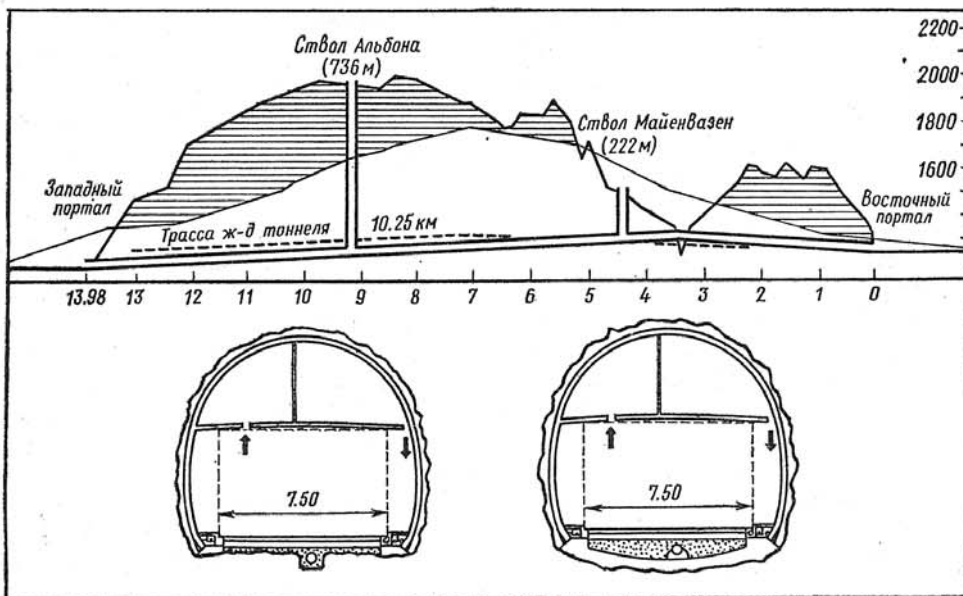


Рис. 1

Для тоннеля Арлберг были предусмотрены следующие сечения в проходке и средства крепления для пород различной степени устойчивости:

класс III, сечение в проходке 91—99 м<sup>2</sup>; класс III-а — набрызг-бетон толщиной 10 см со стальной сеткой, железобетонные анкеры длиной 3 м из расчета 1 шт. на 4 м<sup>2</sup> (разрушающая нагрузка 25 тс); класс III-в — набрызг-бетон толщиной 15 см со стальной сеткой, железобетонные анкеры длиной 4 м — 1 шт. на 3 м<sup>2</sup> (разрушающая нагрузка 25 тс); разрабатывается обратный свод на глубину 40 см;

класс IV (слабоустойчивая), сечение в проходке 101 м<sup>2</sup>; набрызг-бетон толщиной 15—20 см со стальной сеткой, железобетонные анкеры длиной 4—6 м — 1 шт. на 2—3 м<sup>2</sup> (разрушающая нагрузка 25 тс); арочная крепь типа ТНо 21 с промежутком 1÷1,5 м; разрабатывается обратный свод на глубину не менее 45 см;

класс V (неустойчивая), сечение в проходке 102 м<sup>2</sup>; набрызг-бетон слоем 20—25 см со стальной сеткой, анкеры длиной 6 м — 1 шт. на 1,5 м<sup>2</sup> (разрушающая нагрузка 25 тс); арочная крепь типа ТНо 27 с промежутком 0,5—1 м; разрабатывается обратный свод на глубину не менее 50 см.

Важнейшим и неотъемлемым элементом новоавстрийского способа является непрерывно действующая система контрольно-измерительной аппаратуры. Результаты измерений оформляются в виде диаграмм, по которым специалисты могут точно определить необходимость усиления анкерной крепи в соответствии с процессом развития деформаций. Поэтому необходимое условие эффективного и безопасного применения новоавстрийского способа — наличие специально подготовленного инженерного персонала и опытных проходчиков. В тоннеле Арлберг критерием усиления временной крепи было развитие деформаций свыше 50 мм в течение 2 дней. Контрольно-измерительную аппаратуру размещали в выработках в зависимости от горно-геологических условий с промежутком от 10 до 50 м. Однако опыт показал, что двухдневных измерений недостаточно для точного выявления опасных деформаций, поскольку имел место ряд крупных вывалов породы.

