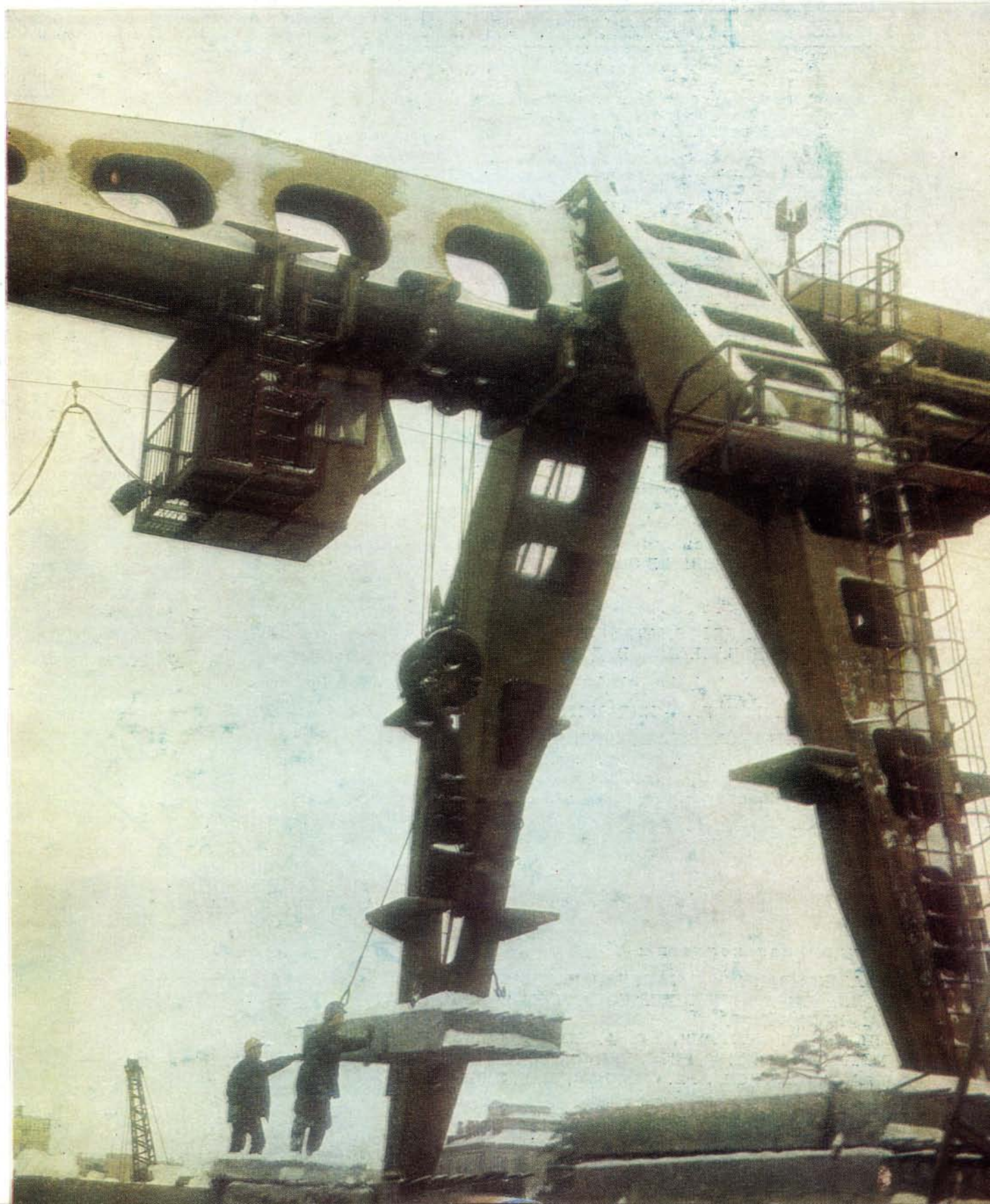


1 1978

МЕТРОСТРОЙ



Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

МЕТРОСТРОЙ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

1 1978

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

В НОМЕРЕ:

НОВЫЙ РЕКОРД ПРОХОДКИ	1
П. Исаев. ВДНХ — МЕДВЕДКОВО	1
И. Якобсон. ОЛИМПИАДА-80 И МОСКОВСКОЕ МЕТРО	3
Б. Бухарина. ПОДРЯД ЗАВОЕВЫВАЕТ БРИГАДЫ	4
ОПЫТ СКОРОСТНОГО ПОДЗЕМНОГО СТРОИ- ТЕЛЬСТВА	6
В. Пикуль. ГРУНТОБЛОЧНЫЙ СПОСОБ ПРО- ХОДКИ	22
К. Троицкий, В. Мазичкин. СБОРНЫЕ ЖЕ- ЛЕЗОБЕТОННЫЕ ОБДЕЛКИ В СЫПУЧИХ ОБВОД- НЕННЫХ ГРУНТАХ	25
П. Васюков, А. Федоров, В. Шишканов. ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТ- ВА БЕТОНА С ДОБАВКАМИ ВОДОРАСТВОРИ- МЫХ СМОЛ	26
В. Казурова. И СНОВА — КИЛОМЕТРЫ ПУТИ	28
М. Шур. ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ ИЗ ЖИЗНИ МЕХА- НИКА	31

Редакционная коллегия:

В. А. АЛИХАШКИН, А. С. БАКУЛИН, П. А. ВАСЮКОВ,
С. Н. ВЛАСОВ, А. Ф. ДЕНИЩЕНКО, В. М. КАПУСТИН,
Ю. А. КОШЕЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МАКОВ-
СКИЙ, Б. П. ПАЧУЛИЯ, С. А. ПОНОМАРЕНКО,
В. И. РАЗМЕРОВ, Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО, П. А. РУСА-
КОВ, А. И. СЕМЕНОВ, А. В. СЕМЕНОВ, В. В. ЯКОБС,
И. М. ЯКОБСОН

УДАРНЫЙ СТАРТ
ТРЕТЬЕГО ГОДА
ПЯТИЛЕТКИ

Н О В Ы Й Р Е К О Р Д П Р О Х О Д К И

876 метров тоннеля
в месяц

На строительстве Северного коллектора диаметром 5,5 метра в Ленинграде с 16 декабря 1977 г. по 16 января 1978 г. сооружено 876 метров тоннеля. Скоростная проходка была организована с целью выявления возможностей нового механизированного комплекса КТ-1-5,6 с конвейерным блокоукладчиком. Секрет успеха ленинградских метростроителей не только в умелом использовании высокопроизводительной современной техники, но и четкой организации труда, работе по методу бригадного подряда.

К рекорду шли четыре объединенных в комплексную проходческих бригады СМУ-15, руководимые А. Малышевым, И. Дудкиным, К. Татариничем и Н. Ахрамовичем. Темп строительства неуклонно нарастал: в первый день за сутки пройдено 25 м 16 см, 30 декабря — 31 м 26 см, 7 января — 35 м 21 см, 10 января — 38 м 20 см.

Бесперебойную скоростную проходку обеспечили мехслужба, автотранспортная контора, завод ЖБК и другие подразделения Ленметростроя.

НА ПУСКОВЫХ РАДИУСАХ

ВДНХ—Медведково

П. ИСАЕВ, главный инженер Московского Метростроя

За минувшее пятилетие в Бабушкинском районе Москвы построено свыше 1 млн. м² жилой площади. Созданы новые промышленные предприятия. Тысячи москвичей, живущих и работающих в этом районе, ждут скоростного и удобного транспорта. Они его получают в нынешнем году: Рижский радиус метрополитена будет продлен от «ВДНХ» до станции «Медведково». Протяженность пускового участка 8,3 км с промежуточными станциями «Ботанический сад», «Свиблово» и «Бабушкинская».

Строительство Рижского радиуса ведется на участках глубокого и мелкого заложения. Тоннели проходят в обводненных песках и суглинках, юрских и карбонных глинах, известняках и мергелях. По всей трассе вода залегает выше подошвы тоннелей, а от «ВДНХ» до «Ботанического сада» ее давление достигает 3 ати. Тоннели дважды пересекают Яузу: под рекой и над ней.

Учитывая сложные инженерно-геологические условия, на строительстве применялись специальные методы производства работ. Так, участок глубокого заложения от ст. «ВДНХ» до ст. «Ботанический сад» пройден с предварительным замораживанием грунтов. Здесь же осуществлялось водопонижение глубинными скважинами с помощью насосов ЭЦВ-6, ЭЦВ-8, водопонижение из забоев и открытый водоотлив. На перегоне мелкого заложения между станциями «Ботанический сад» и «Медведково» с тупиками и на ветке в депо «Свиблово» для водопонижения использовали глубинные скважины, а также легкие установки ЛИУ-5.

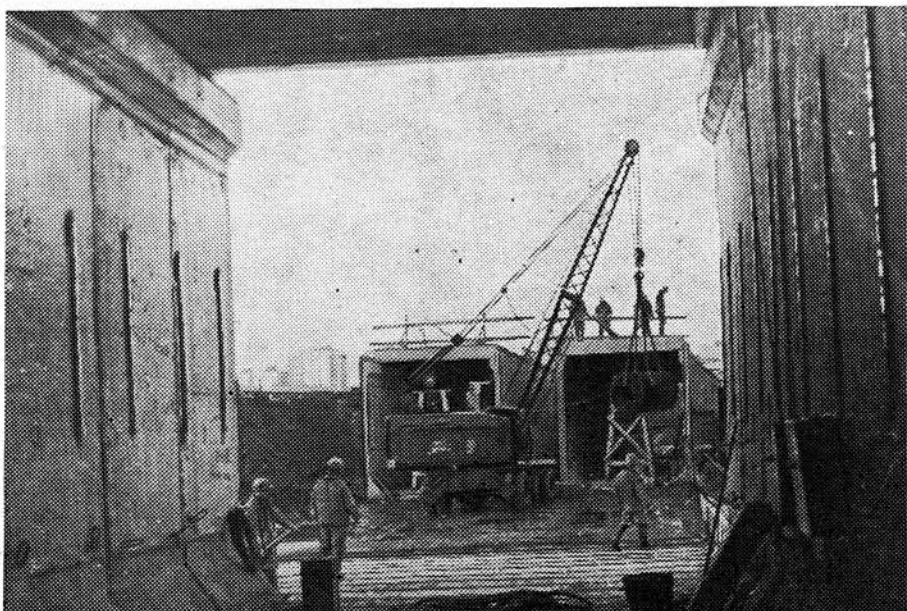
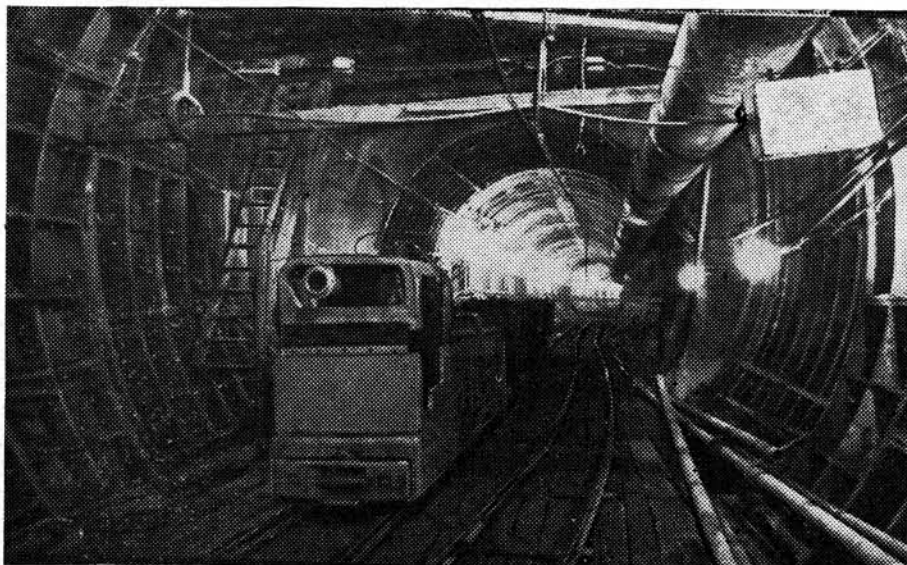
На перегоне «Свиблово» — «Бабушкинская» котлованы крепились двутавровыми балками № 150 с шагом 1—1,2 м и затяжкой боков досками, а на отдельных участках забивкой шпунтового ограждения. На станции «Бабушкинская», кроме свайного ограждения котлована, для укрепления действующего коллектора была возведена «стена в грунте».

На строительстве такого сложного участка метрополитена важное значение имело тесное содружество строителей и проектировщиков. В ходе работ велись дополнительные исследования гидрологической структуры горных пород, позволившие применить экономичные технические решения и индустриализировать проходческие процессы.

Так, на участке тоннельного отряда № 6 по предложению инженеро-строителей и проектировщиков изменена организация производства: понижена трасса на 2,4 м с целью увеличения слоя юрской глины над тоннелями. Это обеспечило надежность кровли, позволило организовать водопонижение из нижележащих известняков и снять высокое гидростатическое давление в зоне проходки. По проекту данный участок протяженностью в 710 м должен был сооружаться с применением глубинного водопонижения и кессона с избыточным давлением до 2 ати. Внедренное предложение дало возможность улучшить условия труда — вести работы без применения сжатого воздуха и удешевить строительство на 128,9 тыс. руб.

Другой участок длиной более 400 м пройден также без кессона, благодаря внедрению всасывающего способа бурения скважин с применением уширенного долота. В зоне расположения песчаной водонасыщенной линзы водопонижение производили таким образом с поверхности. При бурении отсасывалась вода, создавая устойчивость стенок в рабочей зоне. Этот способ позволил увеличить водопроемную часть фильтра и повысить дебит скважин. Снижение гидростатического напора в песчаной линзе до 3 м от лотка тоннеля обеспечило благоприятные условия для проходки, позволило отказаться от применения кессона, сократило сроки строительства и удешевило его на 518,4 тыс. руб.

Третий участок трассы, длиной 350 м, на подходе к реке Яузе и под ней также должен был сооружаться



Участки строительства перегонных тоннелей

под сжатым воздухом. Вместо этого здесь применили контурное замораживание грунтов. Весь отрезок разбит на десять контуров. Бурение скважин для замораживающих колонок, монтаж рассольной части и создание ледогрунтового ограждения по периметру каждого контура производили последовательно (начиная с первого контура). После образования необходимого защитного ограждения откачивали воду из замкнутого контура. В непосредственной близости к реке и в зоне ее пересечения, кроме указанного, применили замораживание по всей площади контуров над тоннелями.

Станцию «Ботанический сад» по первоначальному проекту предполагалось сооружать в две очереди под железнодорожными путями с их перекладкой. По предложению рационализаторов станцию сдвинули, и железнодорожный путь остался на перегоне тоннелей. Здесь тоннели пройдены закрытым способом с использованием метода продавливания обделки, а станция построена в одну очередь.

Второе пересечение Яузы трассой метро выполнено над рекой с предварительным сооружением нового ее русла. Под тоннелями построили два коллектора для пропуска воды Яузы.

На строительстве Рижского радиуса внедрялась прогрессивная технология. Около 2 км тоннелей открытого способа работ возведено из цельносекционной обделки. Нашел широкое применение способ безмастичной гидроизоляции железобетонных конструкций стеклоизолом. Характерно использование укрупненных сборных железобетонных элементов при сооружении тоннелей. Это далеко не полный перечень примененных технических новшеств.

Московские метростроители совместно с учеными и проектировщиками продолжают работы над созданием прогрессивной технологии, повышением качества строительства. На повестке дня — изоляция цельносекционной обделки на заводе и создание специального прицепа-трайлера для перевозки ЦСО в городских условиях.

В настоящее время все организации Мосметростроя взяли пусковой темп. Есть полная уверенность в том, что Рижский радиус будет введен в эксплуатацию досрочно, к 7 октября, — первой годовщине принятия новой Конституции СССР.

Олимпиада-80 и Московское метро

И. ЯКОБСОН, канд. техн. наук

Транспортному обслуживанию участников и зрителей Олимпиады-80 отводится одно из важных мест в организационном комплексе проведения XXII Олимпийских игр.

Основные соревнования намечены в спортивных центрах Лужников, Измайлова, Нагатина, Крылатского, Ленинградского проспекта и проспекта Мира, где возводятся олимпийские сооружения, в соответствии с генеральной схемой развития физкультуры и спорта в столице.

Удобная взаимосвязь спортивных комплексов, быстрое и безболезненное преодоление временных перегрузок движения в направлениях между ними и районами размещения участников игр и зрителей, необходимость эвакуации их с мест соревнований за сравнительно короткое время — основные особенности транспортного обслуживания Олимпиады-80.

Число участников спортивных делегаций составит примерно 13 тысяч человек. Только количество туристов ожидается около 250 тысяч. Это несомненно приведет к большой перегрузке пассажирского транспорта и особенно заполнению автомобилями центра города и широкой уличной сети. Поэтому зарекомендовавший себя четкостью и бесперебойностью работы метрополитен примет на себя большую нагрузку по перевозке пассажиров в течение 16 дней Олимпиады. Ко времени ее открытия протяженность сети Московского метро увеличится до 185 км. Войдут в эксплуатацию участок продления Калужско-Рижского диаметра от ВДНХ до станции «Медведково» и Калининский радиус от Таганской площади до «Новогиреево».

Наибольшие потоки пассажиров будут формироваться на линиях, приуроченных к зонам размещения крупных спортивных комплексов. Место наибольшей посещаемости зрителей и участников делегаций Олимпиады — Центральный стадион имени В. И. Ленина в Лужниках (здесь пройдут соревнования по легкой атлетике, футболу, хоккею на траве, борьбе, плаванию и прыжкам в воду, волейболу и

др.) будет обслуживаться станциями «Спортивная» и «Ленинские горы».

Недалеко от Крымского моста разместится пресс-центр с комплексом культурно-бытового обслуживания. Ближайшая отсюда станция метро — «Центральный парк культуры и отдыха».

Чтобы попасть в живописный уголок Москвы Крылатское (где на преобном канале будут проведены соревнования по академической гребле, гребле на байдарках и каноэ; там же предусмотрены велогонки), посетители Олимпийских соревнований смогут пользоваться станциями «Молодежная» Арбатско-Филевской линии и «Полежаевская» Краснопресненского радиуса.

На западе Москвы, недалеко от Битцевского лесопарка, расположится стадион с трибунами на 10 тысяч мест (для проведения соревнований по различным видам конного спорта). Его будет обслуживать станция «Беляево» Калужско-Рижской линии.

На северо-востоке столицы, в Измайлове, ведется строительство комплекса гостиниц, которые будут использованы для участников Олимпиады. Здесь же сооружается стадион на 30 тысяч мест и плавательный бассейн на 5 тысяч мест. Ближайшие до этих олимпийских объектов станции метро — «Измайловский парк» и «Измайловская».

Недалеко от Дворца спорта «Сokolьники» (где будут проведены соревнования по баскетболу и ручному мячу) находится одноименная станция метро, а от стадиона общества «Локомотив» — «Преображенская площадь».

На проспекте Мира строится крытый стадион на 45 тыс. зрителей (соревнования по баскетболу и боксу), доставку которых и быструю эвакуацию обеспечат два одноименных метровокзала.

В районе Ленинградского проспекта на стадионе «Динамо» предполагается провести футбольные матчи (полуфинал), а во Дворце спорта ЦСКА — соревнования по тяжелой ат-

летике. Для олимпийских игр будет также использован стадион Юных пионеров. В непосредственной близости от этих спортивных сооружений расположены станции «Динамо» и «Аэропорт», а от водно-спортивной базы общества «Динамо» — метровокзал «Водный стадион».

В Мытицах, на стрельбище спортивного общества «Динамо», можно будет доехать, пользуясь метрополитеном до станции «Бабушкинская» строящегося сейчас Рижского радиуса. Станция «Новогиреево» Калининского радиуса, которая будет введена в эксплуатацию в 1979 г., возводится близ стрелково-стендового комбината общества «Локомотив» (где также будут проходить Олимпийские соревнования).

На Юго-западе города сооружается комплекс Олимпийской деревни. Ближайшие отсюда станции метрополитена — «Университет» и «Проспект Вернадского». В районе станции «Юго-Западная» находится Дворец туриста.

Ко времени открытия Олимпиады-80 будет построен центр международной торговли в районе Краснопресненского парка. Ближайшие к этому месту массового посещения метровокзалы «Краснопресненская» и «Баррикадная».

Радиально-кольцевая схема Московского метрополитена дает возможность обеспечить корреспонденцию между объектами Олимпиады, размещенными в диаметрально-противоположных частях города.

По предварительным подсчетам НИИПИ Генерального плана Москвы, в период проведения Олимпийских игр суточные объемы перевозок на всех видах городского пассажирского транспорта составят 31 млн. пассажиров, в том числе на метрополитене 7,7 млн. человек.

В дни Олимпиады предусматривается увеличить провозную способность метрополитена за счет повышения размеров движения поездов на Кировско-Фрунзенской и Калужско-Рижской линиях до 40 пар семивагонных составов (против 36 пар шестивагонных) в настоящее время.

Подряд завоевывает бригады

Б. БУХАРИНА

Сейчас уже смело можно сказать, что бригадный подряд на Московском Метрострое уверенно прокладывает себе дорогу.

Многие участки перегонных тоннелей на пусковом Рижском радиусе удалось построить своевременно именно благодаря подрядному способу. Один из таких объектов — три тоннеля под Окружной железной дорогой в районе станции «Ботанический сад». Именно здесь с бригадным подрядом впервые познакомились проходчики Ивана Соловьева из третьего строительного-монтажного управления.

Завоевал ли тогда подряд эту бригаду? Ответить на вопрос однозначно в данном случае трудно. Проходчики в какой-то степени убедились, что повысилась производительность труда, изменилось отношение к работе. Но подряд организован так, что рабочие не ощутили всех его преимуществ.

Надо сказать, что в начале у бригадного подряда на Метрострое было мало сторонников. Считали, что такой метод больше подходит для строителей жилья. Только там можно сдать свой объект в полной готовности. А вот как быть на строительстве метро, где есть специальные монтажные, путевые, отделочные работы, которые не могут быть выполнены одной бригадой?

Жизнь подсказала один из вариантов — осуществлять на Метрострое по бригадному подряду определенный этап работы. С этого и начал коллектив строителей станции «Кузнецкий мост». Здесь подряд делал свои первые шаги. Опыт оказался удачным. Появилась уверенность в том, что новый прогрессивный метод — хороший помощник в работе. С тех пор горячим сторонником его стал начальник

участка Ш. Симандуев, который возглавляет сейчас СМУ-3.

Почему же в этом коллективе к бригадному подряду относились раньше недоверчиво? Симандуев пытался найти ответ на этот вопрос, разобраться в причинах. Видимо, сказывалось то, что управление последние годы работало нерентабельно, отставало по многим экономическим показателям. Отсутствие стабильности заработной платы и премий вызывало у рабочих недоверие к новому методу.

Руководству СМУ-3 пришлось защищать идею бригадного подряда на конкретных примерах, преодолевать нежелание что-то менять в устоявшихся принципах работы.

Еще только шло освоение площадки на Калининском радиусе, а Симандуев уже уверенно говорил о том, что проходка перегонных тоннелей будет вестись методом бригадного подряда.

