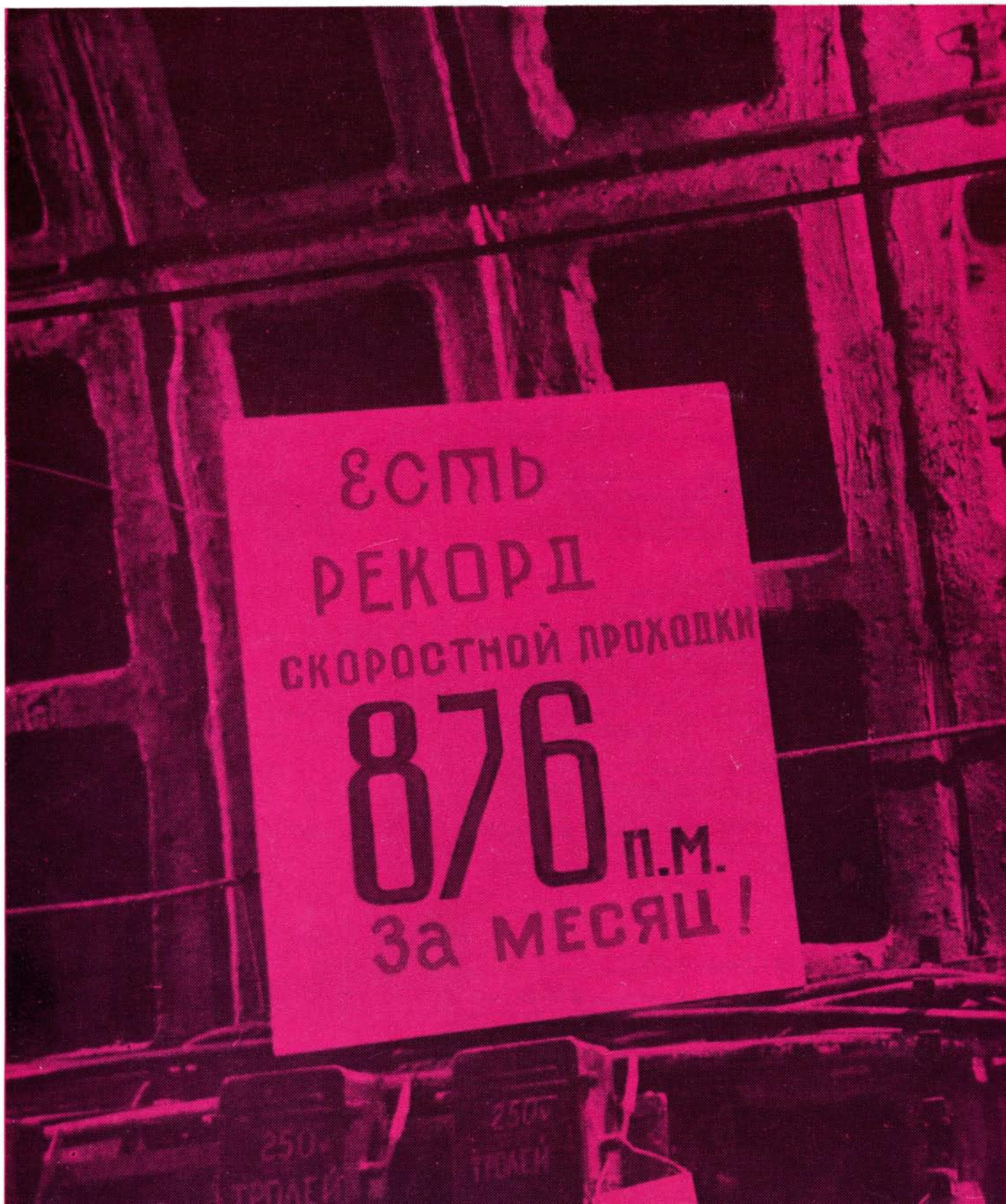


2 1978

# МЕТРОСТРОЙ



ЕСТЬ  
РЕКОРД  
СКОРОСТНОЙ ПРОХОДКИ

876 П.М.  
За МЕСЯЦ!

250

250

ПРОМ

# МЕТРОСТРОЙ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

2 1978

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

## В НОМЕРЕ:

А. Евстратов. НАБИРАЯ ТЕМП . . . . .	1
Ю. Барботин. КАК БЫЛА ОБЕСПЕЧЕНА ГО- ТОВНОСТЬ . . . . .	2
В. Зотов. НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ . . . . .	3
Г. Федоров. РЕКОРД СТАНОВИТСЯ НОРМОЙ	4
В. Ауэрбах. О ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИ- ТЕЛЬНОСТИ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ . . . . .	9
А. Жигалов, Ю. Мирошников. СТАБИЛИ- ЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОГО КРЕНА МЕХАНИЗИРО- ВАННОГО ЩИТА . . . . .	11
М. Стрекозов, П. Пашков. ПО НОВОЙ ТЕХ- НОЛОГИИ РАЗЖАТИЯ . . . . .	12
С. Мозолевский. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЖЕЛЕ- ЗОБЕТОНА . . . . .	13
М. Каган, Я. Швидко, Г. Матвеев. ДЕФОР- МАТИВНЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИ- СТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ . . . . .	14
В. Сокоренко. ЭФФЕКТИВЕН ЛИ ПОЭТАП- НЫЙ РАСЧЕТ? . . . . .	19
Л. Гладилин, Г. Богомолов, М. Жанза- ков, А. Шевченко. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4 кВ . . . . .	21
Ю. Бляхман, В. Блюмкин, А. Ровках. АВ- ТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ШЛЮЗОВОЙ КАМЕРЕ . . . . .	22
С. Магальник. РАСЧЕТ ЛОТКОВОЙ ПЛИТЫ	24
А. Ицкович. ДЮБЕЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В ЭКСТРУЗИОННЫХ АСВОЦЕМЕНТНЫХ ПА- НЕЛЯХ . . . . .	25
И. Якушкин, Е. Федоров. ИНФОРМАЦИЯ ПАССАЖИРОВ О ЗАТРАТАХ ВРЕМЕНИ В МЕТРО . . . . .	26
А. Векслер. АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАХОДКИ НА СТАНЦИИ «ГОРЬКОВСКАЯ» . . . . .	29
Д. Ребан. ЗАМОРАЖИВАНИЕ ГРУНТА ЖИД- КИМ АЗОТОМ . . . . .	30

## Редакционная коллегия:

В. А. АЛИХАШКИН, А. С. БАКУЛИН, П. А. ВАСЮКОВ,  
С. И. 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

# 876 метров тоннеля в месяц

● МЕНЯЮТСЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРЕДЕЛАХ ВОЗМОЖНОГО  
● РЕКОРД ДОСТУПЕН ВСЕМ ● В ПРОЦЕССЕ СКОРОСТНОЙ ПРОХОДКИ ВЫКОВЫВАЮТСЯ КВАЛИФИЦИРОВАННЫЕ КАДРЫ  
● ВЫЯВЛЯЕТСЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СТРОЙКИ ● РЕЗУЛЬТАТ — РОСТ СРЕДНИХ ПРОХОДЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ ● РЕКОРД СТАНОВИТСЯ НОРМОЙ ● НА ПОВЕСТКЕ ДНЯ — ВОПРОС РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЫ ● ВОЗВОДИТЬ НА ТОМ ЖЕ РИТМЕ СТАНЦИОННЫЕ УЗЛЫ

## Рассказывают участники рекорда

### НАБИРАЯ ТЕМП

**А. Евстратов**, начальник СМУ-15 Ленметростроя:

— Идея организации показательной скоростной проходки на участке Северного коллектора зародилась после изучения результатов рекорда на перегоне «Академическая» — «Гражданская», где наши товарищи из Тоннельного отряда № 3 (начальник В. Горышин) соорудили за месяц 676 метров тоннеля.

Повторить то, что сделано предшественниками, было бы недостаточно. Анализ проходческого ритма по сменам и суткам показал, что из эксперимента было выжато все возможное, а наиболее «узкие места» цикла — транспортировка материалов и производительность горного комплекса. Познакомив у горышинцев плановые циклограммы, скоростные графики, порядок расстановки людей в



бригадах, мы изменили прежнюю организацию вертикального транспорта и технологическую схему рудничного двора.

По предложению инженеров СМУ был перепроектирован копер с устройством специального спуска для тубингов, изменена армировка ствола. В его реконструкции приняли участие КЭПРО, кузнечно-механический завод и Метроснаб. Монтаж механизмов и оборудования выполнили собственными силами. С эксплуатацией дополнительного спуска общая производительность горного комплекса увеличилась на 30—35%. Разделение грузопотоков (один отсек работает только на породу, другой — на тубинги), высвобождение главного подъема от спуска вспомогательных материалов, а также расположенные тельферов эстакады в две нитки — полностью устранили сбой проходческого ритма, сократили пробег скоростного состава.

Новый механизированный комплекс КТ1-5,6, с конвейерным дуговым укладчиком блоков, примененный на нашей шахте, позволяет осуществлять все операции по сборке и обжатию обделки в одном месте — в лотке. В результате процесс монтажа с обжатием кольца сокращен до времени резания полуметровой заходки.

Щит мы получили 1 ноября, а через неделю на участке был введен непрерывный график проходки,

## КАК БЫЛА ОБЕСПЕЧЕНА ГОТОВНОСТЬ

осуществляемый комплексной сквозной бригадой. Ее сформировали не из специально подобранных асов, мастеров своего дела, но преимущественно из молодежи. Работать с опытными надежнее, однако смысл эксперимента мы видели в том, чтобы показать — рекорд доступен для всех. Есть бригады, у которых нет громких имен. И если обычная бригада добьется выдающихся результатов, они получат бóльший резонанс, скорее могут стать общим достоянием метростроителей.

В повышении уровня проходческого мастерства, создании атмосферы рабочего подъема — каждый должен поверить в свои силы, переступить через привычные представления о собственных возможностях — огромная заслуга ИТР, начальников смен, участка. Ни одна из бригад, кроме звена Татаринича, не работала раньше на механизированных щитах. И несмотря на то, что было мало времени на тренировку, строители сразу же вошли в график, уверенно набирая темп: если в первой декаде проходили в среднем 26,7 метра в сутки, то за последнюю десятидневку эта цифра возросла до 33,1 метра. Все бригады показали стабильные результаты и начиная с 5-го января ни разу не опустились на отметку ниже 30 метров.

Вначале в звене Ахрамовича показатели были несколько ниже, чем у остальных, работавших в одном наряде. Тогда бригадир комплексной сквозной бригады А. Малышев временно перешел туда в качестве наставника. Вскоре проходчики вышли на устойчивые скорости. Еще раз подтвердился принцип: рабочего надо учить на работе. Так вырастают мастера своего дела. Вот один из примеров: если раньше считалось достижением выдать 300 подъемов в смену, то в день наивысшей производительности в проходческом звене Татаринича (16,1 метра тоннеля в смену) комсомолка Л. Карманова, только что окончившая ПТУ, обеспечила 492 подъема. Шоферы автотранспортной конторы при норме 10 рейсов успевали обернуться 15—16 раз.

Работа в предвидении общей рекордной цифры способствовала расцвету рационализации, творческой мысли. Это особенно ярко проявилось при реконструкции горного комплекса: у новшества не было аналогов. Дополнительный тубинговый спуск проходчики любовно назвали «горкой». С нее и был взят «разбег», получено невиданное ускорение. Спецспуск был выполнен на 14 колец, мы обеспечили 16. При дальнейшем совершенствовании ствола предполагаем бóльшую его универсальность.

Проведенный эксперимент выдвинул очередные проблемы. Он показал, что запас по механизации и технологии колоссальный. На повестке дня — вопрос развития производственной базы. В период скоростной проходки у нас не было конкурентов по поставкам. Но к ее завершению на ЖБК исчерпали все запасы. Материальное обеспечение должно быть достаточно гибким и мощным.

По мере приближения нормы к последнему достижению вопрос механизированной проходки перегонных тоннелей будет снят: счет идет теперь не на годы, а месяцы. Представляется сегодня наиболее актуальным научиться возводить на том же уровне станционные узлы.



Ю. Барботин, начальник участка:

— Приступая к скоростной проходке, мы осуществили на участке комплекс подготовительных организационно-технических мер. Все было взято на учет. Тщательно расчистили стройплощадку, отремонтировали дороги, обеспечили более плавный заезд автомашин. Отвели стоянку под «Татры» и «КРАЗы», предусмотрели место хранения масел, оборудовали бак для подогрева воды. Выделили теплое помещение для отдыха шоферов и работы дежурных диспетчеров автотранспортной конторы.