В условиях сильной инфильтрации подземных вод на участках Ланген и Сент-Якоб применялась гидроизоляция

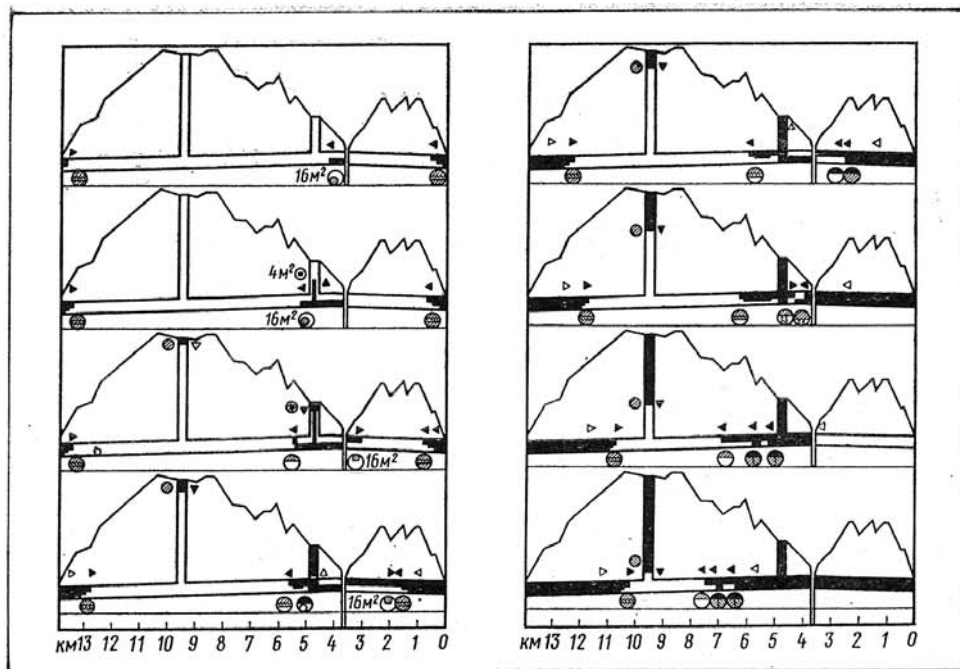


Рис. 2.

ция листовым синтетическим материалом «сарнафил» в сочетании с системой водослива по специальному коллектору. Такой способ исключает развитие значительного гидростатического давления. «Сарнафил» представляет собой гибкий листовой ПВХ, армированный стекловолокном; его монтировали полосами толщиной 1,5 мм и шириной 6 м поверх защитной подкладки, выполненной из нетканого полипропилена; крепление к основанию и сращивание соединений выполняли способом тепловой сварки. В вентиляционном стволе Майенвазен также устроена гидроизоляция из листового ПВХ с нетканой подкладкой. Проходку здесь вели буровзрывным способом с предварительным бурением восстающей направляющей скважины.

Основная разница между технологией проходки западного и восточного забоев заключалась в типе используемых строительных машин. В западном забое применялся рельсовый транспорт, в восточном — более рациональным оказался безрельсовый, в частности, благодаря наличию каньона. Последний, кроме того, дал возможность в кратчайшие сроки начать проходку главной части тоннеля двумя забоями. Транспортные работы в восточном забое главной части тоннеля производились через ствол Майенвазен.

Вентиляционная система должна была обеспечить подачу в забой 4 м<sup>3</sup>/мин свежего воздуха на каж-

дую л. с. мощности всех работающих машин и механизмов. Содержание окиси углерода в выхлопных газах машин не должно было превышать 0,12% по объему.