Развивая свои планы, он убеждал:

— Не только на Калининском. На Серпуховском подряд тоже надо постепенно внедрять. Есть смысл все мелкие вспомогательные объекты строить этим методом, доводить до конца и сдавать. И на этом учить людей работе по-новому.

К сожалению, с бригадным подрядом на Серпуховском радиусе пока не вышло. Хотя комсомольско-молодежная бригада проходчиков И. Частова заключила договор на выполнение целого ряда работ — освоение площадки, строительство подъездных дорог и душкомбината — подвело снабжение. То нет материалов, то нет крана, то нет технической документации. Сразу дал себя знать плохой контакт со смежниками: механизаторы вовремя не выполнили свои задания на новом объекте, и проходчики потеряли

дорогое время. Так работать по подряду было нельзя.

И все-таки даже неудавшийся опыт сыграл определенную роль. Бригада уяснила, что подряд — это четкое снабжение и строгий график производства работ. А кто из строителей не мечтает об этом?

К тому времени на Калининском радиусе был пройден шахтный ствол. Начиналась проходка тоннелей. И сторонники бригадного подряда убедили работать по новому методу все ту же бригаду проходчиков Ивана Соловьева, которая строила тоннели на Рижском радиусе.

В бригаду вошли 42 человека. Три звена, три звеньевых.

Бригадир хотел заключить подряд на более короткий срок: чем он короче, тем быстрее будет виден результат.

Руководство на это не пошло. Имея определенный опыт, Симандуев доказал проходчикам, что самый правильный подряд — на выполнение определенного этапа работы по времени от 4 до 6 месяцев. Меньший срок просто не выгоден, не экономичен, а расчетов столько же.

И вот бригада Соловьева 25 мая прошлого года заключила с администрацией договор на сооружение двух этапов — 380 метров перегонного тоннеля в сторону станции «Площадь Ильича». По времени эту работу надо было выполнить к 25 ноября.

Администрация следила за тем, чтобы как можно четче было организовано снабжение, без задержек работ шахтный ствол. А проходчики, втягиваясь в работу, стали больше внимания обращать на качество. Готовый тоннель сразу же убирала. После очистки в нижних ячейках тубингов выполняли перебалчивание и заполняли их бетоном, чтобы больше не

возвращаться вновь к этой работе. То есть, делали все по-хозяйски. Реже стали поломки эректора, а если они случались, их старались тут же устранить. И скорости проходки начали расти. Вот уже полтора метра в смену, метр семьдесят, метр девяносто, два, два тринадцать...

Теперь они говорят, что и сами не ожидали такого результата: подряд выполнен на две недели раньше срока. Оценка за качество — «хорошо».

Поздравить бригаду с успешным завершением подряда руководители СМУ пришли прямо в забой. Этот день стал на шахте праздником:

Теперь все ждали экономических показателей, результатов работы!

Вот два основных показателя: выработка на одного рабочего составила 117,8%, а средне-месячная зарплата с премией — 299 рублей, или 116,8%. То есть выработка опережает заработную плату.

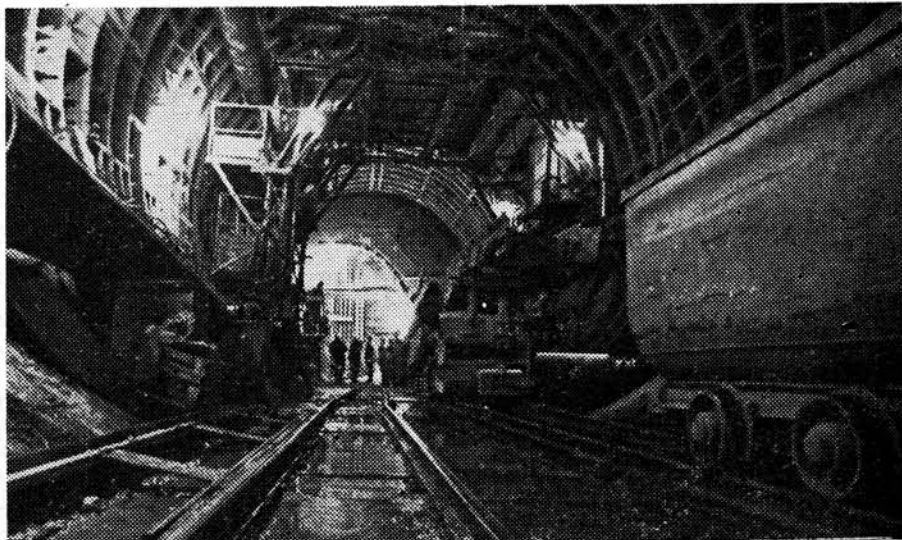
В СМУ провели тщательный анализ всех показателей. Выяснилось — экономия достигнута за счет меньших затрат материалов, фонда зарплаты, сокращения накладных расходов. А последние складываются из улучшения организации производства, качественной подготовки строительной площадки, своевременного обеспечения проектной документацией и т. д.

На шахте № 605 еще одна бригада — В. Фролова — работает по новому методу. Но поскольку бригада из новичков, договор с ней заключен на один этап — 180 метров. Подряд выполнен на 2 недели раньше срока с отличным качеством.

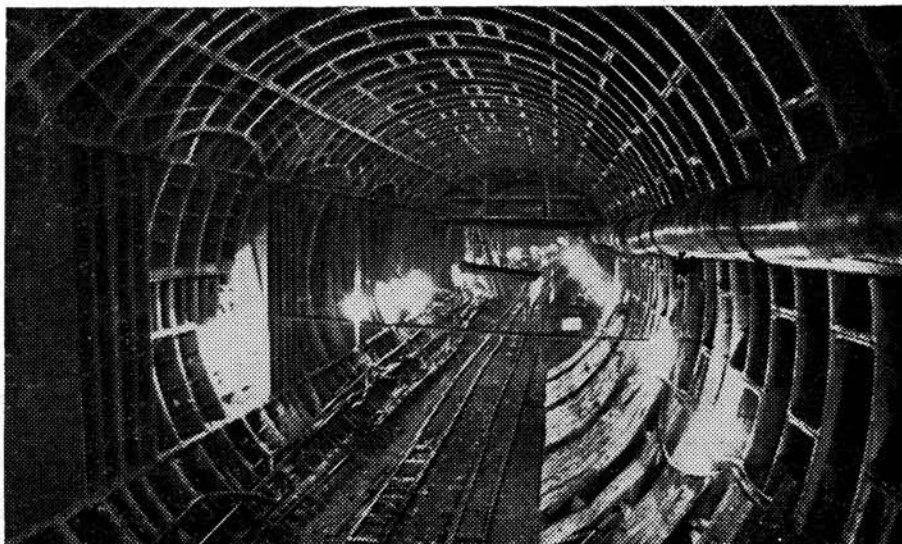
Сейчас в СМУ-3 идет речь о дальнейшем совершенствовании бригадного подряда. Готовый этап — это смонтированный и зачеканенный тоннель. Поэтому в самое ближайшее время в бригаду проходчиков должны войти чеканщики, монтажники, слесари, сварщики, т. е. все, кто работает в забое.

Увеличение состава бригады пока настораживает бригадиров. Но жизнь подтвердит правильность этого. И тогда повысится скорость проходки и улучшится ее качество. Сейчас уже две бригады — В. Фролова и И. Соловьева включили в свой договор выполнение чеканочных работ, а соответственно и специалистов-чеканщиков.

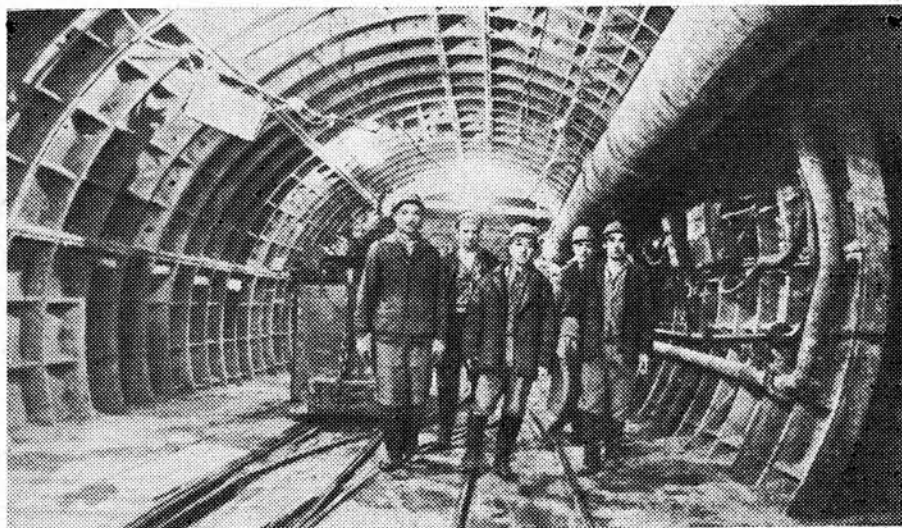
Метод бригадного подряда улучшил производственные показатели всего коллектива СМУ-3. Годовую программу строители выполнили 1 декабря.



Станция «Марксистская». Сопряжение станционного и перегонного тоннелей.



Левый станционный тоннель «Авиамоторной».



Станция «Горьковская». Бригада В. Волкова после смены.

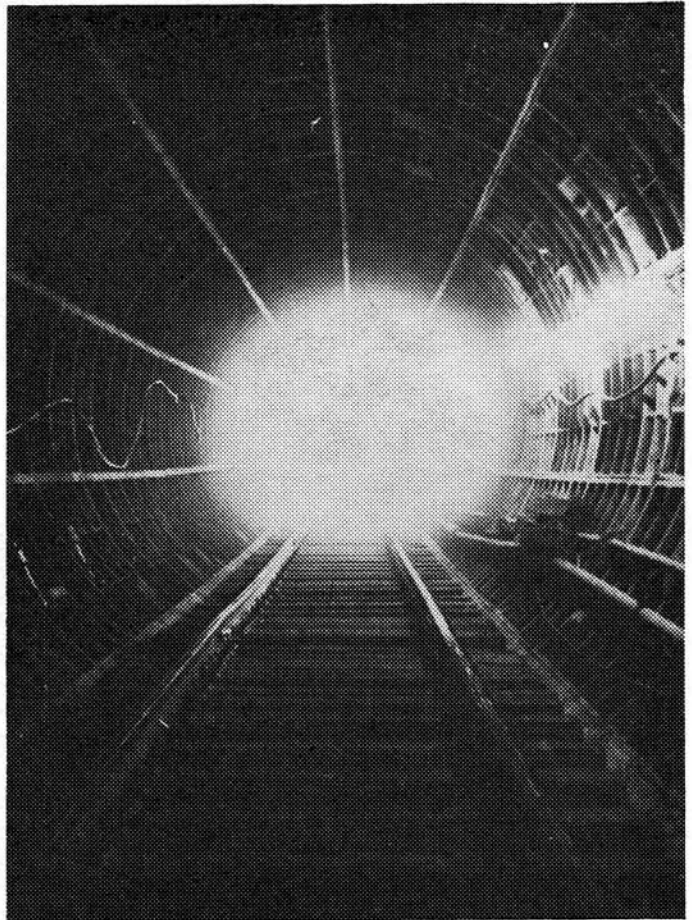
ОПЫТ СКОРОСТНОГО ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

По материалам Всесоюзного научно-технического семинара

Проходивший на ВДНХ семинар по скоростному строительству тоннелей был организован впервые.

В его работе приняли участие представители Министерства транспортного строительства, Министерства путей сообщения, Министерства цветной металлургии, Главмосинжстроя, Гидроспецстроя, ЦНИИСа, СибЦНИИСа, ЦНИИПодземмаша, НИСГидропроекта, ВНИИОМШСа, ИГД им. Скочинского, Ленметрогипротранса, ЛИИЖТа, Мосметростроя, Ленметростроя, Тбилтоннельстроя, Армтоннельстроя, Армгипротранса, МГИ, Бамтоннельстроя, Киевметростроя, Оргэнергостроя, Днепрошахтостроя, Союзшахтостроя, Союзшахтоспецпромстроя, СКТБ Главтоннельметростроя, трестов ГПР-1 и ГПР-2 и ряда других организаций.

Открывая семинар, начальник Главтоннельметростроя Ю. Кошелев подчеркнул необходимость увеличения проходческих скоростей как главного фактора повышения эффективности строительства и своевременного ввода в действие подземных сооружений различного назначения. Участники семинара наметили пути дальнейшего повышения строительных темпов в условиях всевозрастающих масштабов сооружения метрополитенов и тоннелей в нашей стране.



Главное условие повышения эффективности

На важности увеличения скоростей проходки как главного фактора повышения эффективности строительства и своевременного ввода в действие метрополитенов и транспортных тоннелей сосредоточил внимание собравшихся главный инженер Главтоннельметростроя С. Власов:

— Скорость проходки — один из главнейших показателей, отражающих правильность выбранного метода производства работ. В понятие «скоростная проходка» вкладывается способ сооружения тоннеля, отличающийся

рациональной организацией, индустриализацией и комплексной механизацией всех ведущих процессов. В результате этого достигаются максимально возможные в данных условиях темпы.

Повышение скорости проходки тоннелей влияло на рост темпов ввода линий метрополитенов в эксплуатацию. Так, по сравнению с начальным периодом строительства, среднегодовой их ввод увеличился более чем в 4 раза (3,2 км в 1934—1940 гг. и 12,6 км в IX пятилетке). Однако средние скорости проходки тоннелей еще недостаточ-

но высокие. Особенно это относится к строительству железнодорожных тоннелей.

Меры по значительному повышению скоростей обсуждались на расширенном заседании Научно-технического совета Министерства, утвердившего «Основные направления научно-технического прогресса в метро- и тоннелестроении на 1976—1980 гг.» и на заседании Коллегии, где рассмотрено состояние работ по совершенствованию строительства горных тоннелей.

С этой целью ЦНИИСОМ и Ленметрогипротрансом разработаны основные технологические схемы для сооружения тоннелей с использованием прогрессивных и высоко-

производительных механизированных комплексов, направленные на обсуждение в строительные организации.

Создана возможность оснащать участки строительства перегонных тоннелей метрополитенов Главка высокопроизводительными механизированными комплексами в достаточно широком диапазоне геологических условий. К их числу относятся: КТ-1-5,6 — для устойчивых пород крепостью от 50 до 120 кгс/см² под сборную обделку; ЦМР-1 — для устойчивых пород крепостью от 20 кгс/см² до 400 кгс/см² под сборную обделку; ЦМ-17 — для песков естественной влажности; ТЦБ-7 — то же под мо-

нолитно-прессованную обделку. Эти комплексы применяются в Ленинграде, Москве, Киеве, Харькове и Минске. Протяженность тоннелей, построенных механизированными комплексами в 1977 г., увеличилась по сравнению с 1975 г. в 1,4 раза.

Проводится техническое перевооружение строительных организаций, оснащающих горные транспортные тоннели и оснащение их новым высокопроизводительным оборудованием (буровые агрегаты типа «Фурукава», «Брокке», ТБА-1, породопогрузочные машины ПНВ-3К, ППМ-4Э, самогрузные электровозы, саморазгружающиеся вагоны ВПК-7 и ВПК-10, автосамосвальные поезда МОАЗ-3-6401, бетоносмесители СБ-75 и СБ-78, механизированные опалубки, самоходные пневмобетононагнетательные установки на рельсовом ходу и автоходу).

Конечная цель — полностью автоматизированный проходческий цикл

О скоростном строительстве тоннелей Ленинградского метрополитена доложил главный инженер Ленметростроя **Г. Федоров:**

— В канун XXV съезда КПСС коллектив Тоннельного отряда № 3 добился наивысшей в нашей стране скорости сооружения перегонных тоннелей метрополитена. За 31 рабочий день с применением механизированного проходческого комплекса КТ-1-5,6 пройдено 676 пог. м тоннеля между станциями «Академическая» и «Гражданская» (Кировско-Выборгской линии) с железобетонной обделкой,

Применение такого оборудования позволило в сложных геологических условиях досрочно завершить проходку Нагорного тоннеля на БАМе, достигнув скорости проходки 132 м в месяц двумя забоями.

Повысились темпы на строительстве Мххетского, Меградзорского и Иджеванского тоннелей.

Среди основных задач организаций Главтоннельметростроя — повышение скоростей проходки тоннелей. Докладчик отметил необходимость научных исследований и конструкторских разработок по созданию новых тоннелепроходческих машин, в первую очередь, для смешанных пород; повышение организационного уровня строительства; разработки программы проведения скоростных проходок и ее осуществление в 1978—1980 гг. на сооружении метрополитенов и транспортных тоннелей.

обжатой на породу, с углом разжатия в лотке.

Максимальная суточная скорость проходки составила — 26,84, максимальная сменная — 10,39 пог. м.

Достижение явилось результатом создания мощного механизированного щита, менее трудоемкой и более технологичной железобетонной обделки, производительного шахтного подъема и горного комплекса. Таким щитовым агрегатом стал тоннельный проходческий комбайн КТ-1-5,6, изготовленный Ясиноватским машиностроительным заводом. Режущий орган машины работает на прин-

ципе крупного скола. Установленная мощность комбайна почти в 2,5 раза больше, чем на прежних комплексах, а мощность привода режущего органа увеличена вдвое. Скорость резания породы новой машины почти в 3 раза выше.

Разработан механизированный комплекс с расположением подъемных машин на копре. Совершенствование его продолжается в направлении автоматизации процессов управления.

Первым объектом широкого применения обжатой в породу обделки был канализационный коллектор на острове Белый, при проходке которого механизированным планетарным щитом Л-1 в 1972 г. достигнута скорость сооружения тоннеля 325 м в месяц.

За время скоростной проходки с комплексом КТ-1-5,6 смонтировано 1750 м³ блочной железобетонной обделки, обжатой на породу. В проходке участвовали 4 звена, объединенных в комплексную сквозную бригаду. Работали по методу бригадного подряда.

В среднем фактические трудозатраты на сооружение 1 м тоннеля составили 7,7 чел.-час., или в 2,3 раза меньше нормативных.

В 1977 г. на строительстве участка Невско-Ва-

силеостровской линии от ст. «Василеостровская» до ст. «Приморская» испытан новый проходческий комплекс КТ-1-5,6 с конвейерным дуговым укладчиком. С февраля по август включительно сооружено 1946 м тоннеля. Средняя месячная скорость проходки составила 343 м; максимальная — 436, минимальная — 312 м.

Испытания нового комплекса подтвердили возможность существенного повышения скоростей проходки. В настоящее время они ведутся на строительстве магистрального коллектора канализации в северной части города. Разработана новая технологическая схема рудничного двора, конструкции вертикального подъема с разделением грузовых потоков. Улучшена технологическая схема горного комплекса.

На строительстве перегонных тоннелей Ленинградского метрополитена завершается полный цикл комплексной механизации работ и создаются условия для внедрения автоматизированного проходческого комплекса. Конечной целью этого должна быть безлюдная проходка тоннелей с полностью автоматизированным циклом по разработке породы, монтажу конструкций и транспорту породы и материалов.

Скорость — это качество

— Большой резерв повышения производительности труда, — дополнил выступление предыдущего оратора начальник ТО № 3 Ленметростроя **В. Горышин,** — заложен в новой конструкции обжатой обделки. На монтаж кольца из блоков 5НСК-4 при скоростной проходке на Кировско-Выборгской линии затрачивалось до

40 мин, а из блоков новой конструкции — 12 мин.

Улучшилось качество монтажа обделки, так как скорость и качество неотделимы.

За время скоростной проходки выдано 17050 м³ грунта, доставлено к забою 6760 блоков и 300 м³ бетона, который транспортировали по специально пробуренной скважине. В

отдельные смены ствол делал по 400 подъемов.

Возможности подъема оказались исчерпанными, поэтому при проходке перегонных свыше 1 км необходимо сооружать второй ствол, который при эксплуатации может быть

использован в качестве вентиляционного.

Рекордная проходка была обеспечена слаженной работой тоннельного отряда, заводов, КЭПРО, АТК, службы главного диспетчера и руководства Управления Метростроя.

Резервы повышения производительности

Совершенствование проходческих комплексов, горизонтального и вертикального транспорта при скоростной проходке тоннелей метрополитена с обжатой на породу обделкой — тема выступления главного специалиста Ленметрогипротранса **В. Гуцко**.

— Высокие показатели скоростной проходки перегонных тоннелей, — сказал он, — обусловлены четко отлаженным ритмом работы всех звеньев, слагающих технологический процесс (головной проходческий комплекс, горизонтальный и вертикальный транспорт, возведение сборной обделки).

Резерв повышения производительности комплекса заложен в сокращении времени разработки забоя — достигнутое время на одну заходку в 0,5 м составило 10 мин — и синхронной сборке, с обжатием кольца обделки.

Период сборки кольца должен соответствовать продолжительности разработки одной заходки.

Касаясь характеристики проходческих комплексов, докладчик отметил, что они созданы в результате творческого сотрудничества коллективов Ленметрогипротранса, Ленметростроя и Ясиноватского завода на основе многолетнего советского и зарубежного опыта.

В проходческий комплекс входят:

щит с режущим органом «щелевого типа», образу-

ющим на забое концентрические щели с целиками между ними, которые скальваются специальными дисками. Крупность кусков разрушаемой породы регулируется изменением положения скальвателей;

конвейерный дуговой укладчик блоков, который позволяет осуществлять все операции по сборке и обжатию колец в одном месте — в лотке. В результате цикл монтажа можно сократить до времени цикла резания полуметровой заходки (10—12 мин), повысить технику безопасности, уменьшить состав обслуживающей бригады;

транспортный мост, шарнирно закрепленный передней частью на раме и верхней перегородке щита. Такое соединение обеспечивает поворот моста в плане, в профиле и вокруг продольной оси, а также дает возможность независимого поворота щита вместе с укладчиком на кривых относительно продольной оси. Внутри фермы моста размещен ленточный транспортер для выдачи породы в вагонетки.

Развитие и улучшение горизонтального транспорта породы должно производиться в направлении более качественной укладки путей, надежного их закрепления, а также разработки рациональной схемы переноса стрелочных переводов.

Одним из проверенных на Ленметрострое мероприятий по повышению производительности проходческого цикла является применение скипоклетьевого подъема с автоматизированной работой скипа. Применение такого подъема перспективно при использовании для горизонтального транспорта породы большегрузных вагонов с конвейером типа ВПК-7. Это позволяет сократить длину хвостовой части комплекса до мини-

муму, а следовательно улучшить вписываемость его в малые радиусы кривых в плане (до 50 м). Открывается возможность сквозной проходки перегонных тоннелей на больших «плечах» с последующим возведением станций.

Сокращение длины хвостовой части комплекса позволит монтировать его в непосредственной близости от ствола, сократив длину подходовых выработок.

Что показали исследования обжатой обделки

Руководитель ЛенНИЛ ЦНИИСа **П. Степанов** сообщил:

— В период скоростного сооружения перегонного тоннеля на Ленметрострое проведены исследования различных элементов технологии работ, в основном, с точки зрения обеспечения щита максимальной производительности.

Исследования показали, что обделка из блоков 5-БНЛ-2, обжатая на породу, в целом отвечает условиям скоростного строительства и позволяет получить высокие темпы ее монтажа;

использованный для сборки конструкции рычажный блокоукладчик недостаточно удобен; более целесообразно применение дугового или «конвейерного» укладчика;

элементы конструкции изготовлены со значительными отклонениями от номинальных размеров, а это приводит к искажению статической работы обделки;

расположение узла разжатия обделки в лотке в условиях сооружения тоннелей в плотных протеро-

зойских глинах позволяет обеспечить требуемую скорость выполнения разжатия;

усилие последнего, принятое в период проходки равным 30 т, можно считать достаточным, обеспечивающим плотный контакт обделки с породой по всему контуру тоннеля.