При устройстве двухрядной тельферной эстакады получили воплощение рекомендации производственной эстетики. Неподвижные части были окрашены в желтый цвет, а толкатели-опрокиды — в красный.

Реконструируя шахтный комплекс, перевели людской ходок; дополнительный спуск для тубингов усилили металлическими листами, усовершенствовали и наладили основные механизмы.

Особое внимание уделили развитию путевого хозяйства: закреплению откаточных путей от сдвига, выбору оптимальной схемы переноса стрелочных переводов. Подсчитали: если между разминками расстояние 400 м, электровозу с грузом обеспечена «зеленая» улица, и его поджидает порожняк. Схема откаточных линий строго продумана не только по перегону, но и в руддворе. Колеи обетонировали. Увеличенный диаметр руддвора позволил расположить здесь третий путь.

Перенос и монтаж стрелок, рихтовку, подтягивание болтов и т. д. осуществляли три человека (один из них сварщик). Контроль надежности был обеспечен на высоком уровне. Все это предотвратило задержки цикла, обеспечиваемого головной частью проходческого комплекса.

Должен сказать, что при его испытаниях пришлось поработать над устранением некоторых неполадок. Претензии были поначалу к новому дуго-

вому укладчику: плоскость кондуктора с направляющими роликоопорами не строго соответствовала плоскости укладываемого кольца. Шарнирная дуга обжимала его лишь тремя-четырьмя роликами. Пришлось дать под конструкцию подкос (представители КЭПРО предложили конусные прокладки) и закрепить с противоположной стороны дополнительную тягу.

Рационализаторы участка придали большую мобильность тельферной тележке: они изыскали возможность ее передвижения не только в продольном, но и в поперечном направлении. Это позволило полностью устранить ручной труд при подаче тубингов в лотковую часть сооружаемого тоннеля.

Среди других предшествовавших скоростной проходке усовершенствований КТ1-5,6 — вулканизация транспортерной ленты, устройство чеканочных консолей, а также различных приспособлений: для намотки питающего кабеля, временного крепления рельсов к ползушке и др. Представители Ясиноватского завода-изготовителя приняли наши рекомендации по улучшению отдельных деталей в целом отличного проходческого комплекса для будущих конструктивных разработок.

В период показательной проходки не было ни одного случая отказа механизмов тоннельного комбайна. Профилактический осмотр и ремонт их производили во время двухчасового «окна» — перерыва между ночной и утренней сменами, с 7 ч. 30 мин. до 9 ч. 30 мин. (мы работали не круглые сутки, а в три смены). В короткий промежуток успевали заменить шарошки, проверить исправность узлов, провести смазку и т. д. Механическая служба занималась также подготовкой обеспечения запчастями, мелкими деталями и т. д. Кронштейны, кабель, болты, приспособления для монтажа, чугунные прокладки были не только заранее опущены на рабочие места, но и разложены по группам и элементам. Техническое обеспечение рекорда легло на плечи механика участка В. Кузьмина.

Сквозная комплексная бригада, осуществлявшая проходку методом бригадного подряда, состояла из четырех звеньев, руководимых А. Малышевым (сквозной бригадир), К. Татариничем, И. Дудкиным, Н. Ахрамовичем. Бригада работала на один наряд, в который входили как проходчики забойной группы с машинистом щита, так и откатчики породы, водители электровозов и стволовой.

На время скоростной проходки было введено новое штатное расписание, в котором пофамильно указаны обязанности всех двухсот человек, работающих на шахте, определено где, кто, когда и на какой операции занят. На случай невыхода кого-нибудь на работу назначили дублеров, определили дополнительные обязанности каждого, предусмотрели взаимозаменяемость. (Но надо сказать, что уровень заболеваемости в период установления рекорда был сведен к минимуму).

На участке развернулось социалистическое соревнование. В нем участвовали все: проходчики, стропали, машинисты электровозов, тельферисты, механики. Мы пришли к выводу о необходимости постоянного сравнительного анализа работы

бригад. Поднимаясь на поверхность после смены, победители видели приветственную «молнию» о своих достижениях. Коллективы начинали попеременно опережать друг друга. Экран показателей соревнования — большой стенд с передвижными бригадными вымпелами — отражал ежедневную картину трудового соперничества. Его результат — последний выпущенный на нашей шахтной площадке плакат в несколько слов: «Есть рекорд скоростной проходки — 876 метров тоннеля за месяц!».

## НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ



**В. Зотов, главный инженер СМУ-15 Ленметростроя:**

— Какие выводы напрашиваются из проведенного на нашей шахте эксперимента? Нарращивание проходческих скоростей возможно при условии дальнейшего совершенствования всей цепи технологического цикла, и особенно вертикального и горизонтального транспорта. Представляется, в частности, целесообразным приближение бункеров к стволу, устройство скипового подъема с целью повышения его производительности, увеличение емкости вагонеток до 7 кубометров с саморазгружающимися приспособлениями, применение более мощных электровозов. Можно рекомендовать закладывать в проект рудничного двора диаметр не менее 7,88 метра. Это дает возможность расположить здесь третий путь, улучшив маневровые операции.

Если подводить общие цифровые итоги, то за время скоростной проходки выдано 22 тысячи кубических метров породы и смонтировано 2628 кубических метров блочной железобетонной обделки, обжатой в породу.

Фактические средние трудозатраты на сооружение одного погонного метра тоннеля составили 13 человеко-часов, что в два раза меньше нормативных.

Выработка на одного рабочего возросла с 10 879 до 11 836 рублей.

## РЕКОРД СТАНОВИТСЯ НОРМОЙ



**Г. Федоров**, начальник Ленинградского Метростроя:

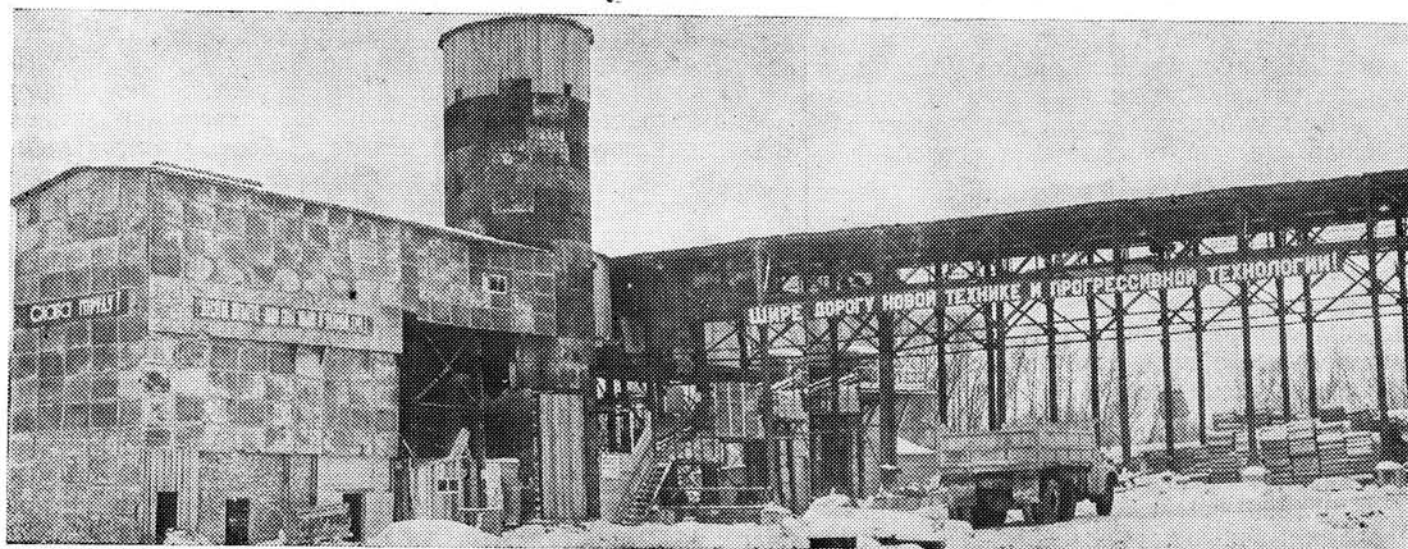
— Каждый рекорд скоростной проходки — не самоцель. Он четко высвечивает картину организационно-технического потенциала коллектива, выявляет резервы роста, указывает на «узкие места», дает толчок творческой инженерной мысли. Главное же в процессе установления рекорда меняются представления о пределах возможностей — человеческих и технических. Если в условиях общего напряжения и подъема рабочий ярко проявил себя, увидел, на что способен, ощутил рост мастерства, — у него появляется профессиональная гордость. Рекорд воспитывает преданных делу людей, выковывает квалифицированные кадры.

Говоря о преемственности показательных скоростных проходок, важно отметить поступательное развитие технического прогресса, находящего свое воплощение в совершенствовании конструктивных разработок, методов организации труда и т. д. Это приводит иногда к отказу от традиционных технологических схем и способов строительства (возведение обделки, обжатой в породу с помощью дугового конвейерного укладчика, когда проходчику больше не надо перемещаться по периметру монтируемого кольца; разделение грузопотоков горного комплекса с ликвидацией холостых подъемов и др.).

Каждое проходческое достижение влечет за собой «переоценку ценностей», рост средних скоростных показателей. Так, после горьшинского результата 1976 г. (676 м тоннеля в месяц) считалось хорошей нормой 4 м тоннеля в смену, после евстратовского эта цифра приблизилась к 6 м. Соответственно среднесуточные темпы проходки увеличились сегодня с 15 до 18—20 м. Если наивысшая суточная скорость при установлении предшествующего рекорда составила 24,84 м, то средняя нынешнего достигла 10,39 м, средняя этой показательной проходки — 10,3 м. Так рекорд становится нормой.

Заметим, что максимальная сменная скорость, достигнутая бригадами Тоннельного отряда № 3 два года назад, перекрыта сейчас СМУ-15: бригадой Ахрамовича — 5 раз, Дудкина — 6, Татаринича — 10, Малышева — 11 раз.

Очередную скоростную проходку Ленметрострой (Тоннельный отряд № 3) планирует в будущем году на участке Московско-Петроградской линии от Удельной в сторону Богатырской. Предполагаемый результат — километр тоннеля в месяц.



Горный комплекс на участке Северного коллектора



*Проходка с помощью щитового комплекса КТ1-5,6 с дугвым конвейерным укладчиком*

# БРИГАДИРЫ, УСТАНОВИВШИЕ РЕКОРД



А. МАЛЫШЕВ



К. ТАТАРИНОВИЧ



Н. АХРАМОВИЧ



И. ДУДКИН

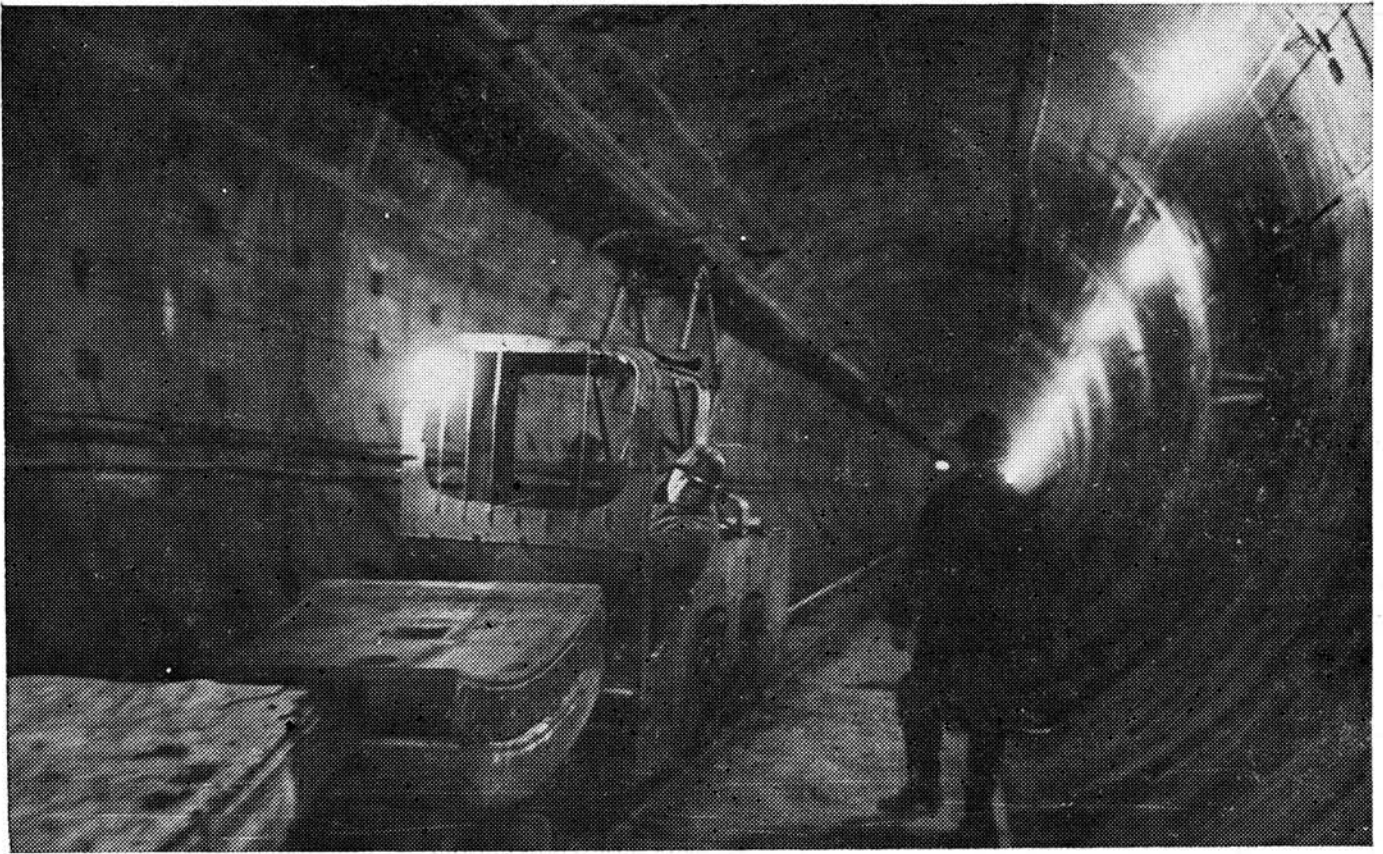
## ТРУДОВЫЕ ЗАТРАТЫ И ВЫРАБОТКА БРИГАД ПРИ СКОРОСТНОЙ ПРОХОДКЕ ТОННЕЛЯ НА УЧАСТКЕ СЕВЕРНОГО КОЛЛЕКТОРА В ЛЕНИНГРАДЕ