Система вентиляции в восточном забое должна была соответствовать постоянно меняющимся условиям ввиду разнообразия применяемых строительных методов. Особое значение имел выбор строительного оборудования: бурильного агрегата с электрогидравлическим приводом, обеспечивающим отсутствие масляных паров; экскаватора для погрузки разработанной породы с электроприводом; транспортных средств с устройствами для промывки выхлопных газов; газоочистителей или катализаторов выхлопных газов на прочих машинах с дизельными двигателями, а также подбор рабочей мощности применяемых машин.

В обоих забоях в основу вентиляционных систем положен принцип нагнетательной вентиляции с использованием каналов диаметром 2 м из синтетических материалов. Для усиления режима вентиляции забоя после взрыва был предусмотрен вспомогательный вентиляционный канал. Поскольку постоянную обделку возводили в 1200 м позади забоя, эту зону можно было вентилировать по каналам для нагнетания и вытяжки воздуха, расположенным у свода тоннеля, с помощью приборов соответственно отрегулированной мощности.

Последовательность сооружения тоннеля приведена на рис. 2. □



# ЭСКАЛАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ БОЛЬШОЙ ВЫСОТЫ

О. ВОЛЬДЕМАРОВ,  
инженер

**Р**ОСТ населения крупных городов и приезжающих в них людей сопровождается постоянным повышением интенсивности пассажиропотоков через транспортные узлы, превращающиеся в многоярусные комплексы. Межуровневые сообщения требуют все большего количества эскалаторов, а необходимость связи нижних ярусов с поверхностью — увеличения высоты их подъема.

Как показал анализ японской фирмы «Хитати», удельный вес установок выше 8 м неуклонно растет: в 1964 г. их доля не превышала 5%, к 1968 она достигла уже 14%, в 1970 — 23%, а к 1972 — 27% объема производства, втрое возросшего за этот период. В дальнейшем рост выпуска «высотных» эскалаторов продолжался. Такое положение характерно и для других фирм.

Высота установки на ст. «Лейкестер Сквер» Лондонского метрополитена — 24,5 м (см. табл.) — была перекрыта и достигла в 1975 г. 33 м на метровокзале «Вэстра Скоген» в Стокгольме. В 1976 г. сооружен эскалатор в 30 м (Атланта). Растет высота этих установок в Японии. На ст. «Шин-Оханомичу» они составляют 20,45 м.

С ростом высоты эскалаторов увеличивается их скорость: в 60-х годах она не превышала 0,6 м/с, в 70-х достигла 0,75 м/с. В Лондоне испытывалась установка со скоростью 0,9 м/с, однако ее признали нецелесообразной из-за повышенного износа эскалаторов и снижения их провозной способности.

Японские специалисты считают, что при увеличении скорости от 0,75 до 0,9 м/с провозная способность эскалаторов растет, хотя и медленнее, чем в интервале 0,60—0,75 м/с. Две последние приняты для установок с двухскоростным приводом, которые с 1970 г. выпускает фирма «Хитати». В 1975 г. фирмы «Мицубиси» и

«Тосиба» приступили к производству двухскоростных эскалаторов, высота которых не превышает 20 м. В дальнейшем, чтобы ограничить время поездки, увеличится скорость подъема этих эскалаторов.

Двухскоростные эскалаторы в час пик движутся с большей скоростью, которая автоматически снижается при сокращении интенсивности пассажиропотока. Это позволяет добиться максимальной эффективности использования установок, не повышая их износа. Чем выше эскалаторы, тем перспективней двухскоростной привод.

Один из вопросов при росте высоты эскалаторов — сокращение габаритов и массы их зон, облегчающее монтаж и экономящее пространство. В «высотных» механизмах Японии используется устанавливаемый в прямке у верхней площадки приводной блок с вертикальным расположением вала двигателя. У двухскоростных эскалаторов привод имеет высоту около 1,7 м и большую массу.

Фирмами ФРГ в «высотных» эскалаторах компактность приводного блока и рациональность его расположения в прямке достигается использованием тандема приводов с горизонтальным расположением двигате-

лей. Сдвоенным приводом (2×31 кВт) оборудована установка высотой 13,2 м на ст. «Рёмер» во Франкфурте-на-Майне. 33-м эскалаторы ст. «Вэстра Скоген» (см. табл.) оснащены тандемом приводов (2×45 кВт). В последних двигатель каждого привода связан с главным валом четырехступенчатой трансмиссией: шестизаходная червячная передача 1:10, планетарная 1:6,4, зубчатые 1:1,5 и 1:1,04.