В целях совершенствования конструкции обделки 5-БНЛ-2 следует существенно изменить технологию изготовления ее элементов, применять объемно-весовое дозирование бетона, специальные поддоны с окнами или решетки. В дальнейшем можно предусмотреть изготовление блоков в положении спинкой вниз или на ребро.

Целесообразно добиться соответствия диаметров контура выработки и колец обделки, что позволит улучшить ее статическую работу и уменьшить объем контрольного нагнетания. Для сокращения количества элементов, заполняющих зазор после разжатия, следует уменьшить его величину, например, путем удлинения лотковых полублоков.

Увеличение скорости монтажа может быть достигнуто за счет умень-

шения числа блоков выше лотка до 6 шт.

В настоящее время на Ленметрострое с участием ЛенНИЛ проводятся работы, направленные на совершенствование технологии изготовления обделки. Это — внедрение весового дозирования и спе-

циальных решетчатых поддонов при изготовлении элементов обделки и разработка совместно с МАДИ системы автоматического контроля геометрических размеров элементов обделки при ее изготовлении.

О способе продавливания

Рассматривая один из путей сокращения сроков строительства, начальник Московского Метростроя П. Васюков сказал:

— Современная практика показала прогрессивность метода продавливания тоннелей, коллекторов и труб в местах их пересечения с транспортными магистралями, различными коммуникациями и др. На сооружении Московского метрополитена метод продавливания применяется недавно, но завоевал прочное место в арсенале технических средств метростроения.

В 1969 г. осуществлено продавливание пешеходного тоннеля диаметром 5,5 м под железнодорожными путями Казанского вокзала. Тоннель длиной 36 м был сооружен за 14 дней без перерыва движения поездов. Средняя скорость проходки — 2,6 м в сутки.

В 1970 г. на строительстве пешеходного перехода у станции «Варшавская» Замоскворецкого радиуса применили способ последовательного продавливания отдельных пустотелых тонкостенных элементов, заполняемых, в дальнейшем, бетоном. Длина перехода 110 м, в том числе под железнодорожными путями 60 м.

В 1974 г. продавливанием сооружен пешеходный переход под магистральными и обгонным путями железной дороги от станции метрополитена

«Беговая» к одноименной железнодорожной платформе. Сооружены два тоннеля диаметром 4,46 м по 17 м каждый под обгонным путем и тоннель прямоугольного сечения 4,1×2,6 м, длиной 19 м, из железобетонных секций, под магистральными путями. Под железнодорожный путь уложен экран из 10-мм стального листа с целью предотвращения сдвига пути. Подача элементов обделки и удаление породы осуществлялись автокраном. Тоннели круглого сечения построены соответственно за 18 и 16 дней, прямоугольный — за 19 дней.

Перегонные тоннели Рижского радиуса под железнодорожными путями у ст. «Ботанический сад» и пешеходный переход сооружались в 1976 г. уже на более высоком техническом уровне. Три тоннеля диаметром по 6 м и длиной около 30 м каждый с чугунной обделкой продавливали агрегатом, состоящим из ножепопного кольца с перегородками и домкратной установкой. Агрегат, изготовленный Московским механическим заводом Главтоннельметростроя, смонтировали в специальной камере. За состоянием железнодорожных путей и направлением продавливания был установлен постоянный контроль. Производились замеры усилий продавливания, величин отклонений в плане и профиле от проектной

оси, осадок поверхности по длине тоннеля.

Каждый тоннель пройден за 30—33 смены. Трудовые затраты составили 40,4 чел.-час на метр тоннеля.

Вопросы уменьшения сил трения были частично решены при сооружении пешеходного перехода прямоугольного сечения 3,1×2,6 м у ст. «Тушинская». Здесь секции перекрывались поверху алюминевыми лентами. Это изменило характер взаимодействия между обделкой и грунтом и значительно снизило величину трения.

Практика показала, что способ продавливания обделкает рядом существенных преимуществ:

достигается почти полное отсутствие осадок по-

верхности; отпадает необходимость в перекладках железнодорожных путей, автодорог и подземных коммуникаций; монтаж обделки вынесен из забоя; уменьшается объем разрабатываемого грунта; трудовые затраты снижаются на 20—25%.

В целях совершенствования технологии продавливания целесообразно: разработать устройства корректировки направления продавливания; осуществлять обмазку наружной поверхности обделки; применять металлические ленты для снижения трения, а также нагнетание бентонитовой глины и др.

Накопленный опыт позволяет внедрить этот метод в дальнейшем в более широких масштабах.



Комплексная бригада И. Шепелева, сооружающая станцию «Марксистская».



Строители восточного портала Мухометского железнодорожного тоннеля.

Скоростная проходка

в песках

Достигнутые результаты при сооружении перегонных тоннелей мелкого заложения в песках на Мосметрострое обобщил заместитель начальника Главтоннельметростроя К. Янчевский:

— Применение щитовых комплексов, оборудованных рассекающими перегородками, обеспечило рекордные скорости проходки.

Впервые рассматриваемая технология была внедрена на строительстве Ждановского радиуса, затем Горьковского, Кировского, Замоскворецкого и Краснопресненского. Общая длина тоннелей мелкого заложения, сооруженных щитами с рассекающими перегородками, превысила 32 км.

В результате совершенствования проходческого и шахтного комплексов и организации работ строители СМУ-7 достигли на Ждановском радиусе скорости 154 м/мес. готового тоннеля. Затем скорости проходки возросли до 338 м/мес.

В СМУ-8 на том же ра-

диусе при видоизмененном расположении рассекающих перегородок на щите суточный темп составил 10,7 пог. м.

Строителями СМУ-7 и СМУ-8 новым способом сооружено на Ждановском, Горьковском и Кировском радиусах в общей сложности 12,6 км перегонных тоннелей со средней месячной скоростью 219,6 м/мес. вместо нормативной 90 м/мес.

На Замоскворецком радиусе коллективом СМУ-8 достигнут выдающийся рекорд в мировой практике проходки в песках — 430 м/мес. готового перегонного тоннеля. В условиях изменившихся характеристик аптских песков была усовершенствована головная конструкция щита, применены дозирующие элементы, поворотные и конвейерные полки.

Средняя месячная скорость составила 262,7 м/мес.

Трудовые затраты в рекордной скоростной проходке снизились до 64,4 чел.-час/пог. м.

они обеспечили успешное завершение работ и получение значительного экономического эффекта.

Важным конструктивным элементом опускной крепи является ножевое кольцо и уплотняющее устройство для удержания тиксотропного раствора. На основании опытных данных установлена оптимальная толщина слоя тиксотропного раствора — 100 мм. На эту величину ширина ножевого кольца превышает толщину крепи.

Для определения высоты и угла заострения ножевого кольца проведены исследования, на основании которых рекомендуется высота ножевой части 1000—1100 мм, угол заострения 16—17°.

Уплотняющее устройство, состоящее из эластичного элемента (типа транспортной ленты) и манжеты из утрамбованной жирной глины, может быть применено при любом типе крепи.

В ходе освоения новой технологии апробирован ряд опорных конструкций для восприятия усилий домкратов. Силовое задавливание крепи осуществлялось специально разработанной домкратной системой, которая состоит из опорной конструкции и

батарей гидравлических домкратов.

Подводная разработка забоя, выдача горной массы и погрузка в автосамосвалы производились с помощью канатных грейферов типа «Темп-1» емкостью 0,8 м³ и «Темп-2» — 0,5 м³, разработанных институтом ЦНИИПодземмаш, а также грейфера емкостью 1 м³ конструкции СКБ Главмостростроя.

Накопленный опыт сооружения шахтных стволов в неустойчивых и пльвунных породах методом погружения крепи в тиксотропной рубашке позволяет утверждать, что это техническое решение имеет беспорное преимущество перед другими специальными способами. Помимо сокращения продолжительности сооружения ствола, в сравнении с замораживанием, на 6 месяцев, стоимость возведения каждого метра снижена более чем вдвое, а трудоемкость работ более чем в 3 раза.

Решена важная социальная задача улучшения условий труда проходчиков, которые выведены из забоя на поверхность. Основные операции по разработке, выдаче и погрузке породы механизированы, и рабочие процессы сведены к управлению механизмами.

В тиксотропной рубашке

Опыт сооружения шахтных стволов в тиксотропной рубашке на Мосметрострое осветил начальник СМУ-6 Н. Простов:

— В основу способа погружения крепи в тиксотропной рубашке положено предложение проф. Е. Озерова, предусматривающее заполнение глинистым раствором зазора между наружным контуром опускной крепи и окружающими ее горными породами. Зазор образуется ножевой частью погружаемой крепи, которая имеет специальное ушире-

ние по внешнему контуру.

Тиксотропные свойства глинистого раствора обеспечивают снижение сил трения крепи о породу, гидродинамическое давление, исключают обрушение и сползание грунта, кольматаж породных стенок, снижение водонепроницаемости пород, гидроизоляцию сооружения.

На строящихся линиях Московского метрополитена сооружено 20 стволов в тиксотропной рубашке — отметил докладчик. Крепи погружались по различным схемам и все

Расширенного диапазона действия

Программу мер по повышению темпов строительства тоннелей со сборной обделкой закрытым способом выдвинул руководитель отделения тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа В. Самойлов. Он, в частности, отметил:

— Задача механизированной разработки забоя с креплением его как при однородном, так и смешанном забоях, решается

путем создания щитов расширенного диапазона действия. Повышение темпов проходки может быть обеспечено при использовании щитов следующих типов:

с жесткой или складывающейся ячеистой конструкцией, размещенной в ножевом кольце, и одним или двумя экскаваторными органами со специальным гребком;

с составным козырьком, сборной ячеистой конструкцией и кольцевым роторным органом, оснащенным ковшами, а также лучевой баровой конструкцией с резами;

с шандорным козырьком и выдвижной составной полкой, а также с экскаваторными рабочими органами.

Конструктивные схемы головных частей щитов первых двух типов наиболее эффективно могут применяться при модернизации существующих немеханизированных. Мосметрострой с участием СКТВ ГТМ и ЦНИИСа произвел модернизацию щита ЦН-1С по первой схеме. Заканчивается проект модернизации этого агрегата и по второй схеме. Практический опыт создания и применения щита по третьей схеме имеется за рубежом. Щитами подобного типа достигнуты скорости свыше 900 м/мес. и 60 м/сутки.

Для разработки полускальных и скальных пород в щитах начали успешно применять стреловые органы с фрезерной головкой. Изучена возможность установки на той же или на отдельной стреле гидроударников с энергией удара порядка 400 кгс·м.

Исследования показали высокую эффективность использования гидроструй высокого давления для разрушения твердых скальных пород. При этом образуют щели и прорезы в забое с последующим разрушением целиков механическим способом (например, с помощью дискового инструмента). За рубежом создано насосное оборудование с давлением до 4000 кгс/см² и выше, что дает возможность эффективно вести разрушение пород крепостью свыше 1000 кгс/см². Американ-

скими фирмами «Роббинс» и «Флоу Рисэтч», а также горным колледжем в Колорадо создан проходческий комбайн, основанный на таком комбинированном принципе разрушения крепких горных пород со скоростями, вдвое превышающими существующие.

Исследования эффективности струй воды давлением до 1000 кгс/см² проведены в ЦНИИСе. Представляется целесообразным возобновить их на основе получения гидронасосов с давлением до 3—4 тыс. кгс/см². При создании проходческой машины для пород крепостью до 1200 кгс/см² необходимо предусмотреть использование гидроструй высокого давления в сочетании с механическим разрушением.

Модернизация немеханизированных и создание механизированных щитов позволит повысить средние темпы проходки тоннелей минимум в два раза и существенно уменьшить затраты труда и средств с одновременным сокращением сроков строительства.

Для эффективного использования механизированных щитов целесообразно увеличить плечи проходки до 3—4 км.

Существенное влияние на повышение темпов строительства окажет и разработка математических моделей технологического процесса сооружения тоннелей метрополитенов. Она должна включать в себя конкретные параметры оборудования, в первую очередь, проходческой машины, в том числе стоимостные и рабочие характеристики, информацию по удельному расходу энергии на разработку пород, по расходу времени на техническое обслуживание и свя-

занные с ним простои, по размещению и срокам службы резов и т. п. Входящая в модель информация по системе откатки должна включать параметры вагона, число их в поезде, начальное и добавочное число поездов, параметры локомотивов и откаточных путей, а также стоимостные характеристики системы и ее элементов. Стоимостная и технологическая модель позволит осуществить на ЭВМ математическое мо-

делирование процесса и отдельных важнейших операций в их взаимосвязи. Американские специалисты осуществили математическое моделирование сооружения тоннеля тоннелепроходческой машиной и установили влияние различных факторов на темпы проходки и стоимость.

Представляется необходимым начать в ЦНИИСе работы по математическому моделированию процессов тоннелестроения.

Возможности прогрессивной технологии

Необходимость постоянного совершенствования технологии возведения монолитно-прессованной бетонной отделки в различных инженерно-геологических условиях и расширения области ее применения отметил главный инженер СКТВ Главтоннельметростроя В. Ходш:

— В настоящее время с монолитно-прессованной бетонной отделкой внутренним диаметром 5,1 и 5,2 м построено 6,1 км тоннелей. При этом успешно освоены три технологические схемы возведения конструкции.

Схема 1 — для сооружения тоннелей в песчаных и глинисто-песчаных породах — предусматривает прессование бетонной смеси под защитой оболочки щита давлением 20—50 кгс/см², возникающим за счет реактивных усилий домкратов при вдавливании агрегата в забой. При использовании этой схемы построен перегонный тоннель протяженностью 1800 м на Краснопресненском радиусе Московского метрополитена. Максимальная скорость проходки составила 96 м/мес. Фактиче-

ская прочность бетона — в среднем 400 кгс/см².

Схема II — для проходки тоннелей в устойчивых скальных породах — предусматривает параллельно с механизированной разработкой забоя возведение монолитно-прессованной бетонной отделки независимо от проходческого щита. Опорами для домкратов щита и домкратов, прессующих бетонную смесь, служат два различных распорных кольца. Смесь укладывается непосредственно на породу. Давление прессования до 15 кгс/см². По такой схеме построен участок перегонного тоннеля Тбилисского метрополитена протяженностью 900 м. Максимальная скорость проходки достигла 102 м/мес., прочность бетона — 300 кгс/см².

Схема III — для сооружения тоннелей в глинистых и более прочных, но малоустойчивых породах — предусматривает одно распорное кольцо. Оно служит опорой как для домкратов щита, так и для домкратов, прессующих бетонную смесь под защитой оболочки распорного кольца.

Таким способом возве-

ден участок одного из гидротехнических тоннелей Большого Ставропольского канала протяженностью 825 м, отрезок Алгетского гидротехнического тоннеля (300 м) и два перегона общей длиной 1400 м на линии 1А Пражского метрополитена. Максимальная скорость проходки достигала в Праге — 90 м/мес. Прочность бетона — 450—600 кгс/см².

Монолитно-прессованные обделки по всем технологическим схемам вводились с помощью переставных опалубок с секциями шириной по 600 мм. Последние не позволили полностью исключить вредное механическое воздействие на бетон тоннельной обделки, находящейся в стадии схватывания и твердения. Это воздействие является прессующим устройством через опалубку и вызывает появление кольцевых трещин в бетоне.

На всех строительных площадках (кроме метростроя в Праге) бетонную смесь приготавливали на стройплощадке в установках, расположенных в монтажной щитовой камере или в непосредственной близости от портала тоннеля. В Праге автобетономешалки заполняли сухой смесью на бетонном заводе. Окончательно смесь приготавливали непосредственно на стройплощадке у скважины, через которую ее транспортировали в пневмобетоноподатчик и, находящиеся в тоннеле. Далее использовали податчики емкостью 0,7 м³.

Анализ полученного опыта сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой показывает, что при существующей технологии на всех строительствах достигнуты максимальные скорости 90—100 м/мес. Однако устойчивые темпы

составляли 50—60 м/мес. Такая разница объясняется большими простоями во время текущего ремонта оборудования, из-за низкого значения коэффициента его готовности и плохой организации доставки бетонной смеси к забою.

Изготавливаемые в настоящее время на Ясиноватском машиностроительном заводе новые проходческие комплексы ТЩБ-7 улучшенной конструкции будут иметь более высокий коэффициент готовности. Это позволит довести максимальные скорости проходки до 150 м/мес. при средних показателях 90 м/мес. Однако и такие темпы уже не отвечают требованиям ближайшего будущего.

Поиски путей исключения технологических кольцевых трещин в монолитно-прессованной бетонной обделке и значительного повышения темпов сооружения тоннелей привели к новому техническому решению. Разработка его начнется в нынешнем году в созданном недавно специальном конструкторско-технологическом бюро Главтоннельметростроя.

Новая технология позволит получить обделку без технологических кольцевых трещин и, тем самым, повысить водонепроницаемость тоннельной обделки не менее чем до 1,5 атм; значительно сократить сроки сооружения тоннелей за счет исключения операций по перестановке секций опалубки, которые в рабочем цикле занимают до 30% времени, и увеличения шага заходки прессования бетонной обделки с 600 до 750 мм без увеличения длины щита; уменьшить длину проходческого комплекса на 20—25 м за счет исключения переставных секций опалубки и транспортного моста; умень-

шить массу комплекса не менее чем на 60 т; увеличить маневренность щита.

Новое решение должно обеспечить средний темп сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой до 180—200 м/мес. Одновременно необходимо для доставки бетона к забою создать пневмоподатчики большой емкости (2—2,5 м³), загружаемые сухой смесью и способные выполнять сразу три функции — приготовление бетонной сме-

си, транспортирование ее по тоннелю и нагнетание в заопалубочное пространство.

Для повышения скорости сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой роторными механизированными щитами следует отказаться от применения распорного кольца и создать агрегат, способный прессовать бетонную смесь за счет усилий, возникающих при упоре неподвижного ротора в забой.

Резервы снижения стоимости

Вопросы повышения экономической эффективности сооружения тоннелей осветил ст. научный сотрудник ЦНИИС В. Якобс. Она в значительной степени зависит от скорости проходки основных тоннельных выработок, которая, в свою очередь, влияет на общие темпы строительства объекта в целом.

Одно из важных условий — поддержание проходческих скоростей на высоком уровне в течение длительного времени. Увеличение скоростей тем более эффективно, чем протяженнее сооружаемый участок тоннеля.

При проходке коротких отрезков эффективность использования механизированных щитов значительно снижается из-за перерывов, связанных с демонтажом и последующим монтажом на другом объекте. Единовременные затраты на сооружение камер и проведение монтажных работ со щитами соответственно отражаются на стоимости и трудоемкости строительства перегонного тоннеля в целом.

Повышение скорости проходки в значительной степени влияет на полную

стоимость сооружения тоннеля, так как снижаются удельные затраты на эксплуатацию используемых механизмов.

Стоимость машино-смен для комплекса при механизированном щите обычно вычисляется из расчета работы его 600 смен в году. На более протяженном участке тоннеля, при сквозном проходе щита через станцию, отпадает необходимость возведения дополнительных камер, а также монтажа и демонтажа в них щита. В связи с этим срок его работы в течение года увеличивается. Это отразится на уменьшении стоимости машино-смены и соответственно удешевит удельную стоимость сооружения тоннеля.

Резервы снижения стоимости и трудовых затрат в зависимости от повышения скоростей проходки заложены в затратах на обслуживающие процессы. Удельная стоимость и трудоемкость их на метр перегонного тоннеля различна в зависимости от сочетаний выработок и от скоростей проходки. Например, при сооружении перегонного тоннеля на глубоком заложении од-

ним забоем и станции двумя забоями, стоимость обслуживающих процессов в результате повышения скоростей проходки со 150 до 250 м в месяц может быть снижена до 40%. Соответственно сократятся и трудовые затраты на километр тоннеля.

Расчеты показывают, — говорит докладчик, — что при строительстве перегонного тоннеля механизированным щитом со сборной железобетонной обделкой повышение скорости проходки со 150 до 250 м в месяц позволит удешевить общую стоимость на 10—12%. Снижение трудовых затрат при этом составит 4400 чел.-дн. на километр тоннеля.

При возведении горных железнодорожных тоннелей с определенным комплексом механизмов, влияние темпов проходки на

техничко-экономические показатели зависит от тех же факторов, что и для тоннелей метрополитенов. Так, если принятая скорость 50 м в месяц увеличится до 75 м, удельная стоимость эксплуатации механизмов сократится почти на 30%.

Затраты на обслуживающие процессы при проходке горных тоннелей зависят также от принятой системы общей организации работ.

Повышение скорости сооружения тоннелей оказывает влияние на снижение затрат по накладным расходам и при общем ускорении строительства объекта в целом. Размер сокращения стоимости не трудно определить в зависимости от общей сметной стоимости сооружения тоннелей и принятых значений (в %) накладных расходов.

Вот уже несколько месяцев эксплуатируется первая линия Ташкентского метро. Отрадно отметить надежную работу метрополитена в условиях происшедшего землетрясения, не нарушившего нормальной работы сооружений, их прочности и устойчивости.

На снимке: эстакадный участок Ташкентского метрополитена.

В лессовых породах — облегченный щит

Подводя итоги строительства первой линии Ташкентского метрополитена, начальник Ташметростроя **П. Семенов** отметил, что впервые в практике отечественного тоннелестроения оно ведется в сложных инженерно-геологических условиях — лессовых породах в зоне высокой сейсмичности. Несмотря на это, при проходке перегонных тоннелей с помощью блокоукладчика достигнуты высокие показатели.

Так, в апреле 1973 г. при сооружении закрытым способом левого перегона от станции «Чиланзар» до «Сабира Рахимова» коллектив Ташметростроя добился рекордной скорости — 152 пог. м. готового тоннеля в месяц.