	Количество смен, отработанных на проходке	Пройдено за месяц, пог. м	Средне-сменная скорость, м	Отработано чел.-дн.			Трудовые затраты на 1 пог. м		Выработка на одного человека	
				Проходчики, забойная группа	Откатчики, машинисты электровоза, ств.-ловой	Всего по комплексной бригаде	Забойная группа	Общая	Забойная группа	Общая
Всего по участку	90	876,2	9,74	630	998	1628	0,72	1,86	1,39	0,54
Смена Н. Калякина бригады А. Малышева	23	235,3	10,23	161	275	436	0,68	1,85	1,46	0,54
Смена В. Дмитриева бригады К. Татаринoviча	23	231,6	10,07	161	281	442	0,69	1,9	1,44	0,524
Смена А. Белецкого бригады И. Дудкина	23	216,8	9,43	161	202	363	0,74	1,7	1,35	0,597
Смена В. Клипикова бригады Н. Ахрамовича	21	192,5	9,16	147	240	387	0,76	2,0	1,31	0,497



Бригада Н. Ахрамовича





*Участок скоростной проходки*



*В рудничном дворе*

## Наша анкета

**Как вы расцениваете выдающееся достижение ленинградцев? С таким вопросом редакция обратилась к специалистам метро- и тоннелестроения. Приводим выдержки из ответов.**

*С. Власов*, главный инженер Главтоннельметростроя:

— Вскрыты огромные возможности роста производительности труда в тоннелестроении. Задача наших строек — быстрее изучение опыта скоростной проходки, комплексной механизации и организации работ, создание условий для значительного повышения темпов тоннельного строительства.

*А. Луговцов*, начальник института Метрогипротранс:

— Достигнутый рекорд должен послужить, в частности, мощным толчком ускорения строительства тоннелей мелкого заложения с цельносекционной обделкой.

*В. Сахаров*, секретарь парткома Мосметростроя:

— Совершенно очевидно: творческая инициатива СМУ-15 Ленметростроя имеет большое значение для всех тоннельных строек. От имени московских метростроителей, соревнующихся с ленинградцами, хочется поздравить славный коллектив с большой трудовой победой.

*И. Яцков*, начальник Тоннельного отряда № 6 Мосметростроя:

— У нас в свое время были высокие скорости проходки в тяжелых гидрогеологических условиях, к этому нам не привыкать. Однако ни по размаху, ни по уровню организации аналогов еще не было. Разумеется, такая работа не могла не вобрать в себя высокую техническую оснащенность. Внедрение современных механизированных комплексов для сооружения тоннелей в московских горно-геологических условиях безусловно даст большие проходческие скорости.

*В. Катаманин*, бригадир Тоннельного отряда № 6 Мосметростроя:

— Обсуждая в нашей бригаде это событие, мы подсчитывали, какая должна быть плотность рабочей минуты, чтобы смонтировать 16 колец в смену. Такой результат мог быть получен только при условии четкой и налаженной работы каждого проходчика, когда выверены все операции цикла.

*С. Маршак*, заведующий отделом ЦНИИПОД-ЗЕММАШа:

— Рекорд ленинградских метростроителей впечатляет. Самолеты летают на высотах до 30—40 км,

а орбиты космических кораблей удалены от земли на 300—400 км. Ленинградцы вышли на «космические» орбиты, достигнув поистине космических скоростей, на порядок превысив средние показатели.

Перед тем, как подняться на новые высоты, а так непременно будет, необходимо, чтобы из других подземных «космодромов» в Москве, Киеве, Харькове и других строек метро и тоннелей с различными горногеологическими условиями «поднялись» свои проходческие корабли.

*И. Фишман*, главный конструктор щита КТ1-5,6:

— Несомненно, что достигнутое — еще не предел возможностей проходческого комплекса КТ1-5.6. Сейчас Ясиноватский завод в содружестве с Минтрансстроем работает над расширением области применения комплекса в более широком диапазоне горногеологических условий. Предполагаем снабдить щит сменными исполнительными органами и выдвижными шандорами.

*В. Ходош*, главный инженер СКТБ Главтоннельметростроя:

— Сломлен психологический барьер, меняется отношение к скоростному сооружению тоннелей. Это не реклама, это реальное достижение, на которое могут равняться другие стройки.

*В. Якобс*, ст. научный сотрудник ЦНИИСа:

— Исключительное техническое достижение особенно важно в свете резкого повышения производительности труда, снижения общих трудозатрат и стоимости. Нормативы производительности по сравнению с применяемыми традиционными способами проходки были перекрыты в 10 раз, а средняя скорость проходки механизированным щитом возросла более чем в 3 раза.

*Ю. Лиманов*, профессор ЛИИЖТа:

— Метрострой становится отличной школой скоростного строительства, эффективного хозяйствования. Необходимо и дальше развивать творческое содружество производственников и ученых, широко привлекая к участию в решении научно-технических задач наших питомцев транспортных вузов, тех, кому завтра предстоит стать командирами и специалистами тоннельного дела.

# О повышении производительности щитовой проходки

В. АУЭРБАХ, канд. техн. наук

Экономическая целесообразность использования такого сложного и дорогостоящего оборудования, как механизированный щитовой комплекс, определяется его производительностью. Сравнивая технико-экономические показатели работы механизированного щита, простого немеханизированного агрегата и блокоукладчика при бесщитовом способе проходки, становится очевидным, что только при достижении определенных скоростей применение первого становится предпочтительным. Минимальная скорость проходки в породах средней крепости, при которой щитовой механизированный комплекс рентабелен, — ориентировочно 150—180 м/месяц.

Ярким примером повышения скоростей с использованием новейшей щитовой техники может служить опыт ленинградских метростроителей, добившихся рекордных темпов сооружения тоннелей. Успешно применяются механизированные проходческие агрегаты на объектах Киевметростроя и Харьковметростроя. В прошлом году начал проведение перегонного тоннеля механизированный щит ЩМР-1 в Москве.

Существенную роль в достижении высоких проходческих скоростей играют процессы возведения обделки\*. Не случайно поэтому, вопросам механизации ее сборки уделяется в последнее время большое внимание.

Для монтажа железобетонных блоков в Ленинграде внедрен конвейер-

ный (дуговой) укладчик, созданный по техническому заданию ЦНИИСа с использованием авторского свидетельства № 369212. В основу конструкции положены технические решения Ленметропроекта, СКБ Ясиноватского машиностроительного завода и Ленметростроя\*\*. Указанное оборудование входит в состав механизированного щитового комплекса КТ1-5,6.

Особенность укладчика в том, что все операции по сборке и обжатию железобетонного кольца осуществляются в лотковой части тоннеля. Это позволяет сократить время монтажа обделки и снизить трудозатраты при обеспечении техники безопасности. Достигнутые темпы возведения обделки способствовали обеспечению высоких скоростей сооружения тоннеля с применением проходческого комплекса КТ1-5,6 (более 16 м за смену и около 40 м в сутки).

На строительстве Калининского радиуса СМУ-5 Мосметростроя ведет проходку перегонного тоннеля механизированным щитом ЩМР-1 производства Московского механического завода Главтоннельметростроя. Чугунная обделка возводится с помощью тубингоукладчика кольцевого типа. В отличие от конвейерного (дугового) укладчика тубинги собираются традиционным способом — их устанавливают в проектное положение поворотом захвата с последующим выдвиганием и осевой доводкой. В связи с необходимостью сбалчивания

чугунных тубингов между собой процесс сборки кольца требует больших затрат времени.

Рассмотрим, как отдельные операции рабочего цикла влияют на производительность механизированной проходки.

Общее время проходческого цикла агрегата с роторным исполнительным органом, при условии оптимального совмещения рабочих операций, можно выразить зависимостью:

$$\tau_{\text{ц}} = (1 - \xi)\tau_{\text{р}} + \tau_{\text{сб}} + \tau_{\text{пер}}, \text{ мин.}, \quad (1)$$

- где  $\xi$  — отношение длины заходки ротора к длине кольца,  
 $\tau_{\text{р}}$  — время резания породы на кольцо, мин,  
 $\tau_{\text{сб}}$  — продолжительность его сборки, мин,  
 $\tau_{\text{пер}}$  — период передвижки щита на длину кольца, мин.

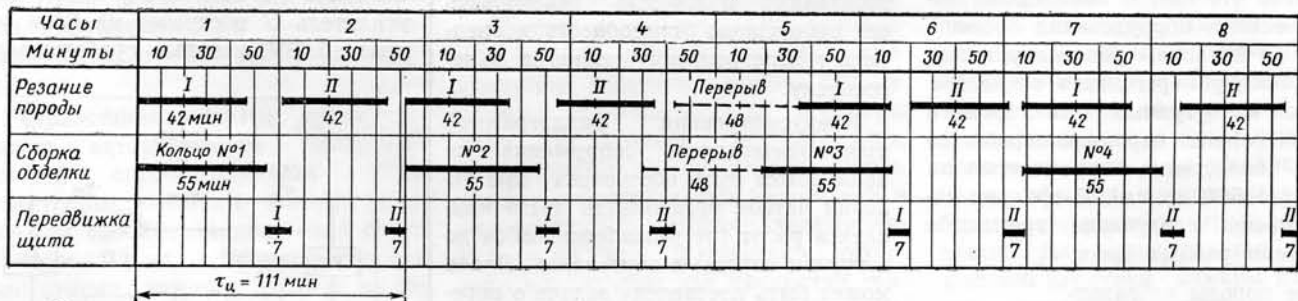
Как видно из формулы (1), для сокращения цикла следует стремиться

увеличить отношение  $\xi = \frac{l_{\text{р}}}{l_{\text{к}}}$ . При

постоянной длине кольца  $l_{\text{к}}$  необходимо по возможности увеличить длину заходки ротора  $l_{\text{р}}$ . Как правило, механизированные проходческие щиты имеют ход ротора 0,35—0,5 м. Однако этот ход не всегда используется полностью. Например, щит ЩМР-1

\* «Метрострой», 1977, № 3, стр. 10—12

\*\* Там же, стр. 3—6



Циклограмма проходки щитом ЩМР-1 12 пог. м тоннеля в сутки (4 пог. м в смену) при заходке ротора 500 мм  
 Время резания заходки (500 мм)  $\tau_{\text{зах}}$  42 мин.  
 Время сборки кольца  $\tau_{\text{сб}}$  55 мин.

на СМУ-5 работал в 1977 г. с заходкой ротора  $l_p=0,35$  м, хотя располагаемый его ход равен  $l_p=0,5$  м. При этом удавалось совмещать период сборки обделки только с  $1/3$  времени резания породы. Иногда при недостаточной устойчивой забое ход ротора уменьшают, что вполне оправдано.