Расположение трансмиссии на одном уровне с главным валом снижает нагрузку на опоры. Тандем приводов повышает тяговое усилие, а его компактность позволяет отказаться от машинного зала, поместив привод в прямке, как у поэтажных эскалаторов. Однако обслуживание и текущий ремонт такого привода тоннельных установок в условиях интенсивных потоков, пока не характерных для большинства зарубежных метрополитенов, затруднит вход на эскалаторы, смежные с вышедшим из строя, и снизит эффективность работы всего наклона. Неравенство крутящих моментов, передаваемых двигателями сдвоенного привода противоположным концам главного вала, снижает также и его долговечность.

Фирме «Вестингауз», заменившей единый привод системой промежуточных, удалось избежать подобных недостатков: при отказе одного из приводов эскалатор не останавливается. Но возникла проблема синхронизации работы промежуточных приводов и хорошего взаимодействия с верхней и нижней ветвями тягового органа. Ее решение позволило создать такую конструкцию, которая обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционной. Фирма начала выпускать пассажирские конвейеры с промежуточными приводами.

Таблица

Эскалаторные установки большой высоты подъема за рубежом

Страна, город	Объект установки	Фирма-изготовитель	Высота подъема, м	Угол наклона, град.	Ширина ступеней, м	Скорость, м
ФРГ, Гамбург	Метрополитен	„Тиссен“	21	30	1	0,67
Франкфурт-на-Майне		„Оренштейн“, ФРГ	13,2	27,3	1	0,65
Франция, Париж		„Отис“, США	22,45	30	1	0,6
Великобритания, Лондон		„Оренштейн“	24,5	30	1	0,75
Швеция, Стокгольм	Городская железная дорога	„Отис“, США	33	30	1	0,75
США, Нью-Йорк		„Хитати“, Япония	16,8	30	1	0,60
Япония, Токио		„Хитати“, Япония	20,45	30	1	0,60 и 0,75
Западный Берлин	Городская железная дорога Стадион	„Тиссен“	12	30	1	0,6
США, Атланта		„Вестингауз“, США	30	30	0,8	0,45

Проверив их конструкцию, она приступила к изготовлению так называемых «модульных» эскалаторов. Они состоят из четырех унифицированных блоков («модулей»): двух концевых — верхнего и нижнего — и двух промежуточных — приводного и неприводного, чередующихся по наклону. Из этих зон может быть набран эскалатор любой высоты, пока достигшей 30 м.

В металлоконструкцию приводной зоны вмонтирован унифицированный блок привода ступеней и поручней. Его цепь уретановыми вкладышами взаимодействует с зубьями верхней и нижней ветвей тяговой рейки (пластинчатая цепь с длиной пластин, кратной шагу ступеней, и зубьями малого шага на каждой из пластин). Натяжение реечного тягового органа эскалатора высотой 30 м примерно в 8 раз ниже натяжения тяговой цепи установки той же высоты традиционной конструкции. В результате ступени на верхнем криволинейном участке воспринимают нагрузку практически лишь от собственного веса и веса пассажиров.

Снижение нагрузок обуславливает повышение надежности и долговечности, а также сокращение металлоэнергоемкости модульных механизмов. Благодаря унификации приводов, их компактности и малой массе повышается ремонтпригодность. Постоянство габаритов и малая масса зон делает модульные эскалаторы удобными для любых объектов — облегчается транспортировка и монтаж. Главное их достоинство — глобальная унификация производства.

266 модульных эскалаторов, установленных в метрополитене Вашингтона, надежны в работе. Лицензии на их производство приобрели фирмы «Коне» (Финляндия), «Макоза» и «Бозетишер-Наварро» (Испания), «Вилларис» (Бразилия), «Джонс-Вайгуд» (Австралия), приступившие во второй половине 70-х годов к освоению или модернизации своего производства.