В процессе строительства первого участка 1-й очереди выявлена необходимость разработки конструкции сейсмостойкой обделки перегонных тоннелей закрытого способа, исключаящей мокрый

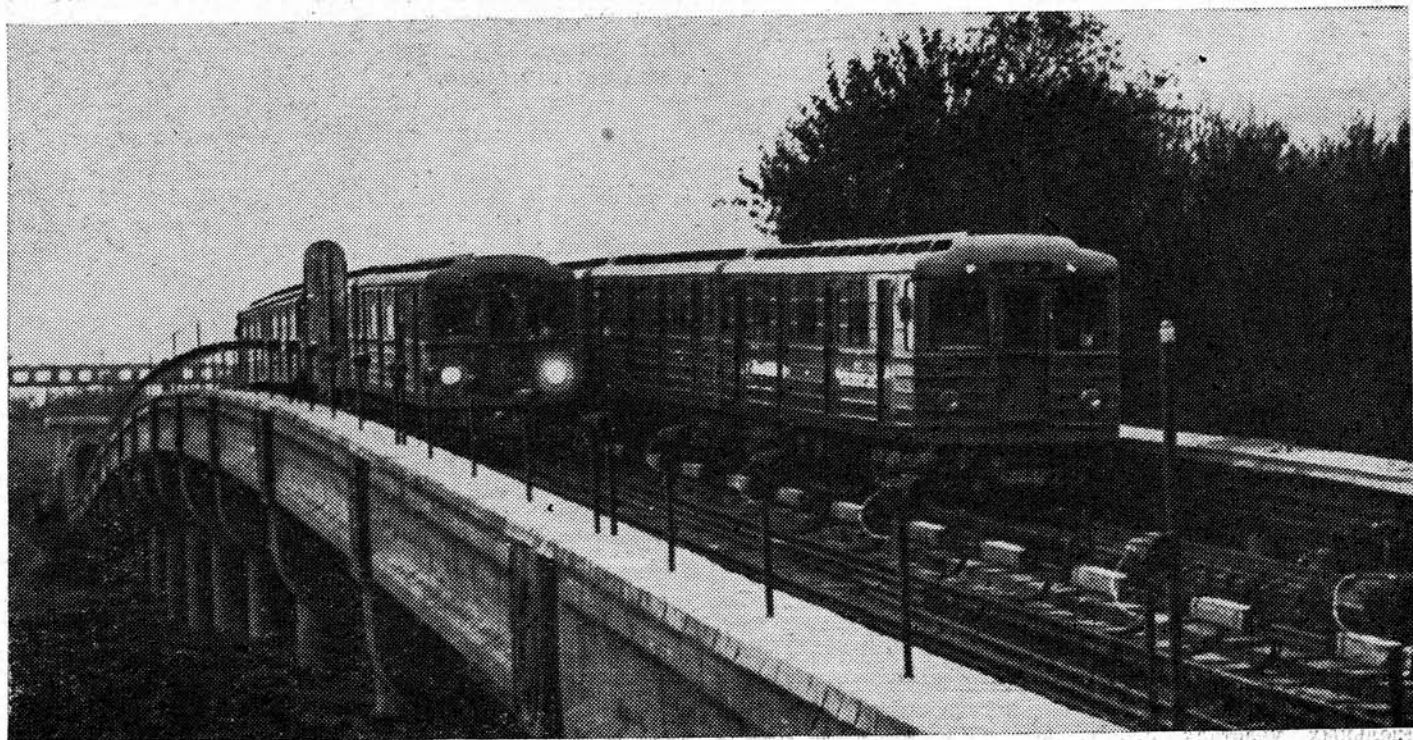
процесс — замоноличивание сейсмоузлов.

Для перегонных тоннелей открытого способа работ индустриальным решением явилась цельно-секционная обделка полного заводского изготовления.

В настоящее время, — сказал докладчик, — решается задача резкого повышения темпов проходки тоннелей и сокращения сроков строительства. Для этого необходимо оснастить стройку новым производительным проходческим оборудованием.

Применение механизированного щита при проходке в лессовых породах осложняется тем, что при вибрации тяжелого агрегата грунт становится текучим и проникает в пространство между оболочкой и породой.

Из-за нарушения устойчивости грунтов щит опускался ниже проектной отметки. (Приходилось применять дорогостоящие ме-



ры, которые позволяли продолжать проходку). В результате скорость была в 4 раза ниже расчетной. На полукилометре перегонного тоннеля, пройденного механизированным щитом, потребовалось произвести переборку 300 колец. Для увеличения скоростей проходки перегонных тоннелей в Ташкенте требуется разработка и внедрение облегченного механизированного щита.

Целесообразные решения

Опытом проходки перегонных тоннелей на строительстве 1-й очереди метрополитена в Харькове поделился главный инженер Харьковметростроя **В. Гацько**:

— В зависимости от горно- и гидрогеологических условий заложения трассы использованы разнообразные способы сооружения перегонов.

Из 28,8 км тоннелей 26,8 км пройдено закрытым способом и 2 км — открытым, причем 0,9 км из них в цельносекционной обделке.

Большую часть перегонов закрытого способа проходили с применением механизированных щитов ЦН-IX и шагающих электрогидравлических тубингоукладчиков ТУ-3.

Свыше 4 км тоннелей сооружено в обводненных породах под сжатым воздухом с избыточным давлением до 1,5 ати, а участок длиной 0,2 км на примыкании к станции «Проспект Гагарина» выполнялся с искусственным водопонижением.

Сложные гидрогеологические условия строительства 1-го пускового участка не позволили достичь высоких темпов проходки. Средняя скорость в 1969—1974 гг. составила 70 пог. м в месяц, хотя на отдельных участках она

Одним из условий ускорения проходческих темпов, — заключил П. Семенов, — является применение метода бригадного подряда. Так, бригады проходчиков, руководимые В. Булихом, И. Лысым, В. Кожемякиным, работавшие на блокоукладчиках по методу Злобина, выполнили более 100 пог. м тоннеля в месяц с высоким качеством.

достигала 200 пог. м в месяц (достижение бригады М. Лалазарова в июле 1969 г. на левом перегонном тоннеле между станциями «Южный вокзал» и «Центральный рынок»).

Коллектив Харьковметростроя выполнил ряд технологических усовершенствований щитов и тоннельных обделок, внедрил прогрессивные формы организации работ. Это позволило повысить темпы проходки на II пусковом участке, составившие в среднем за 1975—1977 гг. до 101 пог. м в месяц.

Заслуживают, по нашему мнению, внимания следующие мероприятия, способствовавшие увеличению скоростей строительства тоннелей:

наращивание ножевого кольца щита на 500 мм в виде козырька из провальцованной по радиусу щита листовой стали толщиной 30 мм. Это позволило до разработки грунта производить передвижку щита с задавливанием козырька в грунт на 0,5 м, что снизило просадки грунта над тоннелем и уменьшило объем первичного нагнетания. Нарращивание козырька было выполнено на всех щитах, находившихся в эксплуатации в Харькове;

проходка двух перегонов на участке 250 м в

сложных гидрогеологических условиях кессонным способом под зданием вокзала и развитой сетью пристанционных железнодорожных путей с минимальными просадками дневной поверхности, не превысившими 5—6 мм;

внедрение плоского лоткового блока для чугунной обделки диаметром 5,5—5,2 м без дополнительных вставок;

выпуск местным заводом ЖБК сборной железобетонной обделки диаметром 5,5—5,1 м в кассетных формах полным комплектом кольца с плоским лотковым блоком.

Полезным считаем первый опыт проходки перегонных тоннелей механизированным щитовым комплексом КМ-24 со сборной железобетонной обделкой, обжатой в породу, осуществленном на одном из перегонных тоннелей длиной 1,3 км между станциями «Комсомольская» и «Площадь Советской Армии».

Геологическое строение пород на трассе перегона было благоприятным для проходки механизированным щитом ЦН-1М: здесь влажные глинистые грунты сочетались с лессовидными неустойчивыми суглинками.

Первые же метры проходки вскрыли ряд существенных недостатков щита, особенно при удалении грунта из-под режущего

органа; постоянно заштыбовывался скребковый транспортер. Пришлось переоборудовать щит с участием представителя завода-изготовителя: нарастили на 0,5 м козырек щита; скребковый транспортер заменили на ленточный; ограничили ход режущего органа, исключив выдвигание его за козырек щита; уменьшили число резов на режущем органе на 70%, причем контурные резы сняли полностью.

Одновременно с освоением механизированного щита внедрялась сборная железобетонная обделка, обжатая в породу.

В отличие от практики других строек, узел разжатия перенесен в стык нормальных блоков с лотковым, соответственно смещены разжимные домкраты, причем последние были заменены на более легкие.

Дальнейшая работа проходческого комплекса КМ-240 осуществлялась бесперебойно, даже на участках с песком в кровле тоннеля.

Средняя скорость проходки тоннеля составила 100 м/мес., а максимальная достигла 156 м/мес. (в марте 1977 г.). Скорость проходки в отдельные сутки составляла 9 м и сдерживалась подчас возможностями обеспечения сборной железобетонной обделкой.

Задача — непрерывное скоростное бетонирование

Влияние скорости укладки бетона на качество тоннельных обделок — тема сообщения доцента кафедры МГИ Ю. Куликова.

— Многочисленные исследования, — сказал он, — свидетельствуют, что основные дефекты бетон-

ных обделок и крепей наблюдаются в местах технологических швов. Около 90% свищей, протечек, вывалов, 80% трещин, вывалов, зон ослабленного бетона расположены непосредственно у этих швов. От 75 до 100% притоков подземных вод поступают

в стволы шахт через технологические швы. Последние являются результатом существующей технологии возведения бетонных обделок. Для нее характерны заходки бетонирования определенной длины и время перерыва в укладке смежных заходок, необходимое для набора бетоном определенного минимума прочности.

Увеличение длины заходки или сокращение времени технологического перерыва должны привести к улучшению качества обделки. Пользуясь математическим аппаратом теории надежности, можно рассчитать вероятность безотказной работы обделки в зависимости от длины заходки. Однако этот путь сложен для практи-

ческого осуществления и не позволяет улучшить качество швов.

Более перспективно сокращение времени перерыва в бетонировании смежных заходок. Это ведет к улучшению гидроизоляционных и антикоррозийных свойств шва.

Ведение бетонных работ в тоннеле имеет ряд организационных преимуществ по сравнению со стволами. В частности, здесь можно сократить разрыв в бетонировании до минимума за счет применения двух комплексов переставной или передвижной опалубки. В этом случае наряду с достижением высокой скорости бетонирования обеспечивается высокое качество обделки.

Принципы современной технологии

Прогрессивные технологические схемы сооружения горных транспортных тоннелей рассмотрел руководитель лаборатории ЦНИИСа В. Меркин:

— ЦНИИСом совместно с Ленметрогипротрансом на основе опытно-экспериментальных работ, обобщения проектной и исполнительной документа-

ции, а также анализа зарубежного опыта подготовлен сборник. Он содержит методическую часть с изложением принципов современной организации работ при горном, механизированном и щитовом способах проходки тоннелей. В нем представлены 32 прогрессивные технологические схемы сооружения

тоннелей и штолен, рассчитанные на достижение высоких скоростей проходки с минимальными трудозатратами и возможность оперативного видоизменения технологии.

Схемы составлены применительно к современному имеющемуся и создаваемому в стране оборудованию, предназначенному, в основном, для буровзрывного способа.

Время цикла принималось кратным продолжительности смены, затраты времени и труда на выполнение отдельных технологических операций — по существующим нормам, а для нового оборудования — по достигнутым на опытных участках показателям или по аналогии.

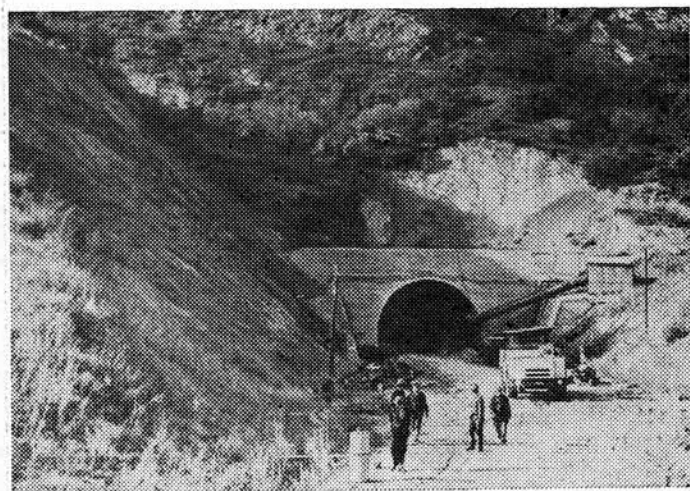
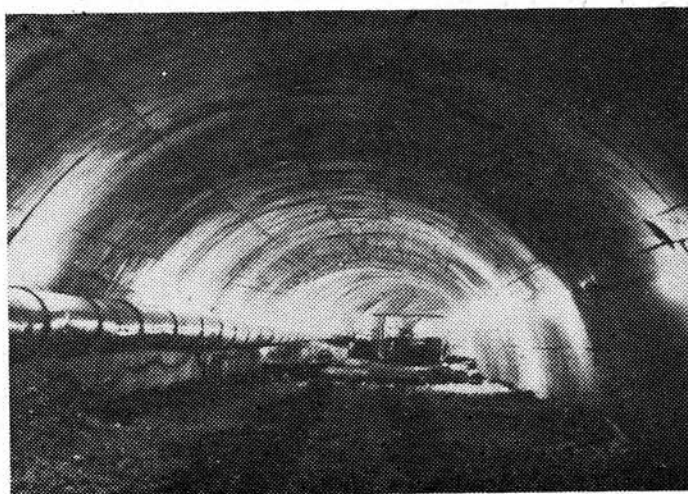
Каждая схема характеризует номенклатуру и расстановку основного оборудования, составы бригад, месячные скорости, производительность труда, потребность в электроэнергии, сжатом воздухе и воде. Приводятся примерные паспорта БВР, которые ориентированы на контурное взрывание.

Технологические схемы сооружения однопутных железнодорожных тоннелей в устойчивых породах рассчитаны на проходку

сплошным забоем с темпом 90 м/мес. В породах средней устойчивости рекомендуются способы нижнего уступа и опертого свода с применением арочного крепления и самоходных буровых установок.

Определенный эффект могут дать схемы, предусматривающие применение передвижного консольного моста, позволяющего с одним и тем же оборудованием организовать работу как способом сплошного забоя, так и нижнего уступа, соответственно, с темпами 120 и 100 м/мес. и производительностью 1,12 и 0,90 м³/чел.-час.

Для участков неустойчивых пород предлагается щитовая проходка с использованием немеханизированного щита диаметром 9,5 или 8,5 м. Скорость сооружения тоннеля в этом случае устанавливается соответственно 37,5 и 45 м/мес. При внедрении создаваемого в настоящее время по техническому заданию ЦНИИС шандорного щитового агрегата, оснащенного экскаваторным рабочим органом, скорость проходки может быть увеличена не менее чем в 2 раза.



На строительстве Мцхетского железнодорожного тоннеля

Для сооружения двухпутных тоннелей предлагается использовать:

в весьма устойчивых породах — способ сплошного забоя на основе применения порталной буровой рамы с 13 перфораторами (скорость 100 м/мес.);

в устойчивых породах — способ нижнего уступа с самоходными установками типа «Брокке» (темп 115 м/мес.);

в породах средней крепости — метод опертого свода с применением арочной крепи. Скорость — 75 м/мес.

Проходку штолен предусмотрено осуществлять способом сплошного забоя существующими установками СБУ-2К и БУР-2 (с темпом 100—115 м/мес.), или перспективными порталными агрегатами (скорость 135 м/мес.).

В неустойчивых породах проходку рекомендуется вести щитами диаметром 5,5 м, обеспечивающими скорость 100 м/мес.

С применением высокопроизводительного оборудования

Главный инженер Тбилистнельстроя **Б. Пачулия** сделал сообщение о строительстве тоннеля на перегоне Мцхета—ЗаГЭС Закавказской железной дороги. Здесь ведется отработка скоростной проходки с применением современного оборудования: буровой каретки «Брокке» с 5 мощными перфораторами, породопогрузочной машины ПНБ-ЗК, автопоездов МОАЗ-64011, оснащенных газонейтрализаторами, а также комплекса для механизированного возведе-

Технологические схемы предусматривают возведение обделки из монолитного бетона при горном способе работ и комбайновой проходке, а также сборной обделки — при щитовой. Для обеспечения заданных темпов сооружения тоннелей технология бетонирования ориентирована на применение создаваемых в настоящее время на ММЗ Главтоннельметростроя пневмобетононагнетателей типа «миксер» емкостью 3 м³ и передвижных секционных опалубок с длиной секции 12 м.

Буровые агрегаты, выпускаемые под обделкой, являются основой совершенствования технологии проходки.

В сборнике представлены перспективные схемы с использованием контейнерного пневмотранспорта для уборки породы и разработанной в НИИСПе Госстроя СССР системы дальнейшего пневмотранспорта бетонной смеси.

ния обделки, состоящего из секционной опалубки МО-21 с перестановщиком, пневмобетонукладчиков ПБУ-5А, автобетоносмесителей С-1036В.

Тоннель протяженностью 1026 пог. м пролегает в слабо трещиноватых туфогенных песчаниках крепостью 7—8, что позволило вести проходку каллотным профилем (сечение 63 м²) на всю длину с последующей отработкой уступа и возведением стен.

Чтобы обеспечить высо-

кие темпы, — отметил докладчик, — опережение забоя от участка бетонирования предусматривалось на 80—100 м, временное крепление — анкерами.

Работы велись в 3 смены по 7 час. комплексной сквозной бригадой из 32 человек (21 — проходчик-бурильщик, 4 слесаря, 2 водителя МОАЗ, 1 машинист ПНБ-ЗК, 1 водитель автопогрузчика-вышки, 1 бульдозерист, 3 взрывника). За 1 цикл уходка составляла 2,2 м. В забое обуривался 101 шпур общей длиной 252 м. Заряжание, взрывание и проветривание занимали 4 часа, оборка забоя и откатка породы — 6—7 час. На повторную оборку кровли, установку временного крепления и разметку шпуров уходило 6—6,5 час.

Организация работ на Меградзорском тоннеле

О сооружении Меградзорского тоннеля протяженностью более 8000 м с применением комплексной механизации работ говорил главный инженер Армтоннельстроя **Л. Рзянкин**:

— Однопутный тоннель (сечение в проходке 45,3 м²) расположен на прямом участке с максимальным уклоном 26,2%. Обделка из монолитного бетона М200. Сооружение ведется с порталов. Используется параллельная транспортная штольня для организации работ и уточнения инженерно-геологических условий.

В целях испытания нового оборудования для строительства тоннелей Байкало-Амурской магистрали на Меградзорском тоннеле организовали опытный участок, оснащенный высокопроизводи-

Средняя скорость за 10 месяцев 1977 г. составила 41 пог. м/мес., а на бетонирование — 30 м/мес. При темпах сооружения сводовой части 50—55 м/мес. нормативные трудозатраты сокращаются на 80—90%.

Чтобы реализовать заложенные в применяемом оборудовании возможности — темп проходки каллотного профиля в устойчивых породах может достигать 100—110 м/мес. — необходимо «оторвать» участок бетонирования от забоя на расстояние не менее 250 м. Погрузку породы следует вести двумя машинами ПНБ-ЗК, внедрить контурное взрывание, механизировать операции по зарядке и забойке шпуров и усовершенствовать конструкцию опалубки, сократив время на ее монтаж и демонтаж.

тельной горнопроходческой и транспортной техникой: порталным буровым агрегатом ПБА-1, погрузочными машинами ПНБ-ЗК, большегрузными вагонами с донным конвейером ВПК-10, пневмобетоноукладчикам и ПБУ-5А с перегружателем. Для сокращения времени и трудозатрат при обуривании забоя реализованы следующие предложения:

установка на нижнем ярусе седьмой бурильной машины БУ-1М, смонтированной на шасси СБУ-2 (в 1,5 раза снижено время);

применение сменных буровых штанг длиной 2,7 и 4 м позволило осуществлять бурение на 4 м;

использование рассредоточенных зарядов и контурных шпуров и обрательного инициирования

ИМЕНАМИ МЕТРОСТРОЕВЦЕВ



Фото А. Спиранова





ПОЛУЧИЛИ ВЫСОКУЮ ОЦЕНКУ

«Пушкинская»



Фото А. Спиранова

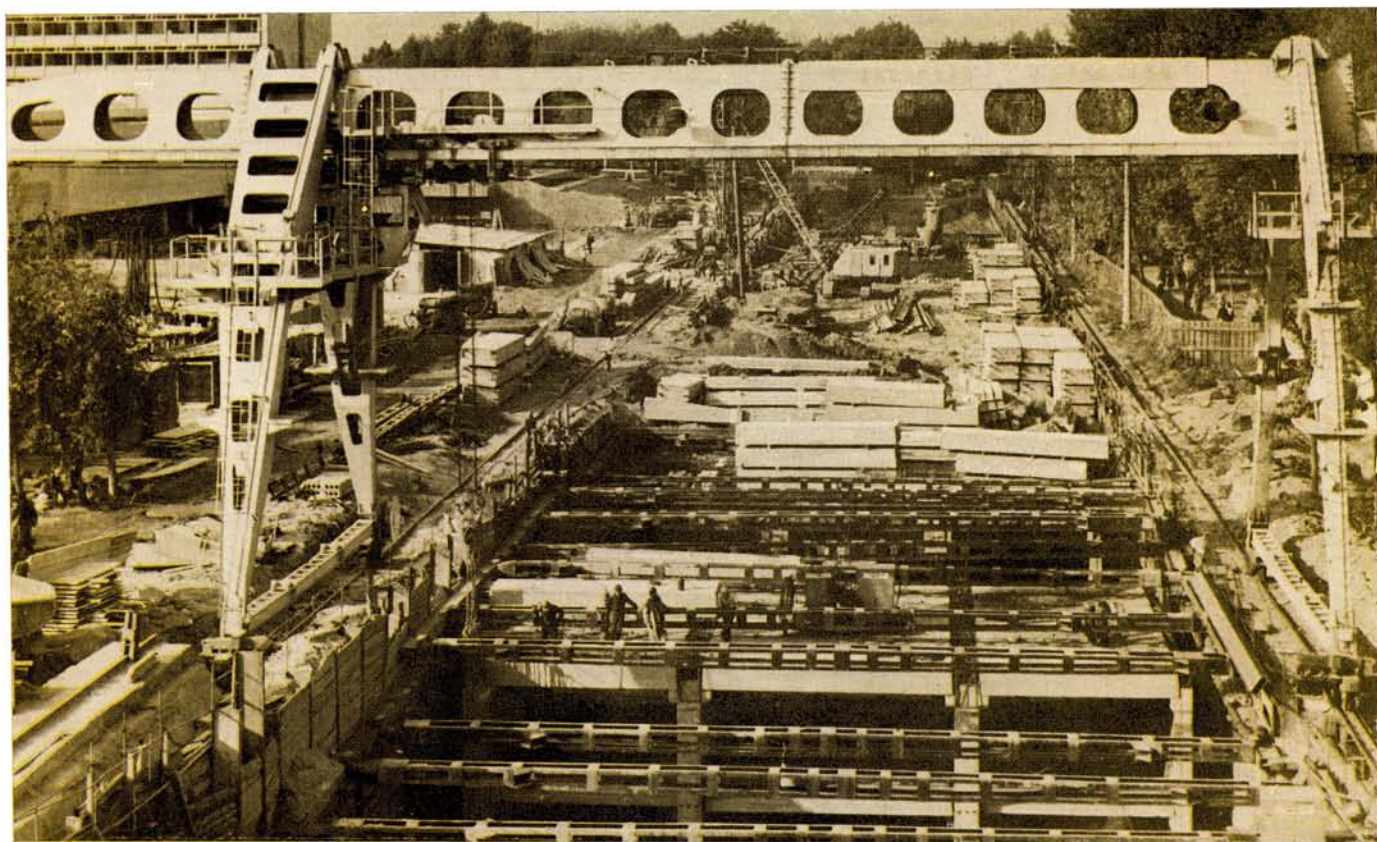
«Кузнецкий мост»





Московский метрострой. Будни первых лет

Репродукция с картины художника М. К а н а я н а.



Момент строительства ст. «Октябрьской Революции» в Ташкенте.

ВВ обеспечило хорошее качество контура выработки, снизив перебор породы на 4% против нормативного.

Параллельная штольня дала возможность внедрить «беструбную» схему вентиляции, исключаящую прокладку воздухопроводов по всей длине тоннеля и способствующую быстрому и эффективному проветриванию выработки.