Время резания породы можно представить выражением

$$\tau_p = \frac{l_k}{n_p \delta}, \text{ мин.}, \quad (2)$$

где  $n_p$  — частота вращения ротора, об/мин,

$\delta$  — осевая его подача на один оборот, м/об.

Входящие в формулу (2) величины определяют режимы резания и задаются в зависимости от инженерно-геологических условий проходки, с учетом располагаемых параметров привода и стойкости режущего инструмента.

Далее из формулы (1) следует, что при сокращении времени сборки обделки соответственно уменьшается на такую же величину общая продолжительность цикла проходки, а ускорение процесса разработки забоя способствует лишь частично его сокращению.

Время передвижки агрегата зависит от количества щитовых домкратов и от производительности их гидронасосов. Оказать существенное влияние на продолжительность цикла с помощью этого фактора не представляется возможным.

В ряде случаев могут быть найдены резервы повышения темпов проходки за счет улучшения организации технологического цикла щитового комплекса.

На основании наблюдений на СМУ-5 Мосметростроя в первые месяцы работы ЩМР-1 по данным выборочных хронометражных замеров выявлено, что щит с комплексом технологического оборудования обеспечивает на заданном режиме устойчивую проходку перегонного тоннеля с обделкой из чугунных тубингов в плотных глинах, перемежающихся со слоями известняка прочностью на сжатие до  $600 \text{ кгс/см}^2$ . В среднем зафиксированы следующие временные показатели работы щита:

резание породы на заходку ротора в 350 мм 28—30 мин  
сборка кольца обделки . . . . . 55—60 »  
передвижка на одно кольцо . . . . . 14—15 «

При рациональной организации цикла, на тех же режимах резания породы и работы механизмов комплекса могут быть достигнуты более высокие темпы проходки. С условием бесперебойного обеспечения щита режущим инструментом, тубингами и подвижным составом можно определить на основании формулы (1), какие могут быть обеспечены скорости проходки при работе в 3 смены по 7,2 ч.

При заходке ротора  $l_p=0,35$  м время проходческого цикла на одно кольцо составит  $\tau_k=135$  мин. Это соответствует производительности 3—4 м в смену и 10 м тоннеля в сутки. При увеличении заходки ротора до  $l_p=0,5$  м цикл сократится до  $\tau_k=111$  мин, сменная производительность вырастет до 4 колец и суточная составит 12 м тоннеля. Циклограмма проходки с этой скоростью представлена на рисунке, из которого видно, что половина процесса резания породы по времени совмещается со сборкой обделки. В период передвижки щита забой не разрабатывается. При составлении рабочей циклограммы кроме основных операций, определяющих суммарную продолжительность проходческого цикла, следует также учитывать процессы транспортировки породы, нагнетания раствора за обделку, доставки тубингов и др. Прочие операции цикла по времени должны совмещаться с основными, в противном случае темпы проходки снизятся.

Таким образом, без изменения режима работы исполнительного органа щита и блокоукладчика, при сохранении прежнего времени сборки обделки щитом ЩМР-1 в условиях проходки на Калининском радиусе может быть достигнута техническая производительность 250—260 м тоннеля/месяц (из расчета 21—22 рабочих дня).

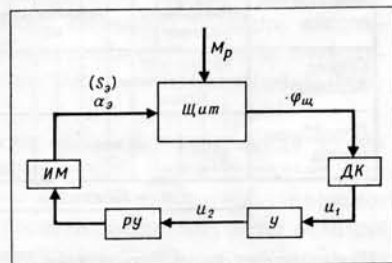
Для обеспечения эффективной работы нескольких забоев на один ствол необходимо полностью реализовать его пропускную способность и внедрить транспортировку тубингов по лесоспуску.

Предусмотренная циклограммой производительность сооружения тоннеля может быть обеспечена при условии четкой организации всего комплекса работ (от разработки забоя до погрузки породы в самосвалы). Далее может быть поставлена задача о переходе к следующему этапу — достижению более высокой производительности за счет сокращения времени основных операций рабочего цикла.

При механизированной щитовой проходке корпус агрегата под воздействием реактивного момента, создаваемого планшайбой, вращается вокруг своей продольной оси в направлении, противоположном вращению планшайбы. Поперечный крен достигает  $7-8^\circ$ . Наличие крена значительно ухудшает условия работы отдельных узлов и механизмов, сокращает срок их службы, а также затрудняет определение положения щита, применение систем автоматического контроля и снижает качество проходки. В связи с этим появилась необходимость создания системы, способной автоматически стабилизировать поперечный крен щита. Использовать для этой цели существующие устройства контроля наклона продольной оси проходческих машин типа «АСУ» и «РДК» из-за конструктивных особенностей проходческого щита не представляется возможным.

Все механизированные щиты оборудованы элеронами, с помощью которых можно раскручивать его корпус. Элерон представляет собой две выдвигающиеся с помощью гидродомкратов, пластины, установленные в корпусе щита на уровне горизонтального диаметра. С изменением угла наклона элеронов изменяется сила, воздействующая на них вследствие динамического сопротивления породы при движении щита. Поскольку на установку элеронов на необходимый угол затрачивается дополнительное время, производят ее лишь тогда, когда поперечный крен достигает предельно допустимых величин. Поэтому необходимо было автоматизировать управление элеронами так, чтобы поперечный крен щита был постоянно равен или близок к нулю.

Для решения этой проблемы предложена система стабилизации поперечного крена, функциональная схема которой представлена на рисунке. Сигнал с датчика крена ДК через усилитель У поступает на блок реле уровней РУ, которые срабатывают в



Функциональная схема системы стабилизации поперечного крена щита.

# Стабилизация поперечного крена механизированного щита

А. ЖИГАЛОВ, главный маркшейдер Ленметростроя;  
Ю. МИРОШНИКОВ, инженер

зависимости от величины и знака поперечного крена щита. Команда с блока уровня поступает на исполнительный механизм ИМ.

Вследствии того, что изменить угол наклона элеронов в породе невозможно, система обеспечивает определенную последовательность включения операций: уборка элеронов, изменение угла наклона, выдвигание элеронов, уборка их или установка в нулевое положение при нулевом поперечном крене щита.

Уравнение моментов, действующих на щит в плоскости, перпендикулярной продольной оси щита, при постоянной скорости движения, определяется выражением:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = 2S_0 \eta v \sin \alpha \cos \alpha R - M_p - 2S_0 \eta \omega R^2 \cos^2 \alpha - n p S_g k R - P_{ш} f \frac{\omega R^2}{V},$$

где  $J$  — момент инерции щита;  
 $\varphi$  — угол поперечного крена щита;  
 $S_0$  — площадь элерона;  
 $\eta$  — динамический коэффициент сопротивления породы;  
 $V$  — линейная скорость движения щита;  
 $R$  — радиус щита;  
 $M_p$  — реактивный момент;  
 $\alpha$  — угол наклона элеронов;  
 $\omega$  — угловая скорость вращения щита;  
 $n$  — число включенных домкратов;  
 $P$  — давление жидкости;  
 $S_g$  — площадь поршня домкрата;  
 $k$  — коэффициент трения в шарнирах башмака домкрата;  
 $P_{ш}$  — вес щита;  
 $f$  — коэффициент трения щита о породу.

Из уравнения видно, что момент, создаваемый элеронами, зависит не только от угла их наклона, но и от рабочей площади. Это позволяет создать систему автоматической стабилизации щита, в основу которой положен принцип изменения рабочей площади при постоянном угле наклона. Такой вариант иногда более предпочтителен, так как не требует изменения существующих исполнительных механизмов (элеронов). Опытный образец системы изготовлен на Ясно-ватском машиностроительном заводе и прошел производственные испытания на механизированном щите КТ1-5,6 при сооружении Ленметростроем проходного тоннеля Невско-Василеостровской линии на участке протяженностью 60 пог. м.

Принятая схема аналогична показанной на рисунке, но функция релейного блока заключается в том, чтобы подавать команды на выдвигание или уборку элеронов в зависимости от величины и знака поперечного крена щита. Величина сигнала датчика крена пропорциональна углу поперечного крена, поэтому его можно устанавливать на щите в любом месте. Блок управления для удобства включения размещают рядом с пультом управления машиниста щита. В связи с тем, что планшайба механизированного щита КТ1-5,6 вращается против часовой стрелки, а корпус щита в обратном направлении, элероны устанавливаются так, чтобы они разворачивали корпус щита против часовой стрелки.

Система работает следующим образом. При наличии положительного поперечного крена, вызванного реактивным моментом, сигнал с датчика крена поступает в релейный блок, который включает насос и золотник на выдвигание элеронов, создающих вра-

щающий момент, разворачивающий корпус щита. В результате крен уменьшается и достигает нулевого значения, при котором автоматически выключаются насос и золотник элеронов. Если при этом площадь элеронов такова, что создаваемый ими момент больше реактивного, то щит продолжает закручиваться, вызывая отрицательный крен. Тогда релейный блок подает команду на включение насоса и золотника для уборки элеронов. Площадь их, а следовательно, и создаваемый ими момент, уменьшаются, и щит разворачивается под воздействием реактивного момента. Таким образом, система выбирает площадь элеронов, при которой компенсируется влияние реактивного момента, а поперечный крен приближается к нулю. Система настроена так, чтобы переходный процесс заканчивался за время одной передвигки.

В ходе испытания выяснилось, что при выдвигании элеронов на полную величину, силы обратного хода домкратов оказалось недостаточно для их уборки во время движения щита, поэтому пришлось ограничить ход домкратов элеронов до 100 мм. Кроме того, поскольку система была установлена на работающий щит, включалась она вручную, что нарушало синхронность ее включения и начала движения щита. Указанные причины и наличие внизу корпуса щита кия, предназначенного для уменьшения влияния реактивного момента, привели к тому, что система стабилизации работала в автоколебательном режиме с амплитудой колебания, определяемой чувствительностью релейного блока.

Работа системы оценивалась маркшейдером по показаниям уклономера. Максимальная величина поперечного крена достигала 10 мм или  $0^{\circ}15'$ .

Проведенные производственные испытания опытного образца подтвердили правильность выбранного принципа стабилизации поперечного крена, показали работоспособность системы в условиях строительства тоннеля и возможность обеспечения необходимой точности в соответствии с техническими условиями производства работ. Применение системы значительно облегчило задачу определения положения щита и улучшило условия работы механизмов. После завершения испытания аппаратура передана Ленметрострою для дальнейшей эксплуатации.

## По новой технологии разжатия

М. СТРЕКОЗОВ, П. ПАШКОВ, инженеры

Проходка перегонного тоннеля длиной 1366 м на втором пусковом участке Харьковского метро была запроектирована применительно к механизированному комплексу КМ-24-0 со щитом ЩМР. Отдельные участки в наиболее устойчивых глинистых грунтах предусматривалось выполнить в сборной железобетонной обделке, обжатой в породу, с разжатием по горизонтальному диаметру кольца. Но к началу работ не было проектного комплекса. Поэтому применили механизированный комплекс КМ-24м со щитом ЩН-1м, режущий орган которого выдвинут на 40—50 см за оболочку агрегата.

Эта конструктивная особенность щита, а также сравнительно неустойчивые в шельге свода влажные супеси при значительном обнажении кровли в начальной стадии проходки вызвали осложнения: залипание течек и плохое удаление грунта из-под режущего органа стали причиной заштыбовки скрепкового транспортера влажной глиной. Решение применить сборную железобетонную обделку, обжатую в породу, оказалось малоэффективным, так как механизмы разжатия в данном комплексе не приспособлены для харьковской обделки, отличающейся от унифицированной ребристой.

Технические неполадки привели к развитию горного давления и значительным деформациям колец. Забой продвигался очень медленно. Особую трудоемкость представляла установка разжимных домкратов из-за значительного их веса, стесненности рабочего места и несовпадения разжимных устройств с зазорами кольца.

Изучение характера подвижки железобетонных блоков внутри оболочки щита натолкнуло на мысль перенести узлы разжатия с диаметра кольца в торцы лоткового блока. Проведенные опыты подтвердили преимущество такого вида разжатия. Внутренний диаметр обделки при полном разжатии кольца колебался в пределах 5685 — 5725 мм. После доработки технологии произ-

водства работ, в конструкцию лоткового блока внесли изменения и дополнения. Для размещения и устойчивости разжимных домкратов, концентрации развивающихся усилий в необходимом направлении, а также избежания возможных сколов предусмотрели в торцах лоткового блока специальные гнезда в  $150 \times 400$  мм с плоскостью упора, расположенной перпендикулярно обделке (рис. 1). Габариты блока и его форма остались без изменения. Для заполнения дополнительных зазоров, образующихся при новом способе разжатия, увеличили высоту вкладыша В-1 до 290 мм при сокращении длины до 300 мм (проектные размеры  $220 \times 350$ ).