На создание эскалаторов с промежуточными приводами ориентируется фирма «ПХБ» («Полиг-Хекель-Блейхерт» — ФРГ), которая изготавливает реечные машины. Привод реечных эскалаторов «ПХБ», размещенный под нижней входной площадкой, карданным валом соединен с главным, установленным на наклоне. Звездочки главного вала взаимодействуют с зубьями верхней и ниж-

ней ветвей рейки. Достоинство расположения привода внизу, а не на верхнем конце трассы в том, что при износе реечного тягового органа зазоры между ступенями сокращаются, а не растут. Это повышает безопасность и позволяет точно установить момент замены. Однако по мере износа шарниров рейки возрастает разница шага зубьев смежных пластин верхней и нижней ветвей тягового органа. В результате нарушается взаимодействие зубьев рейки и звездочки, что ведет к их повышенному износу. Способность уретановых вставок приводной цепи деформироваться предотвращает это явление в модульных эскалаторах. К достоинствам установок фирмы «ПХБ» относится изготовление рейки из специальной высокопрочной пластмассы. Она исключает необходимость смазки и чистки тягового органа, что особенно важно для работы в открытом пространстве. Такие эскалаторы, выпускаемые большинством фирм, поднимают пассажиров с платформы метрополитена прямо на улицу. В установках фирмы «Оренштейн» при падении температуры до 3°C автоматически включается термостатом отопление полотна. Оно осуществляется ребристыми электрическими радиаторами, установленными под посадочными площадками. Для эскалаторов северных районов применяется, кроме того, подогрев поручней. В Японии, например, предусмотрена блокировка, реагирующая на замерзание влаги в зубьях гребенки входных площадок.

Многослойное покрытие красками металлоконструкции эскалаторов для работы на открытом пространстве недолговечно. Фирма «Оренштейн» применяет гальванопокрытие зон металлоконструкции в ваннах, сооруженных прямо в земле. Горячее цинкование обеспечивает гарантированный срок службы в 38 лет. Покрытие предохраняет от коррозии и внутреннюю поверхность балок коробчатого профиля, подвергающуюся цинкованию благодаря просверленным в балках отверстиям.

Изготовление ферм металлоконструкции из балок коробчатого сечения позволило сократить металлоемкость, не снижая жесткости: допустимый прогиб между опорами не более 0,001 длины пролета. В разрабатываемых международных правилах проектирования эскалаторов предусмотрено сокращение данного предела, поэтому использование коробча-

того профиля с более высоким, чем у обычно применяющегося уголкового и швеллерного, моментом инерции перспективно.

Повышение жесткости металлоконструкции — одно из важных условий сокращения вибраций полотна и направляющих, вызывающих шум и износ эскалатора. Применение жестких передач трансмиссии вместо цепной, еще используемой в эскалаторах высотой до 20 м фирмы «Бозетишер», также снижает вибрации. Плавное зацепление достигается применением червячных, глобоидных, планетарных и других передач. Качество их изготовления позволяет не снижать КПД привода менее 0,93—0,95 и обеспечить долговечность привода не ниже  $10^5$  ч (270 тыс. км пробега). Использование цельнолитых ступеней более жесткого, чем резиновое, уретанового покрытия бегунков и совершенствование конструкции поручневой установки также снижает энергоемкость и повышает долговечность эскалаторов. С ростом у последних их высоты и скорости, а следовательно, и мощности привода указанные вопросы совершенствования конструкции становятся сложнее, но повышается эффективность их решения.

Усложняется также обеспечение безопасности эксплуатации «высотных» механизмов. Важнейшее требование — стабильность и плавность торможения. При экстренной остановке тормозной путь и ускорение, а у двухскоростных эскалаторов и ускорение при изменении скорости должны быть ограничены безопасным для пассажиров пределом, не зависящим от нагруженности и направления движения. Таким пределом японские специалисты считают  $0,4 \text{ м/с}^2$ , подчеркивая также и важность ограничения рывка (изменение ускорения по времени).