Крепление производилось одновременно с обуриванием забоя железобетонными анкерами с металлической сеткой. Шпурь под анкер бурили двое рабочих со специальной устройством трехметровой консольной площадки на верхнем ярусе агрегата.

Бетон обделки укладывали за опалубку МО-18 по предложенной строителями системе, предусматривающей подвоз сухой смеси в вагонах ВПК-10,

транспортирование ее по конвейеру в смеситель, а оттуда в два пневмобетононагнетателя ПН-0,5. Такая организация в два раза повышает производительность бетоноукладочного комплекса и допускает горизонтальное расположение ресивера.

В процессе освоения нового оборудования достигнута средняя скорость проходки 70 м/мес. при максимальной суточной — 4 м. Такие результаты дают основание считать, что при дальнейшем совершенствовании работы могут быть реализованы скорости 100 м/мес. и более. Одним из резервов повышения скорости является сокращение времени погрузки породы за счет установки в забое двух машин и устройства передвижного стрелочного перевода на минимальном от него расстоянии.

Крепль из набрызг-бетона

Вопросы использования набрызг-бетона при скоростном строительстве тоннелей рассмотрел ст. научный сотрудник ЛИИЖТа **Д. Голицынский**:

— Набрызг-бетон — один из наиболее эффективных и экономичных способов возведения тоннельных обделок. Он обеспечивает значительное снижение расходов (на 30—60%), максимальную механизацию бетонирования, быстрое приспособление в процессе проходки к различным инженерно-геологическим условиям путем изменения толщины обделок в сочетании с другими видами крепи (анкеры, металлические сетки, арки).

Опыт позволяет говорить о возможности применения набрызг-бетона в широком диапазоне: от крепких скальных до сла-

бых устойчивых пород. А натурные исследования и лабораторные эксперименты на моделях из эквивалентных материалов, проведенные в ЛИИЖТе, показали высокую несущую способность обделок из этого материала в породах различной крепи. Такие обделки, активно взаимодействуя с породой, резко ограничивают деформации контура выработки и обеспечивают совместную работу системы «обделка — порода». Это позволяет возводить конструкции из набрызг-бетона (с учетом омоноличенного слоя породы) толщиной примерно вдвое меньше, чем из монолитного бетона.

Высокопроизводителные машины для нанесения набрызг-бетона и необходимое оборудование позволяют крепить выработку сразу же вслед за проходкой.

В условиях вечной мерзлоты

Об опыте строительства Нагорного тоннеля рассказал начальник ТО № 16 Бамтоннельстроя **Н. Омеляненко**:

— Этот тоннель на строящейся линии Тын-да — Беркакит в Якутии имеет длину 1,3 км, пересекает сложенный граносиенитами массив с многочисленными тектоническими нарушениями. Трещины заполнены жильным кварцем, слюдитами, льдом, глиной. Околоразломные зоны разрушены местами до рухляков.

Породы находятся в мерзлом состоянии с температурой около минус 2°C.

В двух забоях тоннеля работали буровые порталные агрегаты японской фирмы «Фурукава», представляющие собой двухъярусные рамы на рельсовом ходу с шестью бурильными машинами. Одна из них предназначена для разведочного бурения скважин диаметром 100 мм, остальные — шпуров диаметром 43 мм, глубиной 3,3 м.

Достигнуты скорости бурения одного шпура глубиной 3 м за 5 мин. Уборка породы погрузочной машиной ПНБ-3К в автотягачи МоАЗ-64011 осуществлялась за 7—8 час.

Временная крепь из двутавров № 20÷24 с достаточной затяжкой устанавливалась в зависимости от условий проходки через 0,5—1,5 м с помощью специального приспособления.

Для бетонирования обделки применяется механизированная опалубка ИО-18Б с двуруким эректором. Использование для монтажа секций опалубки крана «Като» позволило укрупнить элементы и значительно сократить время монтажа.

Доставка бетона в тоннель производится автобетоносмесителями емкостью 3 м³ с завода, расположенного на стройплощадке между порталами. Укладка бетона ведется ПБУ-5А заходками по 7 м.

Суровые климатические условия строительства потребовали установки на порталах тоннеля калориферов, что обеспечило нормальную работу пневматических и гидравлических систем оборудования.

Внедрение передовых форм организации труда и современной горнопроходческой и транспортной техники позволило осуществить сбойку тоннеля на 4 месяца раньше срока, достигнув при этом темпа проходки 136 м/мес.

Пенополиуретаны в подземном строительстве

В докладе, который сделала ст. инженер отдела НИС Гидропроекта **Л. Сатина**, рассмотрены различные аспекты применения пенополиуретанов в подземном гидротехническом строительстве в условиях вечной мерзлоты.

Исследования, проведенные ВНИИССом (г. Владимир), показали, что пенополиуретаны — наиболее перспективный вид пенопластов, обладающих высокими эксплуатационными свойствами и технологичностью производства.

Возможность получения пенополиуретанов с широкой гаммой физико-механических свойств, отличные термоизоляционные качества; сочетание высокой прочности с малой массой; большая адгезия к породе, металлу, бетону, дереву; моментальный набор прочности и т. д.

Перечисленные свойства позволяют рекомендовать этот материал в качестве временной крепи, забутовки вывалов; гидроизоляции конструкций, а также герметизации и уплотнения стыков; предохранения пород от выветривания; инъекции в породу, а также для теплоизоляции, предотвра-

щающей оттаивание массива.

Отделом подземных сооружений разработан метод проходки тоннелей в слабых породах с применением пенополиуретана в качестве временной крепи.

Проведено экспериментальное напыление пенополиуретана в отводящем тоннеле Жинвали ГЭС. Отработаны технология напыления, сделан выбор оптимальной толщины защитного слоя, а также марки материала. Предполагается провести также опыт по применению пенополиуретана как теплоизоляции в машинном зале Колымской ГЭС.

Из опыта шахтостроителей

О скоростном проведении капитальных и подготовительных выработок в угольной промышленности рассказал ст. научный сотрудник ЦНИИподземмаша **Х. Абрамсон**:

— На действующих и строящихся шахтах угольной промышленности СССР проводится в год до 7000 км горных выработок, в том числе 500—600 км капитальных (околоствольные дворы и камеры, магистральные выработки главных направлений — квершлагги, полевые штреки). Сооружается около 15 км новых шахтных стволов и осуществляется углубка на действующих шахтах при реконструкции и вскрытии новых горизонтов.

Механизация горных работ в угольной промышленности характеризуется парком проходческих комбайнов, который достигает 1500 единиц, погрузочных машин (более 400) и бурильных установок (свыше 800). Уровень механизации при разработке и погрузке породы составляет в среднем

80%, а при сооружении вертикальных стволов приближается к 100%.

Технология горнопроходческих работ в угольной промышленности имеет два направления — комбайновый способ с механизацией разрушения горных пород и погрузки; буровзрывной — с механизацией шпурового бурения и транспортировки горной массы погрузочными машинами. Основным направлением является комбайновый способ.

На строящихся шахтах магистральные выработки главных направлений по своим габаритам приближаются к поперечным размерам перегонных тоннелей метрополитена. В дальнейшем размеры этих выработок будут возрастать. Исходя из данных условий, создаются новые типы проходческих машин, обеспечивающих комплексную механизацию основных процессов: комбайны «Союз-19» — для сплошного разрушения забоя, 5ПП — для проведения выработок диаметром 4,5; 5,2 и 5,6 м.

В последние годы на многих шахтах угольных бассейнов страны месячные скорости проведения горизонтальных выработок достигают 1000 м и более. Особенно высокие показатели были при использовании проходческих комбайнов. Однако и при буровзрывном способе проходки отдельные бригады добились месячной скорости проведения горизонтальных выработок 500—700 м.

На сооружении вертикальных шахтных стволов в Донбассе установлен мировой рекорд — при буровзрывном способе пройден 401 м за месяц. Кроме того, при использовании стволопроходческого комбайна ПД производительность труда по забойной группе составила

более 12 м³ готового ствола на 1 чел.-день затрат (что в 5 раз выше средних показателей).

Организация скоростного проведения горных выработок и сооружения шахтных стволов в угольной промышленности базируется на технологических схемах, разработанных институтом горного дела им. А. А. Скочинского с участием отраслевых бассейновых институтов. В основу схем положены комплексные исследования, позволившие найти оптимальные технические решения для большого многообразия горных выработок и геологических условий различных угольных районов страны. Такие же схемы действуют и в системе шахтного строительства.

Механизированное проведение выработок

— В угольной промышленности для проведения выработок больших поперечных сечений создаются новые механизированные проходческие комплексы оборудования: «Союз-19», 5ПП, 4ПП-5 и КНВ-1, — сообщил зав. отделом ЦНИИподземмаша **С. Маршак**. Комплексы бурового типа «Союз-19» и 5ПП обеспечивают механизированное проведение выработок круглого или арочного сечения ограниченного числа типоразмеров. Более универсальными при возведении выработок различных форм и сечений являются комбайны со стреловидным рабочим органом.

Проходческий комбайн типа 4ПП-5 с рабочим органом в виде резцовой коронки, вращающейся на подвижной стреле, создается институтом ЦНИИподземмаш совместно с Ясиноватским заводом. Два

опытных комбайна типа 4ПП-5 будет изготовлено в 1978 г. Для проведения выработок большого сечения буровзрывным способом разработан комплекс оборудования КГВ-1.

Ленточный перегружатель комплекса обеспечивает одновременную загрузку горной массы в состав из 9—10 вагонеток типа УВГ-3,3. Крепеустановщик механизированное возведение металлической арочной крепи и выполняет погрузочно-разгрузочные работы в зоне размещения комплекса. Он перемещается по монорельсу вдоль выработки.

Комплексом могут быть достигнуты темпы 150—200 м в месяц при производительности труда 6—7 м³/чел.-смен.

Предохранительная передвижная крепь

Вопросы сооружения гидротехнических тоннелей в неустойчивых породах с применением предохранительной крепи осветил старший научный сотрудник НИС Гидропроекта. **В. Петренко.**

Для совершенствования технологии сооружения тоннелей буровзрывным и комбайновым способами докладчик вносит предложение применить предохранительную передвижную крепь, состоящую из шагающей и раздвижной. Последняя с одной стороны подсоединяется к хвостовой части шагающей крепи, а с другой — к бетонной опалубке.

Шагающая крепь выполняется из секций металлических рам, соответствующих форме сечения тоннеля. Рамы закреплены на направляющих, которые распорными гидродомкратами соединены с опорными лыжами. На верхних частях рам для восприятия горного давления и в целях безопасности закреплены поддерживающие элементы. На крепи установлены гидродомкраты распора и шагания, которыми воспринимается горное давление и осуществляется передвижение.

Раздвижная крепь — это отдельные металлические рамы, соединенные между собой тяжами, позволяющими рамам раздвигаться и сдвигаться вдоль оси выработки. В нижней части рам закреплены винтовые домкраты. Они создают распор на горную выработку.

Организация работ с предохранительной передвижной крепью производится так. Шагающая крепь передвигается к груди забоя. После его обуривания машины отво-

дят к хвостовой части крепи. Передняя ее часть предохраняется от взрыва съемным отбойным брусом, размещенным по контуру первой металлической рамы. Взрывание шпуров производится малыми зарядами (они исключают повреждение крепи и погрузочной машины). После проветривания забоя погрузочной машиной убирают отбитую горную массу. Через перегружатель она направляется в транспортные средства, расположенные в закрепленном участке.

Параллельно с уборкой породы ведется возведение обделки тоннеля. Бетонная опалубка лебедкой подтягивается к шагающей крепи. За опалубку подают бетонный раствор, и производится его выстойка. По мере уборки породы шагающая крепь подвигается за забоем и отходит от опалубки. В это время включается в работу раздвижная крепь. Соединенная с опалубкой первая ее рама остается на месте и распирается винтовыми домкратами, а остальные рамы двигаются вместе с шагающей крепью. При дальнейшем передвижении раздвигаются следующие рамы, и так до полной раздвижки всех остальных. Бетон в опалубке набирает прочность, производится отрыв опалубки, снимается распор с рам раздвижной крепи, и опалубка подтягивается лебедкой, при этом рамы сдвигаются. Далее цикл повторяется.

Предохранительная передвижная крепь может применяться и в комплексе с проходческими комбайнами избирательного действия, например, типа ТК-1с. Технология аналогична буровзрывному спо-

субу, только вместо буровзрывных выполняются операции по разработке забоя комбайном.

Сравнительный технико-экономический анализ показывает, что при сооружении тоннелей с предо-

хранительной передвижной крепью вместо обычной технологии сроки сокращаются в 1,4—1,6 раза, трудоемкость работ снижается в 1,2—1,5 раза, а стоимость уменьшается на 15—20%.

Бескопровым методом

Совершенствованию подземных работ в гидротехническом строительстве посвятил свое выступление главный технолог Гидроспецстроя **Г. Колкунцов.**

— Наше объединение, — сказал он, — ведет строительство гидротехнических тоннелей в Средней Азии и Восточной Сибири в условиях сравнительно крепких, но трещиноватых и выветривающихся скальных пород.

Интересные результаты достигнуты на проходке сводовой части монтажных камер подземного комплекса Нурекской ГЭС пролетом 20—26 м (сечение забоя 181—202 м²). После взрыва и оборки кровли производилось торкретирование обнаженной поверхности на величину заходки до лба забоя. В то время, как набрызг-бетон набирал прочность, экскаватором К1-250 отгружалась из забоя порода, выполнялись окончательная его оборка и зачистка. Обуривание производилось установками СБУ-4 на глубину 5 м. К моменту взрыва слой набрызг-бетона толщиной 5 см набирал прочность и обладал достаточной несущей способностью, предохраняя, кроме того, породу от выветривания.

При сооружении ствола шахты-стакана корпуса крупного дробления диаметром 28 м (объем скальной выломки 152000 м³) внедрен оригинальный способ совмещения операций с применением винто-

вого забоя и организацией по оси ствола защитного целика. Экономический эффект от внедрения составил 152,7 тыс. руб., продолжительность строительства сокращена в 2 раза по сравнению с нормативной. Выработка на одного рабочего составила 10 м³/смену.

На строительстве Нурекской и Чарвакской ГЭС успешно применялся бескопровой способ проходки вертикальных стволов. При этом породу транспортировали сверху вниз через предварительно пройденную при помощи проходческого полка КПВ-1а восстающую выработку, по которой также осуществлялся водоотлив и вентиляция. Стоимость разработки породы в 1,8 раза ниже, чем обычным способом с поверхностным комплексом. Выработка на одного рабочего достигла 5,8 м³/смену.

Бескопровой метод нашел применение на строительстве наклонных участков турбинных водоводов Нурекской ГЭС (угол наклона 49°, длина водовода 230 м).

При этом достигнуты следующие показатели: проходка фурнели по подошве водовода с использованием КПН-1 м — 100 м/мес.; монтаж и бетонирование направляющих — 150—200 м/мес.; расширение водовода с использованием бурильной установки на базе модернизированной СБУ-2м — 80—100 м/мес.; монтаж металлической облицовки

— 200 м/мес.; бетонированные гравитационным методом затрубного пространства литым бетоном с добавками кремнегеля интенсивностью 400—600 м³/сутки.

Там же с помощью проходческого полка КРН-1м за 3 заходки пройдены наклонная подземная цементационная выработка большого сечения в крепких скальных породах (снизу вверх). Средняя скорость строительства со-

ставила 35 пог. м в месяц.

Объем подземных работ в гидротехническом строительстве непрерывно растет. В последнее время начато строительство Зеленчукской, Кольмской, Зарамагской, Курпсайской, Ирганайской, Рогунской ГЭС. Только на Рогунской ГЭС общая протяженность тоннелей составит 62 км. Подземные деривации по некоторым гидроузлам имеют длину от 8 до 14 км.

тоннелей в разнообразных породах, в том числе и в глинистых. В песчаных породах достигнута эксплуатационная скорость 250 м/мес. (5,25 м/смену, 13,5 м/сутки).

Ведется разработка унифицированных щитовых комплексов для серийного производства на Ясиноватском машиностроительном заводе. В зависимости от горногеологических условий щит может оснащаться исполнительными органами: бесприводными комбинированными площадками для разработки забоя в сыпучих и неустойчивых породах или стреловидным исполнительным органом с рез-

цовой коронкой для разработки пород крепостью до 6.

Исполнительный орган заимствован из серийно выпускаемых комбайнов ПК-9 или 4ПП-2.

В настоящее время на экспериментальном заводе института завершено изготовление двух образцов комплекса КЩ-5,2Б. Его исполнительный орган выполнен в двух вариантах — стреловой от комбайна 4ПП-2 и комбинированные площадки.

Этот комплекс создан для строительства магистральных штреков на шахтах Подмосковского бассейна, а также различных тоннелей диаметром 4,7 м.

Комплексы для проходки коллекторов

Обзор их сделал зав. отделом ЦНИИподземмаш Ю. Гапанович:

В последние годы создан ряд механизированных проходческих щитовых комплексов КЩ диаметром 2,1; 2,6; 3,2; 4 и 5,2 м. Прошли промышленные испытания и рекомендованы для серийного изготовления комплексы КЩ-2,1Б, КЩ-2,6Б. При применении КЩ-2,1Б в песчаных и неналипающих породах достигнуты максимальные скорости проходки: 1974 г. — Ясиново — 23,1 м/сутки; 1975 г. — Пехотная — 24,1; 1976 г. — пос. Жуковка — 31,5 м/сутки.

КЩ-2,1К предназначен для строительства тоннелей из готовых железобетонных колец способом проталкивания. КЩ-2,1М — для возведения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной крепью. При возведении обделки применяется скользящая опалубка. Бетонная смесь прессуется реактивным усилием щитовых домкратов. КЩ-2,6БП отличается от комплекса КЩ-2,6Б исполнительным и погружным органами. Первый выполнен в виде комбинированных бесприводных

площадок, а второй — в виде шнекового погрузчика. При благоприятных горногеологических условиях скорости сооружения тоннеля этими комплексами достигали 6,3 м/смену.

Два опытных механизированных щитовых комплекса КЩ-3,2Б прошли испытания в Горьком и Львове. Щит оснащен стреловым исполнительным органом с режущей коронкой. Порода грузится на конвейер парными нагребными лапами. Блокуладчик кольцевой. За щитом перемещается технологическая платформа с транспортным и другим оборудованием. В Горьком при строительстве коллекторного тоннеля в плотных глинах естественной влажности получена устойчивая скорость 150—200 м/мес., максимальная 4,5 м/смену и 12 м/сутки. Во Львове на сооружении тоннеля в крепких мергелях темпы проходки составили: месячная — 125—130 м, сменная — 5 м.

Проходческий щитовой комплекс КЩ-4БП изготовлен с исполнительным органом в виде бесприводных комбинированных площадок. Четырьмя комплексами КЩ-4Б построен ряд

Затраты меньше

Выбор технологических схем скоростной проходки коллекторных тоннелей обосновал начальник лаборатории Московского горного института В. Курнов. По мнению докладчика, проходческий цикл будет оптимальным только при совмещении разработки забоя с погрузкой породы, а операции по ее удалению, доставке порожняка и сборной крепи осуществляются во время передвижки щита и монтажа кольца крепи.

Анализ затрат по скоростным проходкам коллекторных тоннелей, а также 40 технологических схем, разработанных в лабора-

тории МГИ в содружестве с трестами «Мосоргинстрой», ГПР-1 и ГПР-2, показал, что механизированные щиты рационально применять только на протяженных трассах, превышающих 400 м. В таких условиях затраты на сооружение коллекторных тоннелей будут меньше, чем при использовании немеханизированных щитов. Рациональная область применения механизированных щитов Д-2-2,6 м определяется тоннелями протяженностью от 400 м и выше. Очевидно, эта же тенденция наблюдается и для щитов больших диаметров.

Под сжатым воздухом

— Предусмотренное генеральным планом развития Харькова строительство Ивановского канализационного тоннеля, — сказал собравшимся гл. инженер СУ Союзшахтоспецстроя И. Молодцов, — предназначено для приема стоков от строящегося

Алексеевского жилого массива. Длина трассы 1440 м, диаметр в проходке 2,56 м, в свету 1,84 м.

Коллектор проходит под застроенной территорией в тугопластичных, обводненных глинах. В кровле залегают мелкозернистые обводненные пески. Слой воды достигает 7—9 м.

Тоннель сооружается методом щитовой проходки под сжатым воздухом. Давление в рабочей зоне 0,9—1 ати. Крепление выработки — железобетонные блоки в 200 мм с последующим возведением внутренней гидроизоляции

онной железобетонной рубашки толщиной 140 мм. Для транспортировки грунта и материалов пройден вертикальный ствол прямоугольного сечения 3,6×4,5 м и околоствольная камера для разминовки подвижного состава се-

чением 3,6×2,8 м в свету. В 50 м от забоя смонтировали три кессонных перемычки.

Транспортировка породы и материалов осуществлялась по рельсовому пути (колея 600 мм) электровозами АК-24. Породу

разрабатывали отбойными молотками и по транспортеру подавали в шахтные вагонетки УВГ-1,3.

В декабре 1976 г. бригада проходчиков И. Лаевского из 23 человек за 27 рабочих дней прошла 172,6 пог. м тоннеля.

Из рекомендаций семинара:

- Создать механизированные комплексы со щитами экскаваторного типа для скоростной проходки тоннелей в смешанных грунтах.

- Продолжить разработку типовых технологических схем сооружения горных транспортных тоннелей, особенно для участков с резко изменяющейся геологией.

- Обеспечить эффективные средства для проходки тоннелей в грунтах слабой устойчивости.

- Техническую задачу механизированной разработки забоя с креплением его как в однородных, так и в смешанных породах решать на опыте создания щитов расширенного диапазона действия.

- Начать работы по созданию и испытанию стреловых рабочих органов с комбинированной фрезерно-экскаваторной головкой.

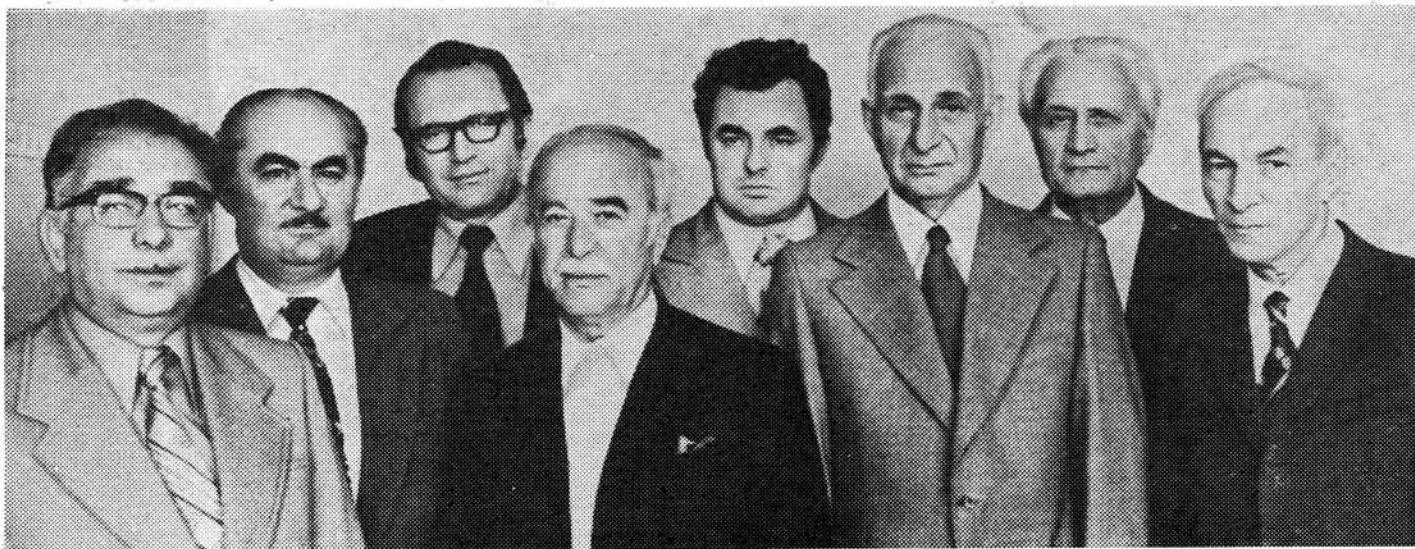
- Расширить исследования гидравлических, термических и других методов разработки горных пород.