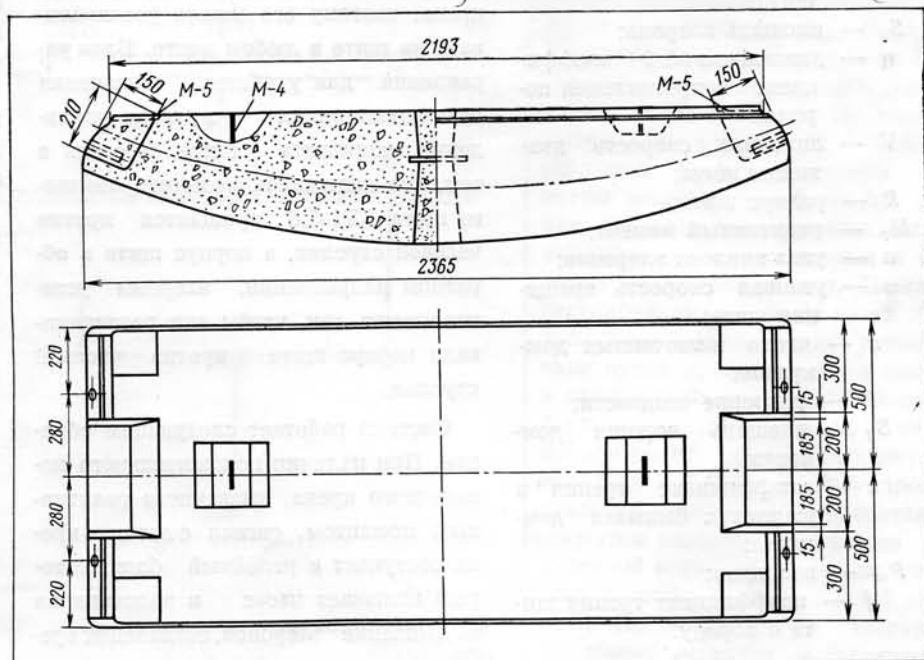
Применение целькового вкладыша позволило сократить число производственных операций. Правда, вес вкладыша несколько завышен (около 75 кг). Более эффективен, на наш взгляд, вкладыш В-2 из двух клиновидных брусков (рис. 2), масса которых не превышает 40 кг. Армирование В-1 и В-2 производится конструк-

тивно спиралью из проволоки  $\varnothing 4$  В1, бетон марки 400. Остальные блоки обделки одного типоразмера. Диаметр разжатого кольца принят 5650 мм.

Новая технология разжатия железобетонной конструкции в породу, кроме уменьшения трудоемкости, исключает металлические фиксирующие устройства, а также заполнение бетоном зазоров после извлечения разжимных домкратов. Разжатие сборной железобетонной обделки с торцов лоткового блока возможно как в устойчивых глинах, так и в рыхлых супесях (при этом геометрия колец вполне устойчива). Монтаж кольца выполняется в строго определенной последовательности, как и при возведении обделки без обжатия, звеном из трех человек.

В гнезда уложенного лоткового блока устанавливаются разжимные домкраты цилиндрами в сторону блоков № 2 и № 3. Затем монтируются остальные блоки обделки: № 2 ставится вогнутым торцом к домкратам, а № 3 — выпуклым. Стыки элементов выполняются на металлических шпильках. Для устойчивости кольца

Рис. 1.



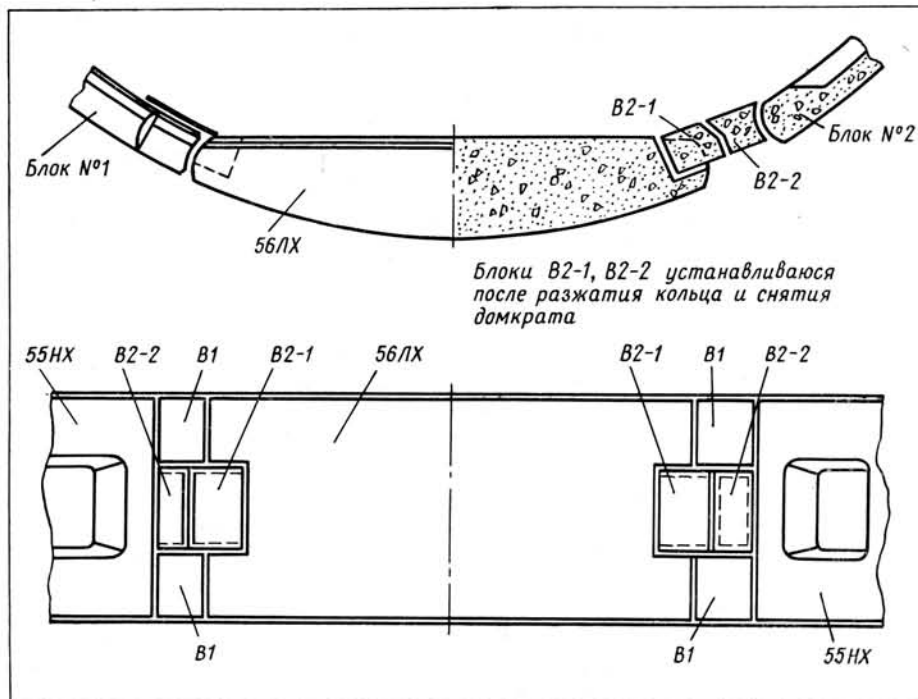


Рис. 2.

блоки №№ 4, 5, 6, 7 поддерживают до полного обжатия обделки в породе выдвигными опорными балками блокоукладчика. После установки последнего блока включают одновременно оба домкрата, производится первичное разжатие кольца в оболочке щита. Величина разжатия ограни-

чивается смыканием блоков конструкции в шельге кольца. Зафиксировав это положение, щит передвигают до схода его оболочки с обделки тоннеля. Затем снова включаются одновременно оба разжимных домкрата, и производится вторичное и окончательное разжатие, величина которого ограничивается заданными проектом зазорами между лотковым блоком и

блоками № 2 и № 3. Достигнув этой величины, в образовавшиеся зазоры устанавливают вкладыши В-1. Затем снимается давление, домкраты извлекаются из гнезд, и на их место ставятся вкладыши В-2. На этом заканчивается процесс обжатия.

В настоящее время сооружение тоннеля механизированным щитом ЩН-1 с обделкой, обжатой в породе, завершена. Эффективность проходки характеризуется значительным сокращением затрат труда и уменьшением расхода цемента для контрольного нагнетания на равную поверхность обделки, установленной без обжатия.

Новый способ применяется не только при работе с механизированным комплексом. СМУ-705 Харьковметростроя освоило и успешно применяет его при проходке перегонного тоннеля обычным щитом. На блокоукладчике установлены поддерживающие балки, изготовлены разжимные домкраты. Порядок сборки кольца и его разжатие аналогичны работе с механизированным щитом.

Снижение трудозатрат на монтаж одного кольца при таком способе обжатия обделки составляет 2,8 чел.-час., а экономия металла от исключения установки фиксирующих устройств и закладных деталей — 24,8 кг.

## Оптимизация режимов тепловлажностной обработки железобетона

С. МОЗОЛЕВСКИЙ, инженер

*Опыт ускоренной тепловлажностной обработки конструкций круговой обделки в многоместных (кассетных) формах на заводе ЖБК Харьковметростроя может быть рекомендован предприятиям аналогичного профиля.*

Возрастающие темпы проходческих работ с вводом механизированного щита потребовали дальнейшего увеличения мощности завода ЖБК Харьковметростроя.

До последнего времени на заводе был принят мягкий режим тепловлажностной обработки: 3,5+7,5+2,5 ча-

сов — без учета того, что изделия продолжают твердеть в многоместных формах. Физико-химические процессы, протекающие в бетоне, приближаются к условиям его твердения в типовых кассетах. Это позволяет рассматривать вопрос о назначении режима тепловлажностной обработки, близкого к применяемому для кассетного производства.

Одна из основных причин назначения форсированных режимов при формировании изделий в кассетах — малая открытая поверхность (2—5%) и, как следствие, относительно небольшая скорость испарения воды затворения.

Открытая часть тюбингов, формируемых «на ребре» в многоместной форме, составляет около 3% суммарной поверхности всех размещенных здесь блоков, т. е. не превышает допустимую.

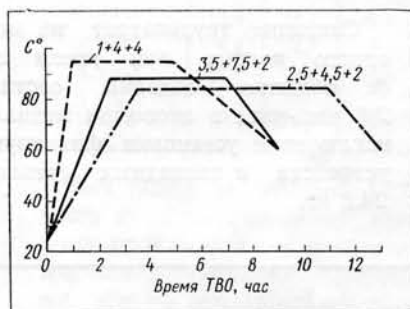
В типовых кассетах происходит неравномерный прогрев, что приводит к неодинаковой прочности бетона в разных участках изделия. При пропаривании же многоместных форм в камерах твердения эти недостатки сглаживаются за счет более постоянных тепловых характеристик контактирующего с бетоном теплоносителя по всей поверхности блоков (которая значительно меньше поверхности изделий,

формируемых в типовых кассетах).

Кроме того, бетон, находящийся в паровой среде пропарочной камеры, менее подвергается высушиванию, чем бетон, не имеющий непосредственного контакта с паром.

На основании вышеизложенного, на заводе ЖБК Харьковметростроя применен форсированный режим тепловлажностной обработки блоков круговой обделки в многоместных формах.

При ускорении твердения изделий в кассетах можно назначить режим прогрева: 1+(4—5)+(3—4), где 1 — подъем  $t^\circ$  до  $90+95^\circ\text{C}$ , (4—5) — изотермичный при набранной температуре; (3—4) — без подачи пара. Возможно, что термообработка на алитовых ПЦ скажется на механических характеристиках изделия, тем более, что к бетону, применяемому в подземном строительстве, предъявляются повышенные требования. Поэтому на заводе внедрен усредненный (между кассетным и ранее применяемым) режим тепловлажностной обработки: 2,5+4,5+2 (см. рисунок).



Проведенные в лабораторных и цеховых условиях испытания показали кубиковую прочность от 290 до 410  $\text{кг}/\text{см}^2$  через 4 часа после распалубки при требуемой отпускной прочности не менее 270  $\text{кг}/\text{см}^2$ , а в 28-суточном возрасте — 398-410  $\text{кг}/\text{см}^2$ , при марочной — 400  $\text{кг}/\text{см}^2$ .

В результате оптимизации тепловлажностного процесса повышены технико-экономические показатели:

удельный расход пара снижен с 0,948  $\text{т}/\text{м}^3$  до 0,650  $\text{т}/\text{м}^3$  или на 36%; коэффициент оборота камеры доведен с 1,25 до 1,6;

при планируемом увеличении производства железобетонной обделки с 22 до 30 колец в сутки отпала необходимость увеличивать число кассетных форм. В будущем предполагается применение бетона, изготовленного на сульфатостойком портландцементе с повышенным содержанием  $\text{C}_2$ .

## СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

### Деформативные и прочностные характеристики железобетонных блоков

М. КАГАН, Я. ШВИДКО, кандидаты техн. наук;  
Г. МАТВЕЕВ, инженер

В производственной практике качество железобетонных блоков оценивается по результатам испытаний образцов, что дает определенное представление о материале, из которого они сделаны, но не характеризует полностью их прочность. Поэтому наряду с отбором проб бетона для многих сооружений приходится периодически испытывать изделия и конструкции.

Для тоннельной обделки проводят испытания колец в натуральную величину и получают результаты, наиболее близкие к реальным. Однако эти испытания трудоемки и дороги, поэтому применительно к заводским условиям их целесообразность весьма сомнительна. Если, например, применить их на Очаковском заводе ЖБК Московского Метростроя, то при суточной производительности 100 блоков потребуется ежедневно разрушать кольцо из 7 блоков. Кроме того, трудоемкость испытаний не позволит выполнить их в течение суток чтобы выдать паспорт на готовую партию изделий.

По свидетельству группы советских специалистов, посетивших в Англии строительство тоннелей с обделкой, обжатой в породе, испытания

ее на прочность и трещиностойкость регулярно проводятся фирмой Киннер Муди. Арку, состоящую из двух или трех натуральных железобетонных блоков, подвергают воздействию активной кольцевой нагрузки, создаваемой гидравлическими домкратами, и реактивных сил со стороны опорной конструкции стенда. При этом реактивное давление передается на наружную поверхность арки через фибровую прокладку толщиной в один дюйм.