Соблюдение указанных условий торможения достигается фирмой «Хитати» на «высотных» эскалаторах (в том числе двухскоростных) электромагнитной системой. Она состоит из главной и вспомогательной пружин, оборудованных магнитными катушками. В зависимости от направления движения меняется их число, регулируется тормозной момент. Для сглаживания ступенчатого изменения усилия торможения применена инерционная масса. Недостаток этой системы — высокий механический износ ее элементов, увеличивающийся с высотой эскалаторов. Ведется поиск его



преодоления, значение которого возрастает с увеличением доли переходных процессов в работе установок. Это связано с более частыми остановками эскалаторов по мере роста количества устанавливаемых на них блокировок, а также с внедрением включающихся при входе пассажиров двухскоростных эскалаторов.

Фирмой «Оренштейн» на эскалаторах ст. «Рёмер» испытывалось электронное управление торможением с помощью вихревых токов. Установлено, что оно обеспечивается при любых условиях, но сама система слишком дорога. Совершенствование конструкции продолжается, ведутся работы по улучшению трассы поручней и полотна. Повышению долговечности последнего и снижению затрачиваемой при обходе трассы энергии способствует сокращение числа перегибов, в частности, вокруг продольной оси в натяжном устройстве. Уточняются требования к проектированию криволинейных и горизонтальных участков трассы.

В 33-х эскалаторах фирмы «Оренштейн» радиус криволинейных участ-

ков 4 м. При этом вертикальное ускорение, действующее на пассажиров, составляет  $a = \frac{V^2}{R} = \frac{0,75^2}{4} = 0,14 \text{ м/с}^2$ . Специалисты считают, что оно может быть 0,4—0,5 м/с<sup>2</sup>. Согласно результатам исследований на железных дорогах, такое изменение скорости при движении вагона по кривой хорошо переносится стоящими пассажирами. Следовательно, радиус криволинейного участка мог бы быть равен не 4, а 1,5 м, но тогда резко возросли бы усилия, воспринимаемые ступенями и направляющей на данном участке, и фирма пошла на увеличение радиуса.

Принятый критерий, очевидно, пригоден лишь для расчета радиусов у эскалаторов малой высоты. Однако в модульных установках с малым натяжением тягового органа он приемлем и для «высотных», так как по расчетам радиус криволинейных участков трассы полотна в них при любой высоте подъема может не превышать 2 м.

При скорости установок 0,67—0,9 м/с, характерной для эскалаторов

большой высоты, длина горизонтальных участков перед входными площадками должна быть не менее 3 ступеней. В механизмах ст. «Вэстра Скоген» фирмой «Оренштейн» она принята в 3,25 ступени.

Управление установками на метрополитенах ФРГ централизовано. Так, в Эссене все 83 эскалатора 9 станций управляются телемеханической системой из центрального пункта ст. «Главный вокзал». Туда же поступают автоматические сигналы о любых повреждениях на эскалаторах, для устранения которых направляются ремонтники. Такая организация эксплуатации позволяет сократить штат обслуживающего персонала. Централизация управления эскалаторами вводится и на значительно более загруженных метрополитенах Японии.

Наиболее перспективное направление в работе по созданию и совершенствованию конструкции установок большой высоты и грузоподъемности—разработка эскалаторов с расщепленной по трассе системой промежуточных приводов, а также двухскоростных механизмов. □

На 1-й и 4-й стр. обложки: станция «Маяковская» Московского метрополитена и станция «Автово» Ленинградского метрополитена.

Фото А. СПИРАНОВА.

Художественно-технический редактор **Е. К. Гарнухин**

Сдано в набор 15.12.80. Подписано в печать 02.02.81. Л-80322. Формат 60×90<sup>1/8</sup>. Бумага типографская № 1. Гарнитура новогазетная и литературная. Печать высокая. 4,0 печ. л. 5,24 уч.-изд. л. Тираж 4500 экз. Заказ 4005. Цена 30 коп. Адрес редакции: 103031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, 20, 2-й этаж, телефоны: 295-86-02, 223-77-72. Типография изд-ва «Московская правда», Потаповский пер., 3.