- Ускорить работы по автоматизации процессов проходки тоннелей метрополитенов, направленные на значительное ускорение и удешевление строительства механизированными комплексами.

- Обеспечить повсеместное внедрение современных средств подземного транспорта.

- Реализовать программы проведения скоростных проходок на строительстве метрополитенов и транспортных тоннелей в 1978—1980 гг.

Лауреаты Государственной премии СССР



За создание впервые в СССР уникального комплекса Новоафонской пещеры Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР, рассмотрев представление Комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР в области науки и техники при Совете Министров СССР, постановили присудить Государственные премии СССР 1977 г. (на снимке слева направо): **Джакели** Гайозу Акакиевичу, начальнику отряда; **Циминтия** Гиви Кирилловичу, канди-

дату технических наук, начальнику строительно-монтажного поезда № 213 Тбилисского управления тоннельного строительства; **Тинтилозову** Зурабу Константиновичу, доктору географических наук, заведующему лабораторией Института географии имени Вахушти Академии наук Грузинской ССР; **Мамулия** Ермолаю Ивановичу, маркшейдеру участка; **Воуба** Валерию Сократовичу, директору комплекса Новоафонской пещеры; **Гоциридзе** Виктору Давыдовичу, на-

чальнику Тбилисского управления тоннельного строительства, руководителю работ; **Кипиани** Шалве Якинтьевичу, кандидату географических наук, старшему научному сотруднику Института географии имени Вахушти Академии наук Грузинской ССР; **Рижинашвили** Рафаэлю Самсоновичу, бывшему главному инженеру проекта государственного проектного института «Грузгипрогорстрой».

Грунтоблочный способ проходки

В. ПИКУЛЬ, канд. техн. наук

Современные методы исследований процессов сооружения тоннелей основаны на рассмотрении грунтового массива как строительного материала — поглотителя энергии, которую необходимо затратить для устройства подземного отверстия. При установленной на агрегате мощности проходка тем эффективнее, чем меньше ее затрачивается на единицу образуемого объема выработки, т. е. когда имеются максимальные показатели при минимальных затратах усилий и средств. Такая оптимизация достигается совершенствованием методов разрушения горных пород, например, переходом от измельчения к крупному сколу. Известны предложения, в которых для уменьшения энергоемкости процесса значительная часть массива вообще не подвергается переработке и удаляется из него в виде ненарушенных грунтоблоков. В ряде стран проводятся исследования различных методов щелеобразования в породе (механические, термические, гидравлические и др.). Максимальное сокращение расхода энергии на единицу объема выработки может быть достигнуто при уменьшении числа удаляемых из забоя грунтоблоков и увеличении их до размеров целикового ядра, которое получается в результате образования контурной щели с последующим отделением керна от коренного массива.

В применении к тоннелестроению эта идея, впервые оформленная в СССР (ав-

торские свидетельства № 56924, № 57211) содержит потенциальные источники значительного ускорения строительства. Однако существует необходимость изменения привычных технологических процессов и устранения некоторых недостатков.

В качестве одного из примеров можно указать на тоннелепроходческий агрегат с механическим выбуриванием центрального керна (патенты США № 3325217 и № 3433532) шарошечным инструментом (рис. 1). Для уравнивания реактивного момента шарошки могут вращаться по двум concentрическим кольцевым траекториям во взаимно противоположных направлениях. Грунтовый керн 1 поступает в цилиндрическую оболочку 3, где отделяется от коренного массива под воздействием собственного веса или силового гидроцилиндра 2. Отделившиеся цилиндрические грунтоблоки поступают на транспортирующее устройство 4, которым удаляются из тоннеля.

Основными трудностями здесь являются деление ядра на транспортабельные отрезки, загромождение при транспортировке почти всего тоннельного отверстия, что не позволяет разместить в нем необходимое оборудование (включая привод агрегата). Периодическое удаление оборудования, вследствие невозможности организовать встречное движение, по мере роста длины тоннеля увеличивает

продолжительность составляющих цикла. Открытые торцы кернов могут обрушаться, загрязняя тоннель.

Несмотря на это, по сравнению с обычной проходкой (с измельчением всего забоя) может быть достигнут определенный эффект. Если при обычном способе требуется раздробить породу по всему забоя в объеме V_1 , то при выемке центрального грунтоблока измельчается только часть объема V_2 , а остальная $V_1 - V_2$ удаляется целиком.

Пусть при однородном забое и механизированном способе проходки на разрушение 1 м^3 требуется «А» кгс·м работы. В случае измельчения всего забоя на заходку $l=1 \text{ м}$ потребуется $A_1 = aV_1$ кгс·м работы, а при выемке керна $A_2 = aV_2$ кгс·м.

Если в обоих случаях буровые агрегаты будут иметь приводные двигатели одинаковой мощности N л. с., то время, затрачиваемое соответственно, на проходку l пог. м, составит:

$$t_1 = \frac{A_1}{N} \text{ и } t_2 = \frac{A_2}{N} \text{ тогда } \frac{A_1}{t_1} = \frac{A_2}{t_2} \text{ или } \frac{t_2}{t_1} = \frac{V_2}{V_1}.$$

Отсюда время, потребное для сооружения l пог. м выработки без измельчения всего забоя при двигателе той же мощности (какая потребовалась бы для проходки l пог. м одинаковой по сечению выработки с измельчением всего забоя), составит

$$t_2 = \frac{V_2}{V_1} t_1,$$

или при круговой форме выработки диаметром D и диаметре керна d :

$$t_2 = \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right] t_1.$$

Например, при $D=5,5 \text{ м}$ и $d=4,7 \text{ м}$, $t_2 \approx 0,3t_1$, т. е. ускорение проходки более, чем в 3 раза.

Чтобы возможность такого ускорения стала реальной, необходимо устранить или ослабить перечисленные выше недостатки и расширить область применения грунтоблочного способа на менее прочные и устойчивые породы.

Такое решение, позволяющее использовать преимущества нового способа с

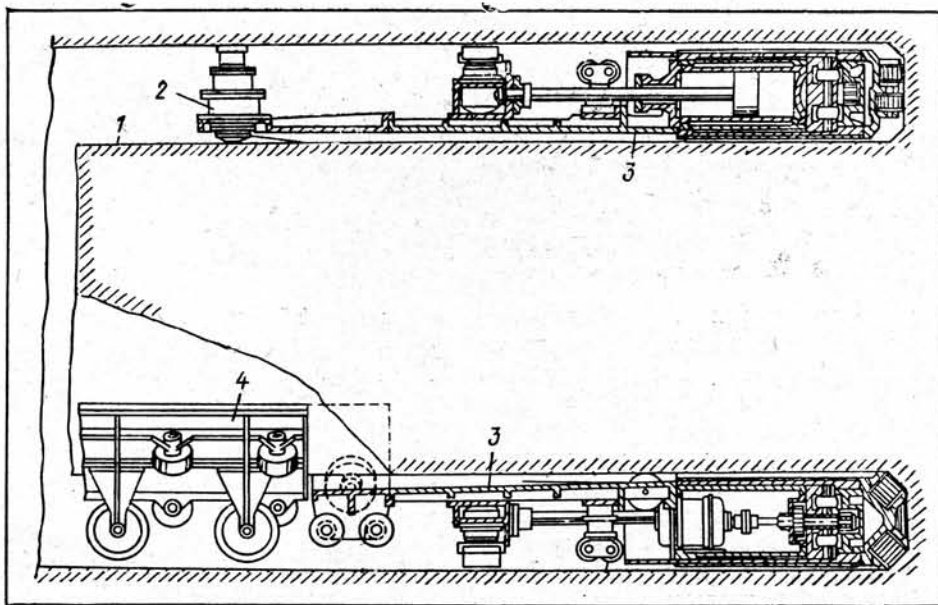


Рис. 1

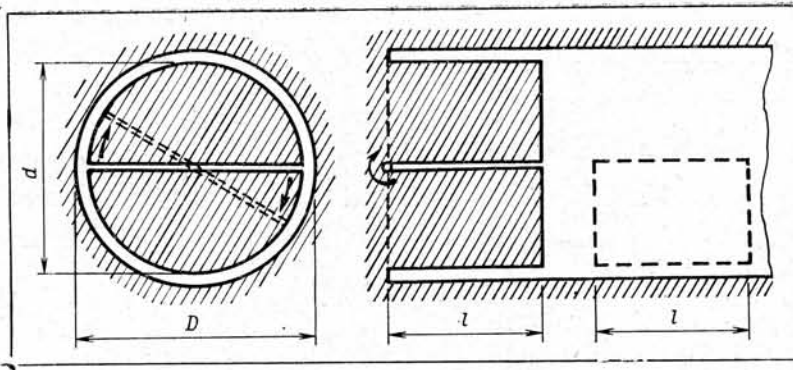


Рис. 2

чenni. Диаметрную щель можно вырезать не только при горизонтальном, но и при любом наклонном положении бара. Это позволяет выбрать наиболее приемлемое направление резания, избегая заклинивания в трещинах или наталкивания бара на включения (валуны), которые без помех для проходки попадают в контейнеры. После того, как при продвижении машины на забой образуются кольцевая и диаметрральная прорезы на заходку l , бар поворачивается в плоскости забоя и отрезает полуцилиндрические грунтблоки.

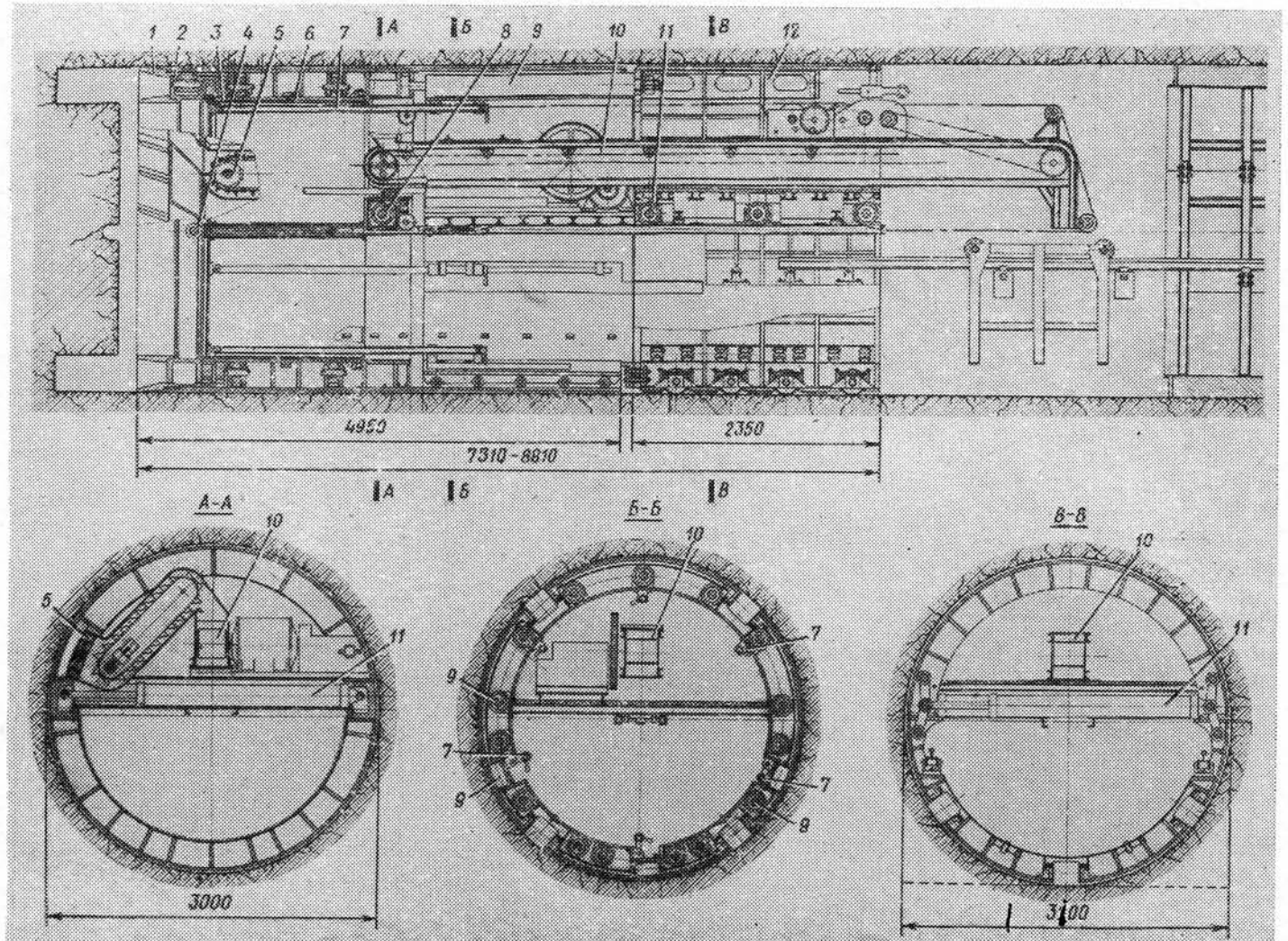
возможностью организации встречного движения в тоннеле без загромождения сечения грунтблоками с простым и правильным отделением их от горного массива в забое и ограждением торцовых плоскостей породы от обрушения, основано на членении керна на две части (или более) и перевозке их в специальных закрывающихся ящиках-контейнерах.

В забое тоннеля кругового очертания наиболее целесообразно прорезать кольцевую (например, соответствующей фрезой) и диаметрральную (вращающимся штанговым баром с зубками и шнековой нарезкой) щели, образующие полуцилиндрические блоки (рис. 2). Помимо вращения вокруг собственной оси, как показано стрелкой на продольном разрезе, бар поворачивается в плоскости, перпендикулярной направлению проходки, как изображено на поперечном се-

На этом принципе в СССР разработаны конструкции тоннелепроходческих машин типа щитов (авт. свид. № 84044) и горнопроходческих комбайнов (авт. свид. № 89915). Приводим краткое описание конструкции такой тоннелепроходческой машины для выработки диаметром 3 м (рис. 3).

Конструкция машины состоит из трех основных частей: передней, напоминающей собой механизированный проходческий щит; средней, заключающей в себе насос высокого давления и домкраты

Рис. 3



продольной подачи щита, в хвостовой части, представляющей собой распорную тележку.

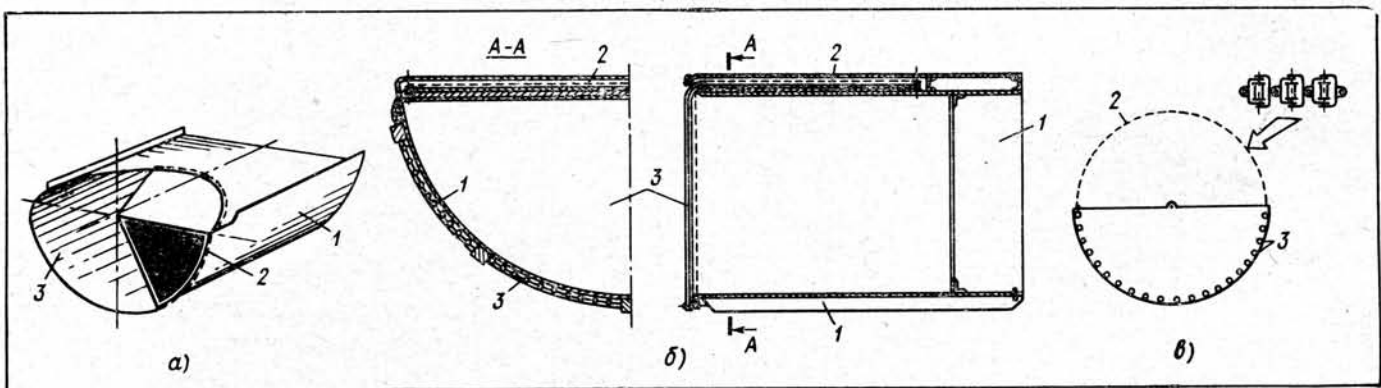
Все механизмы и необходимые для работы машины устройства размещены в верхней ее части, нижняя же имеет свободное сквозное отверстие для возможности удаления от забоя полукруглых массивных кусков породы.

В головной части проходческий щит I (без перегородок и без щитовых домкратов) снабжен кольцевой фрезой 2 для образования в забое кольцевого впадины и диаметрально расположенным баром 4 (по типу штанг, применяемых на врубных машинах) для диаметрального впадины и отделения полукруглых массивных кусков породы от коренного массива. Вместо вращающейся фрезы по периметру кольца могут быть расположены отдельные высокопроизводительные буры. Измельченная порода удаляется за пределы машины при помощи транспортеров 5, 10.

Внутри щита имеется цилиндр 3 с диаметральной перегородкой, образующей отделения для специальных ящиков-контейнеров, в которых транспортируются массивные куски породы. Так как цилиндр вращается внутри щита, то после удаления из нижнего отделения нижнего ящика с куском грунта и поворота на 180° можно удалить и верхний ящик 6.

Отгрузочные ящики со стороны забоя не имеют стенки, и грунт свободно входит в них по мере надвигания щита на забой. После того, как щит продвигается на полный ход домкратов продольной подачи 9 и ящики заполняются полукруглыми кусками породы, бар поворачивается в плоскости параллельной забоя, и отделяет грунтоблоки от коренного массива. Одновременно ящики автоматически закрываются гибкими диафрагмами, удаляются и на их место устанавливаются порожние. Щит вновь готов к следующей передвигке вперед. Для приведения в действие фрезы, бара,

Рис. 4



транспортеров и вращения цилиндра, в задней верхней части щита помещен электродвигатель.

Распорная тележка 12 состоит из двух полукруглых оболочек — верхней и нижней, усиленных ребрами жесткости. Первая может приподниматься и опускаться над второй при помощи распорных домкратов 11.

В слабых породах необходимо обеспечить постоянное крепление забоя по вертикальной плоскости. Для этого отгрузочные ящики снабжены не стационарным, а подвижным дном полукруглого очертания. Перед началом проходческого цикла, когда плоскость забоя совпадает с кромками вставленных в щит отгрузочных ящиков, подвижное дно в каждом выдвигают так, чтобы оно примыкало к забоям и поддерживало его. Днищам придается устойчивое положение при помощи упорных стержней 7. Отгрузочный ящик (рис. 4) состоит из открытой по концам полукруглой оболочки 1 из стального листа с пустотелой двойной плоской стенкой, с нижней плоскостью которой соединен направляющий полукруг. Между ним и верхней плоскостью стенки остается зазор для размещения полукруглой гибкой диафрагмы 3. Так как последняя должна обладать и большой прочностью, она выполняется из тонкого стального листа, брезента, пропитанного стальными спицами или струнами или иного материала с требуемыми свойствами. По круговой части периметра диафрагмы расположены направляющие устройства (например, ролики), переходящие затем, в дополнение к полной окружности, в направляющую цепь 2, способную изгибаться в двух плоскостях.

Аналогично перекрывается и забой.

Бесперебойная организация движения по тоннелю осуществляется следующим образом (рис. 5): в исходном положении (фаза I) контейнеры «а» и «б» вставлены в поворотный барабан щита. В контейнер «в» поступает измельченная по-

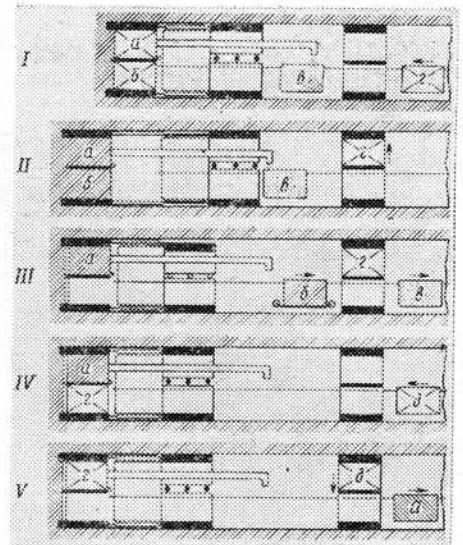


Рис. 5

рода из разрабатываемых кольцевой и диаметральной щелей. К машине подается порожняковый контейнер «г». В тоннеле предусмотрено поворотное разминочное устройство, аналогичное барабану с горизонтальной перегородкой в щите. При необходимости пропуска груженого контейнера «в» путь освобождается подъемом встречного контейнера «г» (фаза II). Щит продвигается вперед средней группой домкратов, отталкиваемых от распорной тележки в выработке хвостовой тележки; при этом в контейнеры «а» и «б» поступают полукруглые грунтоблоки. После удаления «б» и подтягивания снявшей распорную тележку (фаза III), щит загружается порожним контейнером «г» (фаза IV). При повороте барабана нижняя его половина освобождается от груженого контейнера «а» и заполняется порожним «д» (фаза V). Проходческий цикл возобновляется. Проводимые в ряде стран работы по исследованию и совершенствованию грунтоблочного способа проходки подземных выработок свидетельствуют о перспективности этого нового направления в тоннелестроении.

Сборные железобетонные обделки в сыпучих обводненных грунтах

К. ТРОИЦКИЙ, канд. техн. наук; В. МАЗИЧКИН, инженер

Обследования, выполненные лабораторией надежности и долговечности тоннельных сооружений метрополитенов ЦНИИСа совместно со службой тоннельных сооружений Московского метрополитена, показали, что на ряде линий мелкого заложения практически сразу после ввода их в эксплуатацию начинаются расстройки унифицированной обделки из железобетонных блоков.

Так, спустя 2 года после ввода в действие одного из таких участков на отрезке около 10 пог. м в тоннель вместе с водой начал поступать песок. Вначале объем выносов песка за сутки измерялся кубическими сантиметрами. Но примерно через полгода количество песка стало быстро нарастать, и в течение месяца объем выноса уже составил несколько кубометров. Максимальная величина просадки тоннеля здесь достигла 8 мм. В путевом бетоне образовались продольные трещины (в углах водоотводного лотка, по концам шпал и в местах примыкания к обделке, а также в заполнении чеканочных канавок). Подобное развитие нарушений затем последовало еще на четырех участках со сборной железобетонной обделкой общей протяженностью около 200 пог. м. В настоящее время Служба тоннельных сооружений ведет наблюдение примерно за километром участков, на которых постоянно или периодически появляются следы выносов породы. Они происходят и на участках с обделкой из чугунных тюбингов, имеющей вставку в виде лоткового железобетонного блока с металлоизоляцией. Эти блоки не имеют связей между собой и обеспечить надежные связи с чугунными тюбингами также пока не удалось.