Одним из перспективных вариантов определения прочности тоннельной обделки можно считать испытание отдельных (одиночных) блоков. Для этого прежде всего необходимо выбрать оптимальную схему загрузки. Две целесообразные схемы представлены на рис. 1, из которых первая ближе к реальным условиям, а вторая предусматривает работу блока на изгиб, т. е. случай загрузки более невыгодный, чем в кольце, где он подвергается внецентренному сжатию. Естественно, что обе схемы условно отражают работу блока в обделке.

Мы остановились на второй схеме, так как при этом блок работает в более тяжелых условиях, а схема про-

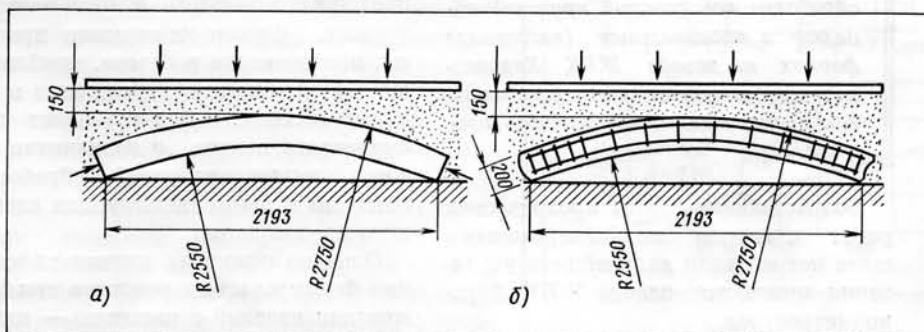


Рис. 1. Схемы испытаний отдельных блоков: а — схема 1; б — схема 2.



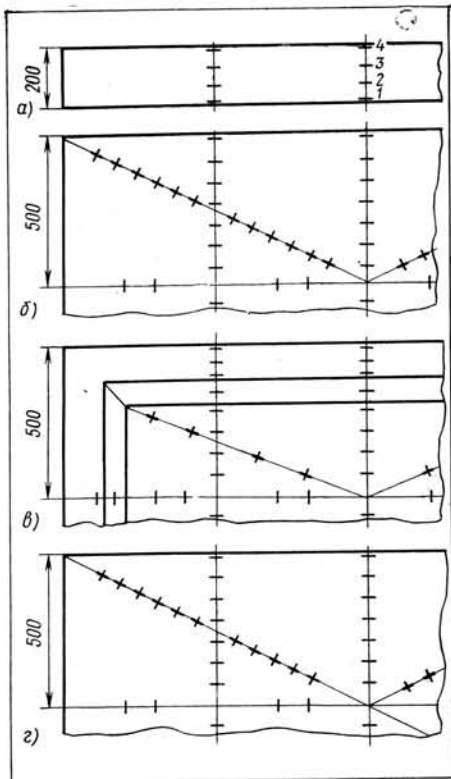


Рис. 2. Схема расположения электротензодатчиков:

а — фланцевая поверхность блока (1, 2, 3, 4 — номера датчиков); б — поверхность со стороны спинки; в — поверхность со стороны кессона ребристого блока; г — то же сплошного; — одинарный датчик; + двойной (крестообразный датчик).

ще и ее легче применить в производственных условиях из-за отсутствия больших нагрузок и затрат времени.

Испытания отдельных блоков проводились на стенде лаборатории кафедры «Тоннели и метрополитены» МИИТа. Опорная рама, на которой размещали блок, состоит из двух

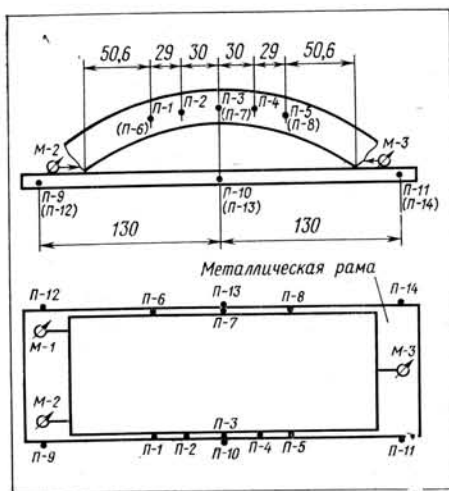


Рис. 3. Схема расположения прогибомеров П и индикаторов (мессур) — М.

швеллерных балок № 20 длиной 3 м, скрепленных металлической полосой толщиной 10 мм. После укладки блока в положение «спинкой вверх» устанавливали ограждающие щиты и засыпали его слоем песка. Усилие создавали двумя домкратами типа ГД-100, которые упираясь на две двутавровые балки № 55, передавали давление через металлическую распределительную плиту на песчаную подушку. Наличие такой подушки обеспечивало равномерно-распределительную нагрузку на блок. Нагрузку увеличивали последовательными ступенями от 0,5 до 2 т/м<sup>2</sup> и после достижения требуемой величины измеряли деформации бетона электрическими датчиками сопротивлений и деформации блока — прогибомерами Максимова. При этом применяли датчики сопротивлений типа II опытного завода ЦНИИСК Госстроя СССР с базой 50 мм, сопротивлением 400 Ом, изготовленные на клее ВФ-2.

Поскольку испытания отдельных блоков по такой схеме ранее не проводились, было установлено значительное число датчиков (рис. 2). По поверхности спинки блока расположе-

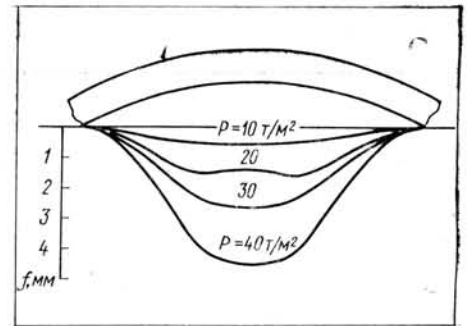


Рис. 4. Вертикальные деформации блока под действием нагрузки.

ния в процессе испытаний). Прогибомеры 9-14 измеряли деформации металлической опорной рамы. При помощи мессур 1-3 измеряли смещения опорных (торцовых) участков блока.

Результаты испытаний видны на рис. 4 и 5. Вертикальные деформации составили 4,5 мм при давлении 40 т/м<sup>2</sup>. Представляют интерес замеры деформаций по толщине блока: в точке I до достижения нагрузки 20 т/м<sup>2</sup> деформаций растяжения практически не наблюдалось; максимальное значение  $\epsilon_{раст}$  достигло

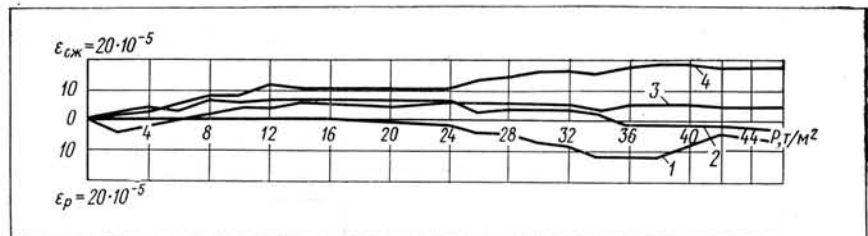


Рис. 5. Зависимость относительных деформаций бетона от нагрузки по толщине блока (цифры на кривых соответствуют номерам датчиков по рис. 2, а).

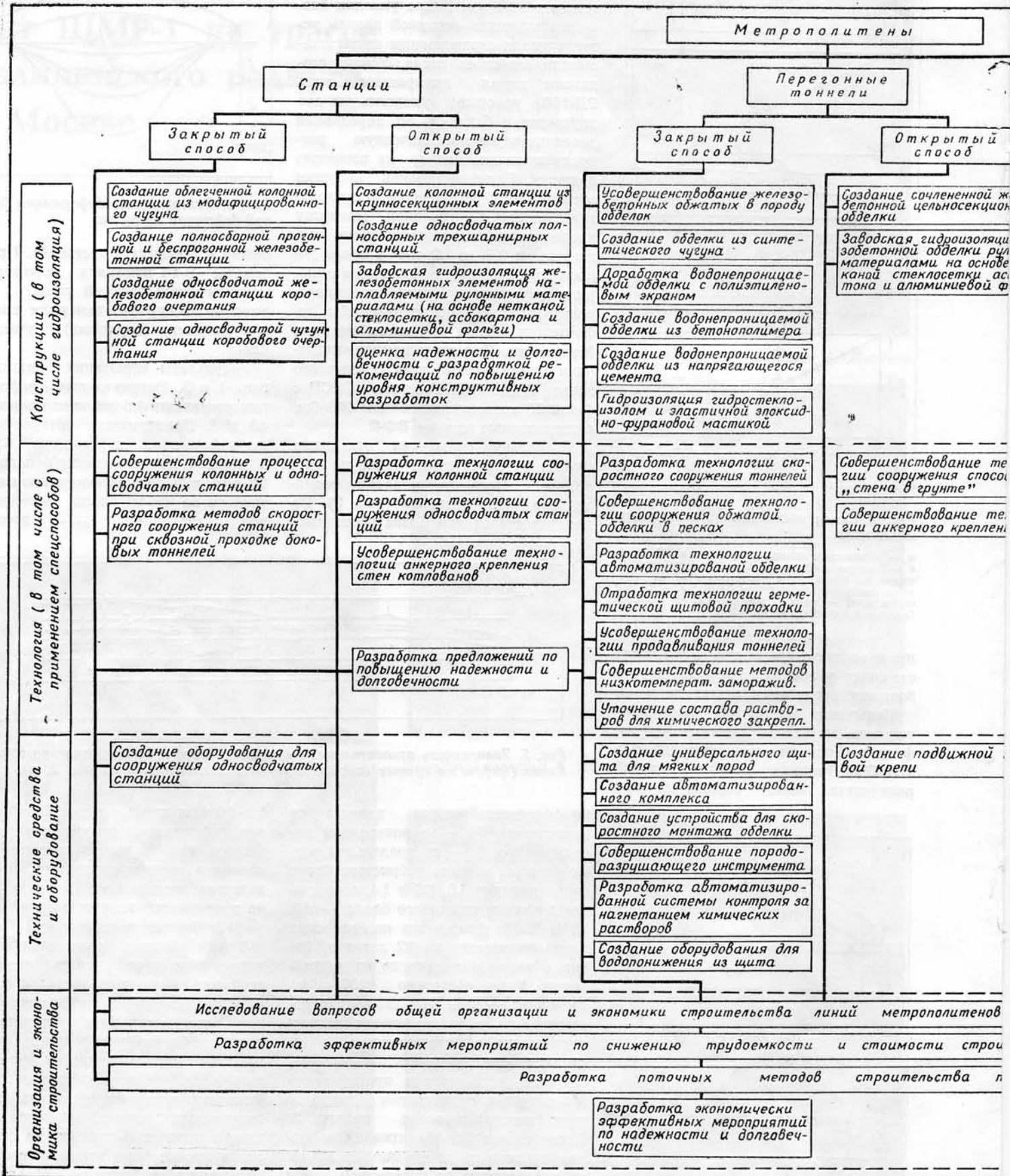
но 44 крестообразных датчика по диагоналям, 58 — в поперечном направлении и 8 — по продольной оси. Со стороны кессона ребристого блока соответственно 16, 66 и 14, а со стороны кессона сплошного блока — 44, 58 и 8. На фланцевых поверхностях блока размещено по 32 датчика. Таким образом общее число их на ребристом блоке составило 238, а на сплошном — 252. Это позволило достаточно полно воспроизвести картину напряженно-деформированного состояния.