Сборная железобетонная обделка не имеет связей растяжения между отдельными элементами и способна нести нагрузку, не изменяя при этом геометрической формы, только при определенном взаимодействии с окружающей средой. Если в грунте, примыкающем непосредственно к конструкции, создается значительная пустота или разуплотнение, в обделке могут произойти смещения блоков. В результате они примут положение,

обеспечивающее конструкции устойчивость применительно к новым условиям внешней среды. Изменение геометрической формы после снижения или полного снятия нагрузки на каком-либо участке унифицированной обделки обычно сопровождается уменьшением вертикального и увеличением горизонтального диаметра (отрицательная эллиптичность). Вследствие развития отрицательной эллиптичности, существенно уменьшается несущая способность обделки*.

В результате выноса породы происходит также просадка всего тоннеля. Появляется необходимость подъема пути. Последняя в сочетании с развитием отрицательной эллиптичности конструкции приводит к быстрому исчезновению зазора между габаритом подвижного состава и внутренней поверхностью обделки.

Даже при небольших пустотах и разуплотнении водонасыщенного грунта в основании блочная железобетонная обделка весьма чувствительна к динамическим нагрузкам, которые оказывает на нее проходящий подвижной состав. Конструкция, не имеющая жестких связей, способна работать в податливой среде как своеобразный насос. Под влиянием вертикальных и горизонтальных сил, вызываемых движущимися поездами, элементы обделки могут смещаться, а основание испытывать деформации сжатия. В результате смещения между элементами образуются щели, через которые внутрь тоннеля под давлением поступает вода.

Иногда вместе с водой поступают и частицы грунта. Вынос породы (суффозия) приводит к ее разуплотнению или образованию пустот за обделкой. Как правило, суффозия начинает проявляться в лотковой части тоннеля, в зоне, где динамическое воздействие подвижного состава на подземную конструкцию наиболее интенсивно. (Ограничение скорости движения поездов на одном из аварий-

ных участков метрополитена с 70 до 15 км/час. привело к сокращению объема породы, проникающей внутрь тоннеля, в десять раз).

При большом объеме выноса породы в ней могут образоваться пустоты, которые вызывают увеличение амплитуды смещений элементов обделки.

Особенно быстро эти явления развиваются в тех случаях, когда основанием тоннеля служит сыпучий несвязанный аллювиальный грунт, а уровень подземных вод выше уровня лоткового блока.

Когда под лотковым блоком образуется пустота значительных размеров, начинается просадка тоннеля. Нередко наблюдается заполнение пустот под лотковым блоком вышележащей породы. Иногда этот процесс протекает скачкообразно и приводит к образованию пустот на другом участке контакта обделки с породой. Время и характер перемещения породы не поддаются прогнозированию. Необходимо предпринять все возможное, чтобы предотвратить неуправляемые процессы и ограничить развитие деформаций обделки.

Чтобы устранить относительные смещения элементов конструкции, проводится пикотаж трещин в путевом бетоне и нагнетание за обделку цементных тампонажных растворов. В большинстве случаев этих мероприятий оказывается недостаточно. Иногда положение стабилизируется на несколько месяцев, но затем все как бы начинается заново. Объясняется это, в первую очередь, низкой ремонтопригодностью зоны расстройки обделки. Стык, через который просачивается вода с грунтом, находится под путевым бетоном. В районе выноса обычно наблюдается отрыв бетона от несущей конструкции. В образовавшемся зазоре вода с грунтом перемещается на большое расстояние. Нагнетание зачастую производят не там, где проникает вода с грунтом через обделку, а в месте выхода их из путевого бетона. Следует обратить внимание, что при неудачной технологии нагнетания раствор поступает в зазор и вызывает дальнейшее уве-

* К. Троицкий, Р. Евстигнеев, А. Лапшин. «Оценка влияния дефектов сооружения на несущую способность сборной железобетонной обделки». «Метрострой» № 6, 1976.

личение зоны отрыва. Когда смещения блоков принимают угрожающие размеры, проводится комплекс мероприятий по укреплению обделки и заобделочного пространства: установка металлических поддерживающих арок, водопонижение и химическое закрепление вмещающих пород и др. Стоимость их выполнения в непродолжительные ночные «окна» в несколько раз превышает стоимость сооружения нового тоннеля.

Очевидно, что выносы представляют серьезную опасность, поэтому предотвращение и борьба с ними должны проводиться на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации.

Методы предупреждения проникновения породы внутрь тоннеля могут быть различными:

- закрепление вмещающего грунта;
- водопонижение;
- изменение режима прохождения поездов (снижение скорости движения уменьшает динамические нагрузки);
- совершенствование конструкции верхнего строения пути;
- изменение конструкции обделки — устройство жестких связей между блоками и т. п.

Водопонижение и снижение скорости движения поездов для прекращения выносов в эксплуатируемых сооружениях метрополитенов, если и применяются, то только на период проведения капитального ремонта.

Химическое закрепление грунтов в основании тоннеля для ремонтных целей из-за высокой стоимости вряд ли может быть рекомендовано для повсеместного применения в строительстве.

Пока отсутствуют проверенные, практикой эффективные и надежные технические решения по предотвращению и устранению суффозии, **следует отказаться от применения сборных железобетонных обделок в несвязанных аллювиальных грунтах**, когда уровень подземных вод выше уровня лоткового блока, а также в устойчивых породах при наличии напорных вод.

Для создания водонепроницаемой железобетонной обделки необходимо разработать принципиально новую конструкцию, исключающую возможность относительного смещения блоков от воздействия поездов в упругой среде (какой являются сыпучие обводненные грунты).

Прочностные и деформативные свойства бетона с добавками водорастворимых смол

П. ВАСЮКОВ, начальник Московского Метростроя;
А. ФЕДОРОВ, В. ШИШКАНОВ, научные сотрудники МИИТа

Повышение долговечности бетона железобетонных сооружений является одной из основных проблем транспортного строительства, от успешного решения которой во многом зависит эффективность капитальных вложений, предусмотренных народнохозяйственным планом. Долговечность транспортных бетонных и железобетонных изделий и конструкций в значительной степени определяется их трещиностойкостью. Появление и развитие трещин в бетоне приводит к снижению его прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, способствует коррозии арматуры, уменьшает срок службы конструкций.

Одной из существенных причин, определяющих пониженную трещиностойкость и долговечность ряда конструкций метрополитена (железобетонные блоки унифицированной обделки перегонных тоннелей, находящиеся вблизи примыкания к вентиляционным шахтам; порталные участки тоннелей; железобетонные ступени лестничных маршей наземных вестибюлей; железобетонные шпалы на открытых участках пути и др.) является влияние изменения относительной влажности окружающего воздуха или периодическое их увлажнение. Многократно возникающие при этом напряжения в поверхностном слое бетона от не проявившейся капиллярной усадки, вызванной действием капиллярных сил, аналогичны напряженному состоянию при периодическом воздействии механических сил и приводят к локальным разрушениям с образованием и раскрытием поверхностных трещин. Изменение температуры окружающего воздуха ускоряет этот процесс. Появление трещин в защитном слое бетона, вызывающее интенсивную коррозию стальной арматуры, является одной из причин преждевременного выхода ряда конструкций из строя при их эксплуатации в условиях переменной влажности окружающей среды.

Следует полагать, что одним из эффективных мероприятий, повышаю-

щих трещиностойкость и долговечность современных бетонов, эксплуатирующихся в условиях переменной относительной влажности воздуха, является введение в состав цемента или бетонной смеси при ее изготовлении поверхностно-активных веществ (ПАВ). Изучение этого вопроса представляется актуальной проблемой.

Создание трещиностойкого бетона связано, с одной стороны, с правильным определением основных причин, вызывающих напряжения и оценкой их величины, а с другой — с выявлением и регулированием тех свойств бетона, которые определяют несущую способность железобетонных конструкций. К таким свойствам бетона необходимо отнести его прочность и деформативность, которая в свою очередь, включает предельную растяжимость, модуль упругости и деформацию усадки.

Исследования влияния водорастворимых смол на прочностные и деформативные свойства тяжелых бетонов пока недостаточно, но имеется большое количество работ, посвященных изучению этих свойств в мелкозернистых бетонах.

В наших исследованиях был принят состав бетона, где соотношение между цементом, мелким (кварцевый песок) и крупным заполнителем (гранитный щебень) составило по массе: 1 : 1,44 : 2,43. Водоцементное отношение $V/C=0,42$, расход цемента — 455 кг/м³. Водорастворимые смолы № 89 и ДЭГ-1 вводили в воду затворения в количестве 2% от массы цемента, а затем в предварительно перемешанную смесь вяжущего и заполнителей в бетономешалку свободного падения.

Для оценки прочностных и деформативных свойств исследованных бетонов с добавками водорастворимых смол проведены испытания серии бетонных призм размером 7×7×28 см на сжатие в возрасте 28 и 120 суток. Продольные и поперечные деформации измерялись с помощью электрических датчиков сопротивления, на-

клеенных на двух противоположных сторонах призм.

Как известно, основной причиной разрушения бетонных призм под воздействием сжимающей нагрузки является возникновение и образование продольных трещин в призмах, обусловленные поперечными деформациями материала. В исследованиях принята единая методика испытаний бетонных образцов всех серий, отвечающая требованиям ГОСТа 10180-67.

Обработка опытных данных каждой серии призм сводилась к анализу относительных продольных и поперечных деформаций, а также отношения приращений их, вычисляемое по формуле:

$$\Delta\nu = \frac{\Delta\varepsilon_{\text{поп}}}{\Delta\varepsilon_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где $\Delta\nu$ — коэффициент поперечной деформации; $\Delta\varepsilon_{\text{поп}}$ — приращение поперечной деформации на данной ступени приращения нагрузки; $\Delta\varepsilon_{\text{пр}}$ — то же, продольной деформации.

В условиях непрерывного и сравнительно быстрого темпа роста напряжения в интервале от момента приложения нагрузки до значения ее, составляющего примерно 50% от разрушающей, когда ползучесть очень мала, продольные и поперечные относительные деформации можно считать только упругими. Поэтому отношения их приращений, вычисляемые по формуле (1), должны быть стабильными. Установлено, что коэффициент поперечной деформации $\Delta\nu$ в интервале изменения интенсивности напряжений от $\sigma/R_{\text{пр}}=0,15$ до $\sigma/R_{\text{пр}}=0,56$ практически не изменяется. При этом для бетона 28-суточного твердения без добавок ПАВ среднее значение величины $\Delta\nu_{\text{ср}}=0,23$, с добавкой смолы № 89 — $\Delta\nu_{\text{ср}}=0,24$ и с комплексной добавкой — $\Delta\nu_{\text{ср}}=0,27$. Как видно, коэффициент поперечной деформации, который в данном случае является коэффициентом Пуассона, увеличивается для бетонов с добавками ПАВ, в особенности при введении комплексной добавки.

Что касается величин коэффициентов поперечной деформации $\Delta\nu$ для образцов, испытанных в возрасте 120 суток, то в том же интервале изменения интенсивности напряжения численные их значения для каждого вида бетона также практически не изменяются и составляют: $\Delta\nu_{\text{ср}}=0,25$ — для бетона без добавки; $\Delta\nu_{\text{ср}}=0,19$ — для бетона с добавкой смолы № 89; $\Delta\nu_{\text{ср}}=0,22$ — для бетона с комплексной добавкой.

Сопоставляя коэффициенты поперечной деформации образцов, испытанных в разных возрастах (28 и 120 суток) видно, что с увеличением возраста бетона с добавками водорастворимых смол коэффициент Пуассона заметно уменьшается, тогда как для бетона без добавок наблюдается противоположная картина.

Отмеченные факторы отражаются как на нижней, так и на верхней границах показателей структурных характеристик испытанных образцов

$$R_{\text{T}}^0/R_{\text{пр}} \text{ и } R_{\text{T}}^y/R_{\text{пр}}.$$

В таблице приведены опытные и теоретические значения величин этих характеристик.

Последние хорошо согласуются. Отметим, что верхняя опытная граница $R_{\text{T}}^y/R_{\text{пр}}$ устанавливалась при значении коэффициента поперечной деформации $\Delta\nu=0,5$. Как известно, при коэффициенте поперечной деформации $\Delta\nu=0,5$ происходит интенсивный рост объема материала, обусловленный его разуплотнением вследствие развития макроразрушений в бетоне.

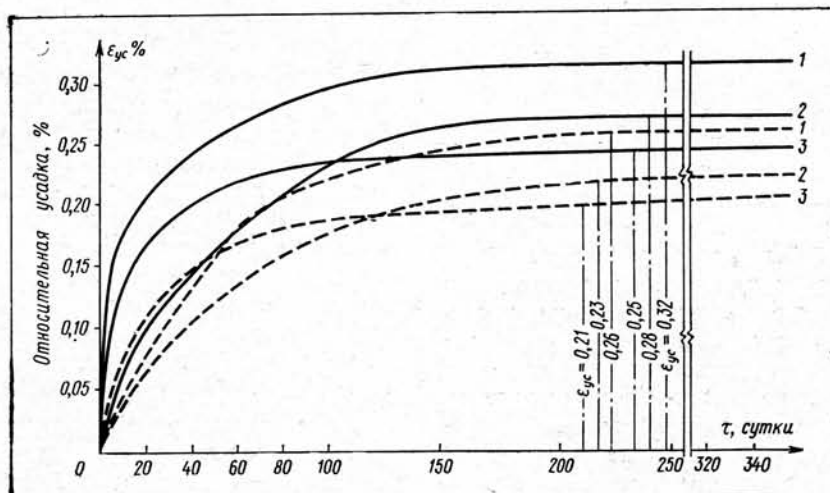
Таблица

Параметрические точки			Структурные характеристики бетона в возрасте, сутки					
			28			120		
			Без добавки	Смола № 89	№ 89 + ДЭГ	Без добавки	Смола № 89	№ 89 + ДЭГ
Границы показателей	Нижняя	Экспериментальная	0,500	0,560	0,525	0,440	0,460	0,465
		Теоретическая	0,422	0,445	0,456	0,442	0,462	0,455
	Верхняя	Экспериментальная	0,750	0,770	0,790	0,770	0,795	0,825
		Теоретическая	0,747	0,770	0,731	0,767	0,787	0,780

Из приведенных данных следует, что введение добавок водорастворимых смол повышает как нижнюю, так и верхнюю границы критерия О. Я. Берга. Повышение этих границ, в особенности нижней $R_{\text{T}}^0/R_{\text{пр}}$ свидетельствует о лучшем сцеплении цементного камня с заполнителем в бетоне в присутствии указанных добавок. Одновременно бетоны с добавками ПАВ способствуют более ускоренному росту их прочности с увеличением времени твердения. Действительно, призматическая прочность бетонов с добавка-

ми в возрасте 120 суток увеличилась по сравнению с прочностью образцов в возрасте 28 суток на 15—37%, тогда как в бетонах без добавки увеличение призматической прочности произошло всего лишь на 9%.

Определены значения начальных модулей упругости для всех исследуемых составов в разные сроки твердения. Вводимые добавки ПАВ снижают по сравнению с бетоном без добавок упругие свойства: модули упругости E_0 уменьшаются в



— — — Образцы в возрасте 28 суток.
 — — — То же в возрасте 120 суток.
 1 — без добавки; 2 — смола № 89; 3 — № 89 + ДЭГ

среднем на 5% для бетонов с добавкой смолы № 89 и на 9—11% — для бетонов с комплексной добавкой смол № 89 + ДЭГ. Однако с увеличением возраста модули упругости для исследуемых составов как с добавками, так и без добавок в возрасте 120 суток увеличились на 25% по сравнению с модулями упругости в возрасте 28 суток. Следовательно, влияние добавок приводит к тому, что с возрастом активность роста прочности и увеличение модуля упругости бетонов более или менее равноценна, тогда как в бетоне без добавок нарастание модуля упругости во времени заметно опережает рост его призмочной прочности.

Рассмотрим опытные данные по усадке бетонов без добавки и с добавками водорастворимых смол. Была измерена полная свободная усадка в течение 360 суток по 3 образцам для каждого состава. Образцы в течение этого времени находились в стабильной среде с относительной влажностью воздуха $\varphi = 75 \pm 5\%$ и температурой в помещении $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$. Введение добавок водорастворимых смол приводит к уменьшению величины проявившейся капиллярной усадки, определяемой влиянием капиллярной контракции. Это подтверждается полученными в работе результатами, приведенными на рисунке. Усадка бетона с добавкой смолы № 89 в возрасте 28 и 120 суток на 11—12% меньше усадки бетона без добавки и на 19—22% меньше — с комплексной добавкой смол 89 + ДЭГ. Следует отметить, что усадка всех исследованных составов бетонов практически затухает после 100—200 суток, т. е. в этот период они приближаются к состоянию геометрического равновесия с окружающей средой.

С увеличением времени твердения бетонных образцов величина проявившейся усадки в условиях относительной влажности окружающего воздуха $\varphi = 75\%$ монотонно увеличивается. Это объясняется изменением строения порового пространства из-за продолжающейся гидратации цемента. В бетонах без добавок по мере продолжительности твердения средний радиус капилляров уменьшается более значительно по сравнению с бетонами, имеющими добавку водорастворимых смол. В результате существенно увеличивается проявившаяся влажностная капиллярная усадка. Это подтверждает преимущественное влияние капиллярной контракции на усадку бетона при его выдержке в исследуемых условиях.

ИНЖЕНЕРНЫЕ СУДЬБЫ



И снова — километры пути

В. КАЗУРОВА

— Немедленно уходить всем! — раздалось в мирном, весеннем небе. И хотя ничто не предвещало опасности, команда прозвучала, как выстрел.

Это в действительности был приказ, какой дают в тяжелый момент, от которого зависит все — и жизнь, и победа.

Бывают такие особенные минуты собранности и злости, когда все, кажется, возможно смести на пути своем. И сейчас начальник строительства Ингури ГЭС побелел — лицо, как гипсовая маска, а руки дрожали, хотя он изо всей силы старался унять предательскую дрожь и до боли в ладонях сжимал пальцы. Он готов был наброситься на сменного инженера, избить его, смять, сделать бог знает что.

На склонах у арочной плотины начальник обходил участок сверху и увидел в скале трещину. В любую минуту может произойти обвал, а внизу, ничего не подозревая, работают люди. Нужно немедленно что-то предпринять. Вот тогда он и дал

команду. Все бросились врассыпную. Через полчаса грунт осел.

Конечно, во всем виноват сменный инженер — могла произойти авария. Он первым должен был заметить грозящую опасность, вовремя предупредить и принять меры. Мальчишка! Выгнать! Ну, а он сам — начальник Николай Эсакия? Если такую промашку сделал подчиненный, значит, здесь и его вина, его недоработка. Значит, не так учил, не предусмотрел случайностей, наконец, не был требователен. Уволить легче всего! Но самое быстрое решение — не всегда самое верное. И потом он слишком молод, чтобы в начале пути сломать ему крылья. Ведь, как ни говори, жизнь — долгий, долгий полет. Так сам с собой рассуждал Н. Эсакия.

В тот день было внеочередное совещание инженерно-технического состава. Спорили. Курили. Сменного инженера оставили на работе, хотя не обошлось без суровой критики товарищей и строгого выговора в приказе. (Произошло это в апреле 72-го).

Вечером, придя домой, когда улеглись волнения и тревоги, Николай Михайлович итожил день. Вспомнил себя, трудовое начало на пути сменного инженера. Когда и как вообще появилась мечта стать инженером?

Уютный городок Поти. Здесь в 1906 году он родился. В порт заходили иностранные суда. Красавцы корабли с разноцветными флагами. Однажды отец — служащий коммунального банка — взял его с собой. Знатным жителям позволялось иногда наносить визит вежливости на эти суда. Незаметно для окружающих мальчик пробрался в трюм. Здесь увидел чудесные машины. Они поразили его воображение. Стоял зачарованный и смотрел. На вопрос, кто их сделал, отец коротко сказал:

— Инженеры.

С тех пор профессия инженера казалась ему самой замечательной и самой нужной. В родном Поти он закончил гимназию, проявив незаурядные способности к точным наукам. Наступил момент, когда нужно выбирать специальность. Нико Эсакия едет в Тбилиси и поступает в политехнический институт.

Годы студенческих диспутов и многочисленных споров не отвлекали его от серьезных занятий по будущей специальности горного инженера. Учится упорно и терпеливо. Преподавателей поражает его энергия и трудолюбие, способность полностью и без остатка уйти в порученное дело. Будь то обычный доклад или курсовая работа. Ко всему относится серьезно и вдумчиво. После окончания института профессор Григорий Цулукидзе рекомендует одаренного юношу в Московскую горную академию — для повышения квалификации молодых инженеров.

В тридцатые годы столица была той кузницей кадров, где проходили закалку специалисты невиданных по тем временамстроек.

30 января 1931 года Серго Орджоникидзе говорил: «Надо дать молодежи дорогу и помогать ей всячески. Молодежь нужно беречь, смотреть, чтобы она была поставлена на должную работу, не загонять ее в канцелярию, а ставить ее непосредственно на работу, пусть начинает с маленького, начинает с цеха. Она должна пройти все ступени производственной работы, чтобы стать хорошими, опытными инженерами».

Как раз в то время в Москве началось строительство метрополитена. Н. Эсакия понимает, что никакие кур-

сы и аспирантура не смогут дать горному инженеру столько опыта, сколько эта стройка.

Был трудный момент, когда пришлось дать бой самому себе — научная кафедра или производство? Чему отдать предпочтение? Профессор видел в нем будущего аспиранта и поэтому рекомендовал в Москву.

Состоялся разговор, к которому долго готовился и которого внутренне боялся Н. Эсакия.

— Ну, а как решил ты сам? — глаза Григория Цулукидзе заблестели веселыми искорками.

— Хочу строить метро!

— Так строй! — учитель благословил ученика.

...Когда-нибудь откроет двери Всесоюзный музей Метростроя. И, очевидно, самым главным экспонатом там окажутся кирка и лопата — боевое орудие землепроходцев первых подземных трасс.

Молодого специалиста назначают сменным инженером по проходке перегонного тоннеля между «Комсомольской» и «Красными воротами». Сложная техника появилась много позднее. А на первых порах между бригадами воевали за «козу» — тележку с длинными стойками-рогами для перевозки лесоматериалов.

Пробиваясь сквозь земную твердь, он, как и все, продолжал учиться строить, бороться и побеждать. В избытке были энтузиазм и желание узнать как можно больше.

Над землей вырастали чудо-дворцы «Павелецкая», «Красные ворота», «Маяковская». Росло мастерство. Н. Эсакия — сменный инженер, начальник участка, начальник управления. В каждой новой станции заложен колоссальный труд проходчиков, монтажников, путейцев, рабочих, техников, инженеров... И приятно сознавать, что в огромном труде есть частичка тебя, твоих знаний и опыта.

Много лет спустя Герой Социалистического труда Н. Эсакия с благодарностью вспомнит те дни:

— Метрострой научил меня любить и ценить людей, показал, какая это сила — коллектив, когда тысячи рук делают одно важное дело, когда тысячи сердец бьются согласно, как одно. Московское метро — это наша молодость, гордость, любовь!

В 1940 году Н. Эсакия приняли в партию.