Схема расположения прогибомеров Максимова и индикаторов часового типа (мессур) показана на рис. 3. Прогибомеры 1-8 фиксировали деформации блока на расстоянии до 59 см по обе стороны от поперечной оси (предполагаемая область его разру-

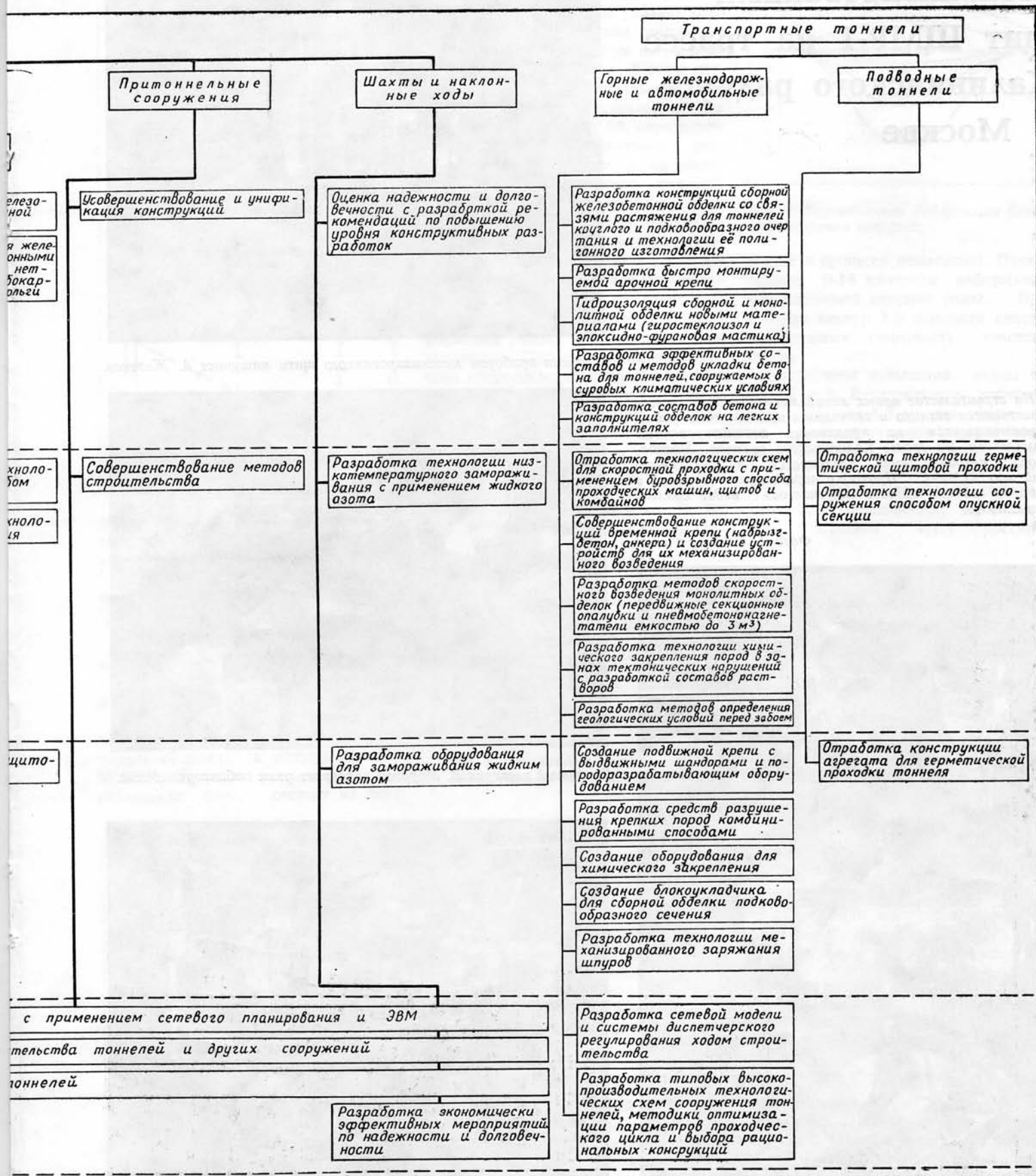
12 · 10<sup>-5</sup> см при давлении 34 т/м<sup>2</sup>. Затем деформации растяжения уменьшались, что вероятно связано с появлением микротрещин и перераспределением напряжений. В точках 3 и 4 на протяжении всех испытаний отмечены деформации сжатия.

Таким образом, предложенная методика позволяет оценить трещиностойкость и прочность отдельного блока. Следует рассмотреть целесообразность систематических испытаний отдельных блоков на прочность и трещиностойкость в заводских условиях, тем более, что рекомендуемая методика позволяет осуществлять их без значительных затрат. В перспективе нужно полностью перейти на определение прочностных характеристик по испытанию не бетонных образцов, а отдельных блоков.

# ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРО



# КОНГРЕССА ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ НА X ПЯТИЛЕТКУ



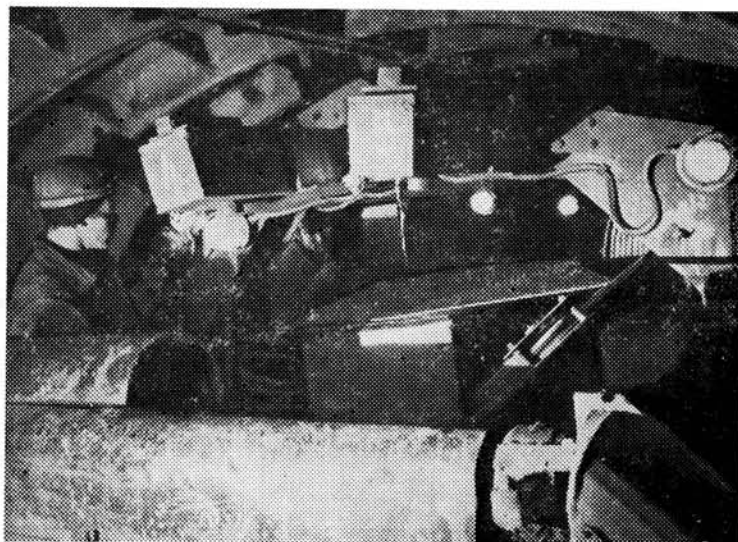
# Механизированный щит ЩМР-1 на трассе Калининского радиуса в Москве

На строительстве новых линий метрополитена совершенствуются техника и технология проходческих работ, основывающихся на применении механизированных комплексов. На трассе Калининского радиуса Московского метрополитена осваивается механизированный щит ЩМР-1. Проходку перегонных тоннелей в сторону станции «Шоссе энтузиастов» ведет коллектив СМУ-5.

Фото А. Спиринова.



У панели приборов механизированного щита машинист А. Житнев.



Дежурный электрик В. Морозов проверяет узлы тюбингоукладчика.



Технологическая платформа за щитом.



На перегоне.

# Эффективен ли поэтапный расчет?

В. СОКОРЕНКО, экономист

Перед работниками экономических служб поставлены задачи дальнейшего совершенствования планирования и учета, улучшения хозяйственно-финансовой деятельности.

Сооружение метрополитенов имеет свои особенности:

1. Строительство ведется концентрированно, системой специализированных организаций. Структура подразделений Московского Метростроя, выполняющих работы собственными силами (в направлении их специализации по видам работ), характеризуется такими данными (табл. 1, в %):

Таблица 1

Показатели	1975 г.	1976 г.
Общий объем строительно-монтажных работ, выполненных организациями Мосметростроя . . . . .	100	100
в том числе:		
общестроительными . . .	7,9	8,2
специализированными . .	92,1	91,8
земляные работы механизированным способом . . . . .	9,6	10,7
отделочные . . . . .	5,1	2,8
электромонтажные . . . .	12,5	8,9
горно-капитальные . . . .	64,9	69,4

2. Основное место занимают подземные работы — закрытым и открытым способом — при наличии городских инженерных коммуникаций и гидрогеологических особенностей.

3. Метростроение требует собственной производственной базы (промышленные предприятия по изготовлению нестандартного оборудования, специфических конструкций и изделий из металла и железобетона, мраморное и гранитное производство и др.).

4. Работы в условиях крупного города обеспечивают устойчивость кадров.

5. Относительно высокая длительность производственного цикла по строительству объектов (до 5 лет и более).

Применение укрупненных расчетов с заказчиками за сданные объекты и этапы вызвало соответствующие изменения в планировании, финансиро-

вании и учете производственной и хозяйственно-финансовой деятельности подразделений Метростроя. Организация поэтапного ведения хозяйства наиболее полно отвечает требованиям аналитического учета строительного производства. При этом общая сумма затрат по этапам составляет себестоимость законченного строительства объекта.

Следует учесть, однако, трудности в оформлении и шифровке первичных документов по каждому этапу (нарядов на заработную плату, отчетов по расходу материалов, нарядов-книжек на использование строительных машин и механизмов и т. д.), особенно, если работы ведутся одновременно на нескольких этапах. Главная же трудность — большое число учетных и калькулируемых единиц на возводимом объекте.

При разбивке сметной стоимости строящейся линии метрополитена на этапы их количество иногда превышает 2500. Так, на сооружении Калининского радиуса, протяженностью 12 км с шестью станциями, сметная стоимость объекта разбита на 2376 этапов. (Причем стоимость одного этапа колеблется от 0,5 тыс. до 500 тыс. руб.). Каждая строительная организация должна произвести и сдать заказчику от 200 до 500 этапов, а в течение года работы ведутся, как правило, на 70—100.

Это затрудняет введение поэтапного учета затрат. В отдельных организациях удается наладить такой учет основного строительного производства (например, на СМУ-6). Но, казалось бы, начав хорошее дело, работники СМУ-6 встретились с существенными проблемами. Обнаружилось, что размер фактических затрат на горнопроходческих работах резко колеблется в зависимости от геологических условий. А уловить эти колебания в разрезе отдельных этапов работ довольно сложно. В то же время оценка фактической себестоимости — необходимое условие контроля и анализа соблюдения нормативного уровня затрат на строительное производство в наи-

более конкретном их виде. Однако реализовать эту возможность в настоящее время крайне трудно. Практика работы Московского Метростроя показывает, что перевод горнопроходческих работ на финансирование по этапам не оправдывает себя. Во-первых, значительно осложнилось планирование горнопроходческих работ. Стоимость этапа, предусмотренная в плане, согласно смете к техническому проекту, после окончания работ пересчитывается по рабочим чертежам. Она либо повышается, увеличивая тем самым выполнение плана реализации и объема выполненных работ, либо уменьшается — тогда при сдаче этапа считается, что организация не выполнила план строительно-монтажных работ и план реализации продукции. В этом случае смета как единственный документ, определяющий стоимость строительства, теряет свое практическое значение.

Кроме того, при расчетах за готовые этапы финансовые трудности организаций усугубляются также установленным порядком расчетов с бюджетом по прибыли. Отчисления от балансовой прибыли вносятся, исходя из ее фактического размера, а нереализованная прибыль в виде излишка оборотных средств — согласно плановому расчету. Следовательно, строители поставлены в условия, когда при досрочной сдаче этапов нереализованную прибыль, перешедшую в реализованную, они в полной сумме вторично перечисляют в бюджет и тем самым ухудшают свое финансовое положение.

Увеличился и усложнился также документооборот между Метростроем и Стройбанком по расчетам за готовые этапы (графики сдачи этапов, пересчет объемов выполненных работ, расшифровки к отчетности и др.).

Строительные организации в целях выполнения одного из основных показателей — плана прибыли, в первую очередь, стремятся сосредоточить все материальные и финансовые ресурсы на сдачу (даже и досрочно) рентабельных этапов. Поэтому при

анализе отчетности мы иногда наблюдаем картину, когда по сданным этапам рентабельность значительно выше (разрыв составляет 10 и более процентов), чем в незавершенном строительстве. Несмотря, казалось бы, на благополучное завершение годового плана прибыли в отчетном году, организация ставит себя в трудное положение с выполнением этого показателя в последующие годы. Это в конечном итоге приводит к снижению отчислений в фонды экономического стимулирования. Выполнение задания по снижению себестоимости строительного-монтажных работ за 1977 г. по отдельным подразделениям Мосметростроя представлено (в табл. 2, в %):

Таблица 2

Наименование подразделений	В целом по организации (отчет ф. № 2-с)		Реализация строительной продукции, факт.	Незавершенное строительное производство на 1.1.78 г.
	задание	отчет		
Мосметрострой	10,3	10,5	7,6	6,8
в том числе:				
ТО № 6	8,4	8,4	4,6	17,8
СМУ-1	13,4	13,7	14,1	8,9
СМУ-2	8,3	8,3	6	6,2
СМУ-6	18,6	19,8	10,5	11,4
СМУ-8 и т. д.	6,4	6,6	1,8	1,8

Как видно из таблицы, рентабельность по незавершенному строительному производству у организаций ниже, чем установлено заданием, и ниже, чем по реализованной продукции (за счет более низкой ее рентабельности на начало года).

В конечном итоге выполнением плана прибыли находится в прямой зависимости от выполнения задания по снижению себестоимости строительного-монтажных работ. При этапных расчетах наблюдается и такая картина: организация не справляется с заданием по снижению себестоимости, но зато выполняет план прибыли, и поэтому может произвести отчисления в фонды экономического стимулирования. Таким образом, общий результат хозяйственной деятельности за определенный период времени (квартал, полугодие) делится на две части — положительное (рентабельные этапы) остается в отчетном периоде, а допущенное удорожание переходит на другой квартал. Поэтому показатель реализованной строительной продукции ничего не говорит о фактических издержках производства за отчетный период.