— На станции «Павелецкая», —

рассказывает Николай Михайлович, — на общем собрании коммунистов товарищи сказали тогда много добрых слов. Было приятно и... немного стыдно за себя. Все ли ты сделал, чтобы заслужить их доверие? Работал ли в полную силу своих возможностей? И хотелось быть лучше, доказать, что ты способен еще на большее.

Беспощадная требовательность к себе, серьезное отношение к делу, поиски новых возможностей для усовершенствования своей специальности — основные качества Н. Эсакия. Они были приняты во внимание партией и правительством, когда началась Великая Отечественная война и стране потребовались оборонные объекты. Руководство такой стройкой поручается Н. Эсакия.

Сооружение объектов осуществлялось при ежедневном налете фашистских бомбардировщиков, когда сапог со свастикой уже топтал землю Подмоскovie. Вместе с проектировщиками инженер изыскивал возможность строить экономично, применяя прогрессивные методы в производстве работ и возведении железобетонных конструкций. Своевременно и с высоким качеством оборонные объекты вступили в строй действующих. Это были те самые объекты, которые ковали долгожданную победу и помогли разгрому немцев под Москвой.

В 1943 году, когда фашисты рвались к Кавказу, Н. Эсакия назначают начальником строительства тоннелей Черноморской железной дороги. Железнодорожная ветка необходима — по стальным рельсам через тоннели застучат колесами поезда с нефтью из Батуми. Она тоже нужна для фронта, для победы. И снова — километры пути, и снова — в труде, как в бою.

С пуском линии железнодорожного пути в Москву из Тбилиси сократился почти на 700 км.

Недавно из Тбилиси Николай Михайлович ехал в Сочи. Железная дорога проходила через тоннели, которые он со строителями возводил в те военные годы. В 43-м, до крови обдирая руки, они мечтали о том времени, когда по рельсам пойдут мирные поезда. Время это настало. И радостно сознавать, что и здесь ты оставил частичку себя.

Поднимая страну из руин, партия и правительство обдумывают планы новыхстроек, имеющих большое народнохозяйственное значение,строек, которые послужат потом миру и прогрессу отечественной науки. Н. Эса-

кия возглавляет коллектив, который по численности равен областному городу.

Вот что говорит о тех годах начальник отдела «Метро и тоннели» Кавгипротранса Петр Бочишвили:

— Нас, новоиспеченных специалистов, только что прибывших на место, собрал Николай Михайлович. Он рассказал о перспективах строительства, о том, что даст стране этот объект. Внимательно следил за нашими первыми шагами. Не упускал ни одной мелочи. Собственно, для него не существовало мелочей. Все было одинаково важно. Ну, а если и случались досадные промахи в работе, начальник, сурово наказывая, никогда не убивал веру, наоборот, делал так, чтобы молодой специалист поверил в себя и свои силы. Объективен. Справедлив. Принципиален. И при всем том — человечный человек.

Когда в Тбилиси начали строить метро, снова потребовались знания и опыт Н. Эсакия.

Поток воды прорвался к трем тоннелям на станции «Вокзальная». Вода фильтровалась через бетон, и было такое ощущение, будто стоишь под проливным дождем. Резко снизилась прочность бетона, еще немного, и произойдет непоправимое. Под угрозой сроки строительства, да и пуск самой станции. Дни и ночи Н. Эсакия проводит на «Вокзальной». Ищет причину, смотрит проектную документацию, делает новые расчеты. Наконец, он доискался. Он раздобыл специальный цемент. И, подобно реставратору, миллиметр за миллиметром воссоздающему полотна знаменитых художников или творения великих зодчих, Эсакия сантиметр за сантиметром восстанавливает прочность бетона. Инженер вернул своду нужную прочность. Инъекции сульфатостойкими цементами обуздали беспокойные воды, «каверны» быстро зарубцевались.

...Только завершилось одно ответственное дело, как на повестке дня — не менее важное — Ингури ГЭС. С 1969 по 1972 гг. Н. Эсакия трудится здесь. Глупая случайность выбивает его из рядов. С безобидным на первый взгляд уколком внесли инфекцию. Длительное лечение. Полный упадок сил. Казалось, что все уже позади, что больше не будет ни тоннелей, когда приходится завоевывать породу, ни коллектива, с которым легко жить и работать. Больницы, санатории. Врачи предписывают полный покой. Но Эсакия понимает, что его спасение в движении — не в том, что на-

поминает суету сует, а в том, что дает дело, творение рук твоих. Неукоснительно выполняя предписания медиков, Николай Михайлович дает бой самому себе. Чтобы одолеть слабость, стал делать зарядку (Впрочем, с зарядки начиналось каждое утро, и только болезнь на время прервала эти занятия).

Медленно возвращались силы. Потребовалось два долгих года, чтобы снова встать в строй.

На вопрос друзей, что же все-таки помогло — лекарства или зарядка, Николай Михайлович отвечает:

— И то и другое. Стараюсь как можно больше ходить пешком или бегать. Чувствую, что это необходимо и для здоровья, и для службы. Начальник не должен сидеть на месте. Чем больше он будет двигаться, тем лучше пойдет дело.

С 1974 года с присущей ему энергией Н. Эсакия работает главным технологом Тбилтоннельстроя. И хотя за плечами уже 70, не любит вспоминать, что более 15 лет он персональный пенсионер союзного значения. Да и вообще слово «пенсионер» как-то не вяжется с личностью Эсакия. Всегда подтянут, внешне строг и элегантен, Николай Михайлович — там, где особенно трудно, где нужны его советы и помощь.

Начальник производственного отдела Тбилтоннельстроя Григорий Бокучава рассказывает:

— Николая Михайловича прикрепили на строительство перехода от станции «Самгори» к Кахетинскому шоссе. Мне нужен был его совет. Сказали, что главный технолог в тоннеле. Иду — нет Николая Михайловича. Вдруг вижу, сидит он на верхнем ярусе щита и смотрит, как идет разработка породы. Его лицо меня поразило. В нем было столько вдохновения и сосредоточенности, как будто человек впервые на стройке. По-хорошему завидуешь и его неиссякаемой энергии, и увлеченности делом.

Н. Эсакия — прирожденный инженер и блестящий специалист. Работать с ним интересно!

**

Захотелось побывать дома у Н. Эсакия — не из любопытства. Казалось, что еще нехватает множества

существенных деталей к его портрету.

Первый телефонный звонок был неудачным:

— Николая Михайловича нет дома. Когда вернется? Трудно сказать. Сегодня премьера в театре. Он там.

В другой раз «дедушка» пошел на выставку. И только с третьего захода хозяин был в квартире.

Встреча состоялась. В рабочем кабинете нет ничего лишнего и ничто не отвлекает внимания. Вещи как-то удивительно характеризовали владельца — строгость линий и простота форм. А черная пластмассовая лампа, какие в 30-х годах бытовали в служебных помещениях, пришлась по стилю к обычному с широкой доской столу. Не было ничего помпезного, бьющего в глаза и создающего эффект. Чувствовалось, что здесь работают. На письменном столе вместе с докторской диссертацией — несколько книг. «Наверху — Москва». Открываю обложку: «Дорогому первостроителю Николаю Михайловичу Эсакия — с большим уважением Татьяна Федорова». Другая — «Буровзрывные работы на транспортном строительстве» — тоже с надписью: «Многоуважаемому Николаю Михайловичу Эсакия — с глубокой благодарностью за постоянное внимание и ценные советы учителя от ученика. М. Иванаев».

Таких книг много. В большинстве своем они повторяют одну и ту же мысль — первостроитель, учитель.

Не удерживаюсь от традиционного вопроса:

— Чем Вы увлекаетесь в свободное время?

— Люблю играть в шахматы. Они заставляют думать, проводить расчеты, делать, так сказать, прикидку. Эта игра учит избирать верный путь к победе. На работе тоже нужно делать прикидку для победы.

— Ваше пожелание молодым специалистам?

— Быть требовательным к себе. Не бояться трудностей.

А главное — честно служить делу.

**

Сегодня хочется пожелать Николаю Михайловичу Эсакия больших дорог и новых свершений.

Пятьдесят лет из жизни механика

М. ШУР



Стены сложены из книг. В этом интерьере труд и быт едины, нет границы между делом и досугом, пожизненная работа инженера обозначена здесь напластованиями книг, русских и иноязычных. В глубинах этого хранилища опыта есть неподъемные альбомы с памятными мгновениями пробежавшего полувека.

Висит в рамочке фотография двадцатых годов: опоясанный железом деревянный дюкер, водовод, трубопровод, склепанный из лиственницы, два с половиной метра в диаметре... Он сползает из русла Терека в долину Ингушетии, чтобы дать воду полям. Молодой инженер Владимир Иванович Размеров, автор сооружения и автор фотографии, выше диплома ценил это долговечное свидетельство зрелости и самостоятельности строителя. Не лишена интереса и такая подробность: только недавно, в самые последние годы деревянный водовод, честно отслужив свое, уступил место металлическим трубам.

Круто начинал молодой инженер с Кавказа, с вершин и теснин, но не слишком долго витал на кручах, потому что начался всесоюзный съезд тоннельщиков. В Москву, на Метрострой, Владимир Иванович Размеров, ныне маститый ученый, хозяйски обживший эту рабочую квартиру, где протекает наша беседа, попал в 1933 году в проходческую страду первой очереди. Ему столица открылась Красными воротами.

Щит там еще не работал, щиты только начинались. Был известный

нам всем «пик» численности метростроителей. Одни говорили семьдесят тысяч, другие семьдесят пять, третьи округляли до восьмидесяти. Одни гордились и ликовали: ого, сколько нас! Да и как же иначе, ведь вся страна строит, весь народ, можно сказать, навалился, так и рвут друг у друга из рук лопату, чтоб не быть сторонним зрителем великого события. Одни гордились и ликовали, а другие думали тяжкую и честную: уж слишком много нас, немисливо много!

Вот это и были думы механиков.

Владимир Иванович и сейчас, в пору великого машинного торжества, куда ни глянет на обширном тоннельном фронте, неизменно скажет: слишком много! Слишком много рабочих рук и слишком еще мало железных исполнителей.

На двадцать первой шахте все хозяйство механика сводилось к подъему, водоотливу, откатке и вентиляции.

Теперь вспомним, как решилась та проблема. Мы привыкли говорить и писать, как щедро бросали на метроотряд за отрядом, и тысячников, и десятитысячников, а не мешало бы отдать должное второму подвигу Родины — ведь она в два года, в нелегкие годы дала нам вдобавок к двум опытным щитам еще целых сорок щитов, неслыханную мощь, какой не располагала вся тогдашняя Европа. И вот вам работа механиков в выразительной статистике: уже на второй очереди все шахты, вместе с подсобными предприятиями, которые, надо сказать, разрослись, насчитывали всего семнадцать тысяч рабочих.

Впрочем, на «Маяковской», куда почти целиком перешел коллектив с «Красных ворот», механику тоже не хватало суток, потому что один проходчик работал теперь за пятерых, а новая техника требовала умелых рук, надо было учить людей грамотному обращению с машиной.

В те времена на «Маяковской» проходка шла с передовой штольной,

по ней шла откатка породы, там впервые пытались применить погрузочную машину, купленную в США, но на первом заводе Метростроя уже разработали нечто новое и оригинальное: получит собственной конструкции, произведение технической мысли той самой группы, в которую входил Владимир Иванович и которую удостоили впоследствии Государственной премии за освоение щитовой проходки.

На «Маяковской» было четыре щита — два станционных и два перегонных, в сторону Белорусского вокзала. Получит двигался на валиках, опираясь на тьюбинги боковых тоннелей, и разрабатывал средний свод, действуя двумя эректорами налево и направо. Сброс породы — через окна в тьюбинговых кольцах, где впоследствии возникли колонны.

«Маяковская» по объемам и технологии потруднее «Красных ворот», однако времени отняла меньше, и если говорить об искусстве щитовой проходки, то школа для Размерова была как раз там, на «Маяковской». Школа для него, но и школа при нем, потому что именно в те времена сложилась добрая метростроевская традиция учить механике не только механиков, но и всех проходчиков, и Размеров стал одним из главных наставников.

Метростроевские кадры постепенно стали отчаливать от родимых шахт, стране нужен был их технический опыт для других точек великого строительного фронта. Размеров стал заниматься угольными комбайнами для Донбасса и уже свылся с ролью механика-конструктора по углю.

За полгода до войны созывают горняков в Ленинград строить метро. Не успели развернуться! Война перебросила тоннельщиков на оборонительные работы. Размеров вместе с И. Г. Зубковым, как его заместитель по Ленметрострою, отправился на оборонный строительный ленинград-

ский фронт. Развернуться не успели, однако с января по июнь пройден 31 ствол, на четырех участках будущего метро вышли на трассу, проходчиков набралось одиннадцать тысяч... В первый же день больше половины ушли на фронт. Остальные — на оборонительные стройки Карельского перешейка, потом под Лугу, Кингисепп, на Ладожскую дорогу.

Война еще была в разгаре, когда группу метростроевцев вернули в Москву, и Размеров тоже. Обратите внимание, какая мобильность инженерной биографии. События удивительные: идет сорок второй год, а Москва на удивление всему миру продолжает строить подземные линии. В Первой сорок второго Владимир Иванович уже снова в шахтах Московского Метростроя. В эти дни было принято решение продолжить линию от центра до Автозаводской и двинуть вперед Покровский радиус.

— Щиты, — вспоминает Владимир Иванович, — мы буквально выдирали из грунта, они прямо-таки росли в породе за время консервации...

Для метростроевцев стало профессиональным свойством быстро сживаться с новыми коллективами.

У Разменова есть дар всегда быть на своем месте. Тощую механику принял Размеров в сорок втором году, но шестерни метростроевской поступи завертелись, несмотря на невзгоды, и в том же военном году Пятый завод, заслуженный наш доблестный Пятый завод в кооперации с другими предприятиями Москвы поставил шахтам шестьдесят погрузочных машин. Давайте на минуту отвлечемся от метростроевских дел и подумаем, какая могучая стратегия великой советской плановости вела нас к победе, если в разгар войны промышленность, работая на фронт, выпускала еще и машины для мирных линий метрополитена.

Долгие годы Владимир Иванович связан с Пятым заводом. И будучи на Метрострое главным механиком, и работая в Главке, и теперь, в научном институте — все Пятый завод. Для института он базовое предприятие ведущей лаборатории.

А в войну, само собой понятно, труды механика Разменова, конструкторские его усилия, режим организации всего дела обслуживания механизмов — все это имело, можно сказать, чисто военный аспект: меньше

проходчиков — больше солдат! Механизация помогала фронту.

— Те машины ПМЛ-5, — вспоминает Владимир Иванович, — теперь применяются в маленьких забоях, им в музей Метростроя еще рано.

На строгое время военных лет падают и другие нововведения горной механизации. Электровозная откатка введена была на всех шахтах, появились пневматические сбалчиватели тубингов. Лозунг один — и военный, и мирный — брат не числом, а умением!

Механизация сорок четвертого года, когда победа только обозначалась в дымном мареве откатившихся фронтов, почти что в мирном ритме двигала проходку новых линий, как будто уже сияет май сорок пятого.

К весне Победы фронт Метростроя уже пробивается по кольцу от Курского вокзала через Таганку к Павелецкой и Серпуховской. Механикам безжалостно урезают заявки на металл, жмут лимиты. Начинается полосу восстановления. Тогда-то и пошел в менее водоносные тоннели железобетонный тубинг — задана новая технология сборки тоннеля, а Разменову — новая тема исследований.

Главным механиком Метростроя Владимир Иванович был с сорок пятого по пятидесятый год. А потом еще четырнадцать лет главным механиком Главтоннельметростроя. Вот вам и возвращение на Кавказ: надо заниматься метрополитенами Тбилиси и Баку, и опять же с Ленинградом новая встреча. Ширится география инженерных забот механика: два украинских метрополитена — киевский и харьковский и совсем далекий, первый в Азии ташкентский метрополитен. Главный механик главка по долгу службы возвращается и на железнодорожные тоннели, ему дано вникать в технологию проходки тоннелей на линии Абакан — Тайшет, Кировского тоннеля в Заполярье... Это не только новые объекты, новые линии, но и новые машины новых мощностей.

Тоннельщики перешли на погрузочные машины с большим сцепным весом, на десяти- и четырнадцатитонные электровозы, на мощное множество нестандартного оборудования высокой оригинальности.

Так механик-практик, механик-руководитель пришел в науку со своим многосильным теоретическим потенциалом.

Самое важное не терять с возрастом заряда молодой боевитости, мы-

сли и действия. Владимир Иванович ныне руководит в ЦНИИСе лабораторией тоннельных машин. Все тот же Пятый завод берет к исполнению идеи новых механизированных щитов. Из последних творений — агрегат для обустройства железнодорожного тоннеля на все сечение, с шестью бурильными машинами, работающими одновременно. Новые укладчики тубинговой и блочной обделки, те, например, что применялись на новых станциях «Кузнецкий мост» и «Пушкинская». И щит арочной конструкции для однопутных тоннелей.

Разумеется, любимое детище последних лет — механизированные щиты.

— Имейте в виду, — предупреждает меня Разменов, — что тут в одиночку ничего не сделаешь, тут единоличное авторство почти исключено, наиболее существенные решения даются только крепко спаянному коллективу.

Друзья-конструкторы, молодежь, в праздничный для Владимира Ивановича день написали ему стихами послание от имени щитов, с почтительным юмором назвав его их «повивальным дедом».

Техническая мысль советских инженеров-метростроителей уже давно вышла на международный радиус.

Мир заинтересовался нашими механизированными щитами. В роли эксперта Владимир Иванович бывал в Швеции, Италии, Франции, консультировал тоннелестроительные проекты испанской столицы. Тема консультаций с иностранными партнерами — наш метод щитовой проходки.

Важно усвоить истину, что чем сложнее оборудование, тем выше должен быть уровень рабочего, его техническая вооруженность. Механики счастливы иметь дело с образованным проходчиком!

И, наконец, вот что: механик призван многое решать в экономике тоннелестроения.

Владимир Иванович занимается новыми машинами, но ему ли, пожизненному механику, не болеть душой за правильное использование этой драгоценной техники. Мы постепенно переходим с ним к теме кибернетики и автоматизированной системы управления всей машинной громадой. Возможна ли эта АСУ? Не только возможна — неизбежна! На то и наука, чтобы неустанно прокладывать пути из прошлого к будущему.

ПЕСТРЫЕ ФАКТЫ

Магнитное метро

В Алма-Ате строится скоростная пассажирская транспортная система на магнитной подвеске. Двухпутная 12-километровая линия свяжет Юго-западный район «Орбита» с железнодорожным вокзалом. 10-, 12-вагонные составы смогут перевозить в час 25—30 тысяч пассажиров со скоростью около 100 км. Новая система разработана Казахским Отделением института «Промтрансниипроект». В очередь Алма-Атинского магнитного метро должна войти в эксплуатацию в 1980 году. В дальнейшем линия будет продлена в зону отдыха на берегу Капчагая.

Мраморный тоннель

При изыскании трассы будущего метрополитена в Свердловске у городского вокзала буровики вынули белоснежный керн. Он оказался отличным мрамором. Разведочные скважины неподалеку от этого места тоже показали, что здесь имеется немало ценного облицовочного камня. Так что далеко за отдаленными материалами для уральского метро ходить не придется.

Перегоны без обделки

Значительная часть тоннелей Стокгольмского метрополитена сооружена без обделки. Свод из скальной породы на таких участках обтянут металлической сеткой, предохраняющей от падения камней на путь. Дважды в году треснувшую породу отбивают. В ряде случаев ее закрепляют металлическими стержнями.

Двухэтажные вагоны

Строящаяся кольцевая линия Мельбурнского метрополитена будет обслуживаться поездами, составленными из двухэтажных вагонов. Для чего диаметр круглых и высота прямоугольных перегонных тоннелей не опускается ниже 5,9 м

По проторенному пути

Более половины всех метрополитенов мира пользуются колеями 1435 мм. История происхождения данного размера уходит в глубь веков. Такую ширину имели римские боевые колесницы, с которыми армия Юлия Цезаря вторглась в Британию в 55 году до нашей эры. Кельты, населявшие британские острова, скопировали римские колесницы. В результате этого на английских дорогах в течение столетий были проторены глубокие колеи шириной 1435 мм. Позже все повозки делались такой ширины, чтобы они могли ехать по проторенной дороге. Затем этим неписанным стандартом воспользовались железнодорожники, а уж потом он узаконился и на метро.

Колея широкая и узкая

Самая узкая колея 1067 мм используется для движения поездов на некоторых линиях Токийского метро.

Самую широкую колею имеет метрополитен в Сан-Франциско — 1680 мм.

Помимо традиционного энергоснабжения

В Милане подвижной состав оборудован пантографом и токосъемным башмаком. На наземных участках поезд следует с поднятым пантографом, а въезжая в тоннель, переключается на третий рельс.

В Лондоне и Ливерпуле, помимо традиционного третьего токопроводящего рельса, имеется еще и четвертый (обратный). Это сделано для того, чтобы избежать явления блуждающих токов и электрокоррозии.

В первые годы эксплуатации старого Будапештского метро поезда имели комбинированное питание: в тоннеле от троллея, а по выходе на поверхность за счет аккумуляторов, которые были установлены под сиденьями в салоне поезда.

В Нью-Йоркском метро в экспериментальном порядке на вагонах устанавливаются маховики диаметром 60 см. Считают, что энергии, запасенной маховиком при торможении, хватает на половину разгона.

Метро и авиация

Что общего между метрополитеном и авиацией? Казалось бы ничего. Однако...

● В Западном Берлине поезда метро на линии № 6 стали ходить нерегулярно. Дирекция объяснила это тем, что во время взлета и посадки больших самолетов в Международном аэропорту Тегель, находящемся в непосредственной близости от линии, в целях безопасности движение поездов прекращается.

● Во время второй мировой войны на одном из недостроенных подземных участков метро нынешней «Сентрал лайн» в северо-восточной части Лондона был организован завод по выпуску авиационных двигателей.

● Вагоны для известного метрополитена БАРТ в Сан-Франциско изготавливались в одних и тех же цехах завода фирмы «Рор корпорейшн», что и корпуса самолетов.

Подземные фуникулеры

● Стамбульский метрополитен, самый короткий в мире, по существу является одновременно и подземным фуникулером. Перепад высот между двумя станциями составляет 62,5 м. По наклонному тоннелю длиной 606 м и шириной 6,6 м перемещаются со скоростью 8,3 м/сек два вагона на пневмоходу.

● Подземный высокогорный фуникулер в австрийских Альпах, ведущий на горнолыжную базу, имеет разницу отметок между верхней и нижней станциями 1535 м. На линии эксплуатируются двухвагонные поезда вместимостью по 90 пассажиров каждый. Кроме конечных станций, предусмотрена еще третья — разъезд. Эта станция расположена в уширенной части тоннеля. По пешеходному коридору длиной 650 м отсюда можно выйти на смотровую площадку.

Подготовил П. ПУЗАНОВ.

Художественно-технический редактор **Е. К. Гарнухин**
На 1-й и 4-й страницах обложки фото **А. Спиранова**.

Л-85342 Сдано в набор 22/II-77 г. Подписано к печати 2/II-78 гг.
Формат бумаги 60×90¹/₈. Бумага типографская № 1. Объем 4,0 п. л. + вкладка 0,5 п. л. Тираж 5100 экз. Заказ 4510.
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.