В целях улучшения финансового положения, упрощения учета производственных затрат, повышения роли хозяйственного расчета на Московском Метрострое в порядке эксперимента осуществлен перевод с 1 января 1978 г. строительства Калининского и Серпуховского радиусов за счет кредита, предоставляемого Стройбанком СССР подрядным организациям в размере полной сметной стоимости.

Для ознакомления с работой строительных организаций в условиях такого эксперимента работники экономических служб Управления Мосметростроя выезжали в Ленинград, где изучили опыт работы Треста № 36 Главзапстроя. Этот опыт позволяет отметить следующее:

финансовое положение строительных организаций становится более устойчивым;

повышается требовательность к выполнению принятых обязательств;

упрощается учет затрат на строительное производство, уменьшается документооборот, а также форма взаимоотношений по расчетам за выполненные работы;

возрастает роль текущего контроля за деятельностью строительных организаций;

в связи с тем, что при возведении объектов за счет кредита, предоставляемого Стройбанком СССР в размере полной сметной стоимости, весь объем выполненных строительного-монтажных работ считается реализованной продукцией. При этом значительно снижается объем незавершенного строительного производства, упрощается учет затрат и составление отчетности по себестоимости строительного-монтажных работ. Задание по снижению себестоимости более тесно увязывается с планом прибыли.

Однако в системе финансовых расчетов посредством банковского кредита имеются и такие особенности, которые могут сдерживать ее развитие. Это высокий размер платы за пользование кредитом под незавершенное строительство, тем более, что такие расходы относятся на результаты финансово-хозяйственной деятельности подрядных организаций.

В целом же имеются основания считать, что осуществление рассматриваемого способа расчетов в строительстве послужит дальнейшему совершенствованию методов хозяйствования, будет способствовать улучшению конечных его результатов и своевременному вводу в действие объектов метростроения.

Экспериментальные исследования состояния изоляции электрических сетей напряжением 0,4 кВ, проведенные Московским горным институтом в 1976—1977 гг. на объектах метростроя семи городов, показали, что, несмотря на различные условия работы электроустановок, применяемое электрооборудование, его техническая эксплуатация и принципы построения схем электроснабжения стройплощадок практически одинаковы.

Обработка и анализ полученных данных были выполнены на основе положений и методов теории вероятностей и математической статистики с применением ЭЦВМ «Минск-32». При этом установлено, что параметры полного, активного и емкостного сопротивлений изоляции для отдельных электрических сетей по каждому из управлений не являются однородными ввиду существенного различия дисперсий и математических ожиданий. Величина математических ожиданий зависит, в основном, от протяженности электрических сетей стройплощадок и количества подключенного электрооборудования (трансформаторов, двигателей, распределительно-коммутиционной аппаратуры и т. п.).

В результате корреляционного анализа экспериментальных данных получены зависимости параметров изоляции электрических сетей от числа  $N$  подключенного оборудования и протяженности  $L$  кабельных линий (рис. 1).

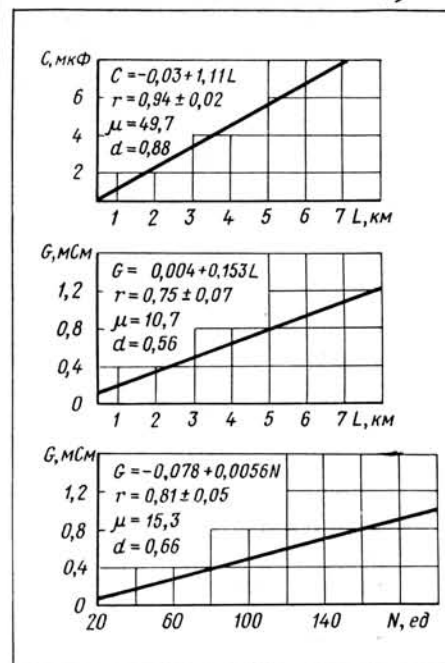


Рис. 1. Зависимости параметров изоляции сетей от протяженности кабельных линий и количества подключенного электрооборудования.

# Выбор параметров электрических сетей 0,4 кВ

Л. ГЛАДИЛИН, проф., доктор техн. наук;  
Г. БОГОМОЛОВ, М. ЖАНЗАКОВ, А. ШЕВЧЕНКО, инженеры

Высокие значения коэффициентов корреляции  $r$ , детерминации  $d$  и критерия Ляпунова  $\mu$  свидетельствуют, что связь между анализируемыми признаками достаточно тесна и надежна.

Уравнение множественной корреляции, выражающее зависимость активной проводимости  $Q$  изоляции электрических сетей от количества подключенного оборудования и протяженности кабельных линий, имеет вид:

$$G = -0,089 + 0,004N + 0,0583L, \text{ мСм} \quad (1)$$

$(R = 0,83 \pm 0,05; D = 0,68; \mu = 16,6).$

Корреляционная зависимость  $G = f(N; L)$  позволяет определить значения  $N$  и  $L$ , обеспечивающие критическую величину активной проводимости изоляции сети  $G_{кр}$ , при которой ток, протекающий через человека при прикосновении его к фазе сети, не превысит допустимый.

Так как коэффициент несимметрии фазных напряжений, определяющий несимметрию проводимостей изоляции отдельных фаз сети, незначительно отличается от нуля, принимаем, что активные проводимости изоляции и емкости фаз относительно земли равны. Следовательно,  $G_{кр} = 3g_{кр}$ .

Критическая проводимость изоляции фазы сети  $g_{кр}$  определяется по формуле:

$$g_{кр} = \frac{2n^2 g_{ч} + \sqrt{n^2 g_{ч}^2 + \omega^2 C_{\phi}^2 (13n^2 - 36n^4 - 1)}}{1 - 4n^2}, \quad (2)$$

где  $n = \frac{I_{ч}}{3V_{\phi} g_{ч}}$ .

Здесь  $I_{ч}$  — предельно допустимый безопасный ток, А;

$V_{\phi}$  — фазное напряжение сети, В;

$g_{ч}$  — проводимость тела человека, См (сопротивление тела человека  $R_{ч}$  принимаем равным 1000 Ом);

$\omega$  — угловая частота тока, Гц;

$C_{\phi}$  — емкость фазы сети относительно земли, Ф.

При увеличении емкости сети, как видно из формулы (2), критическая проводимость изоляции сети уменьшается и имеется такая предельная емкость, выше которой при любых величинах проводимости изоляции достичь протекания через тело человека безопасного тока невозможно. Предельную емкость фазы находим из выражения:

$$C_{\phi \text{ кр}} = \frac{ng_{ч}}{\omega} \sqrt{\frac{1}{1 + 36n^4 - 13n^2}}. \quad (3)$$

Тогда предельное значение емкости сети относительно земли, с учетом равенства емкостей отдельных фаз, будет равно  $C_{кр} = 3C_{\phi \text{ кр}}$ .

На основании  $G = f(N; L)$  построена зависимость протяженности кабельных линий от количества подключенного оборудования  $L = f(N)$  для критических значений  $G_{кр}$  и  $C_{кр}$  при принятой величине безопасного тока.

В настоящее время в отношении величины предельно допустимого безопасного тока нормативные данные отсутствуют. Комиссия по электробезопасности Научного совета по проблеме «Охрана труда» Госкомитета Совета Министров СССР по науке и технике и ВЦСПС разработала проект «Временных норм допустимых напряжений прикосновения и токов через тело человека», где приведены допустимые величины синусоидальных токов в зависимости от продолжительности их воздействия. Однако эти нормы еще не утверждены. Поэтому предлагаемая методика основывается согласно «Правилам изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования» (М., «Энергия», 1969) на предельно безопасной величине длительного тока 30 мА.

Зависимости  $L = f(N)$  для предельно допустимого безопасного тока 25 мА приведены на рис. 2 (прямые 1 и 2).

Прямая 1 соответствует критической проводимости изоляции сети  $G_{кр} = 0,0084$  мСм при емкости сети  $C_{кр} = 0,363$  мкФ, прямая 2 соответственно при  $G_{кр} = 0,123$  мСм и полной компенсации емкости сети. При этом области, расположенные ниже прямых 1 и 2, являются безопасными зонами работы сети, определяющими соответственно при компенсации емкости сети до  $C_{кр} = 0,363$  мкФ протяженностью кабельных линий  $L = 1,7$  км или количеством оборудования  $N = 25$  ед.; при полной компенсации емкости сети —  $L = 3,64$  км или  $N = 53$  ед.

Максимальная емкость сети, которая может быть скомпенсирована применяемыми на стройплощадках метрополитенов реле утечки типа АЗАК, составляет 1 мкФ/фазу, что обуславливает необходимость ограничить протяженности кабельных линий. Критическая протяженность сети, согласно приведенной выше зависимости  $C = f(L)$ , составит  $L_{кр} = 2,7$  км (прямая 3).

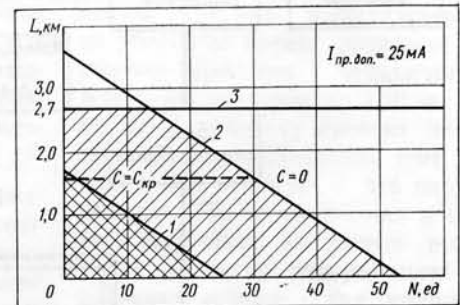


Рис. 2. Безопасные зоны работы электрической сети.

Следовательно, безопасная работа электроустановок 0,4 кВ на стройплощадках метрополитенов при существующем электрооборудовании и уровне его технической эксплуатации обеспечивается при полной компенсации емкости электрической сети и следующих ее параметрах: протяженности кабельных линий, не превышающей 2,7 км, и количестве подключенного электрооборудования не более 12 ед. При 30 ед. оборудования (см. рис. 2) протяженность линий составит 1,5 км. Увеличение количества оборудования возможно лишь при повышении уровня технической эксплуатации и применении электрооборудования рудничного нормального исполнения. Таким образом, выполненный анализ указывает на необходимость деления сетей стройплощадок с целью обеспечения условий электробезопасности.

## Автоматическое регулирование давления в шлюзовой камере

Ю. БЛЯХМАН, канд. техн. наук;  
В. БЛЮМКИН, А. РОВКАХ, инженеры

Задача автоматизации регулирования давления воздуха в шлюзовой камере при проходке тоннелей в водонасыщенных грунтах является весьма актуальной.

ПКВ Главстроймеханизации совместно с ЦНИИС были проведены исследования процессов компрессии и декомпрессии и составлен рабочий проект системы автоматического регулирования давления воздуха в шлюзовой камере (САРД), которая устранит имеющиеся недостатки и обеспечит объективный контроль и регулирование основных параметров процесса с соответствующей их регистрацией. САРД создана на базе технологических требований, отражающих основные положения производства работ в условиях кессона. Согласно этим требованиям система автоматического регулирования давления воздуха в людском и аварийном шлюзах долж-

на обеспечивать: круглосуточное регулирование процессов шлюзования и вышлюзовывания по заданным режимам в соответствии с «Правилами безопасности при производстве работ под сжатым воздухом»; регулирование номинальной величины давления сжатого воздуха в пределах от 0,1 до

2,7 ати с точностью  $\pm 0,15$  ати; быстроту действия в пределах 10—15 с; автоматическую запись процессов шлюзования и вышлюзовывания с фиксацией начала и конца режимов и световую их сигнализацию; поддержание заданного давления при внешнем отключении питания; возможность перехода с автоматического регулирования на дистанционный (ручной) режим управления процессом.

Система рассчитана на работу в шахтных условиях с температурой окружающей среды от 0 до  $+25^{\circ}\text{C}$ , относительной влажности 80% при незначительной запыленности среды и нормальном атмосферном давлении. Управление САРД осуществляется из зоны нормального давления с расположением панели непосредственно у камеры шлюзования.

Выбор структуры системы регулирования, а также ее параметров невозможен без знания зависимостей между давлением, температурой и расходом воздуха. С этой целью на стадии разработки технического задания был проведен ряд экспериментов в барокамере Бароцентра ВНИИ клинической и экспериментальной хирургии АМН СССР. Исследования выполняли в условиях, близких к реальным производственным. Параметры воздуха (температура, давление, расход) в камере записывали автоматическими самописцами в одинаковом масштабе времени. Положения регулирующих клапанов на входном и выходном трубопроводах регистрировали путем хронометража и заносили в специальные таблицы. Давление в барокамере увеличивали от 0 до 2,7 ати (шесть ступеней) со скоростью от 0,1 до 0,5 атм/мин. Регулирование давления производили при закрытом и открытом выходном клапане с постоянной величиной проходного сечения (режим с вентиляционной продувкой). Проводили также эксперимент по сбросу давления в барокамере от

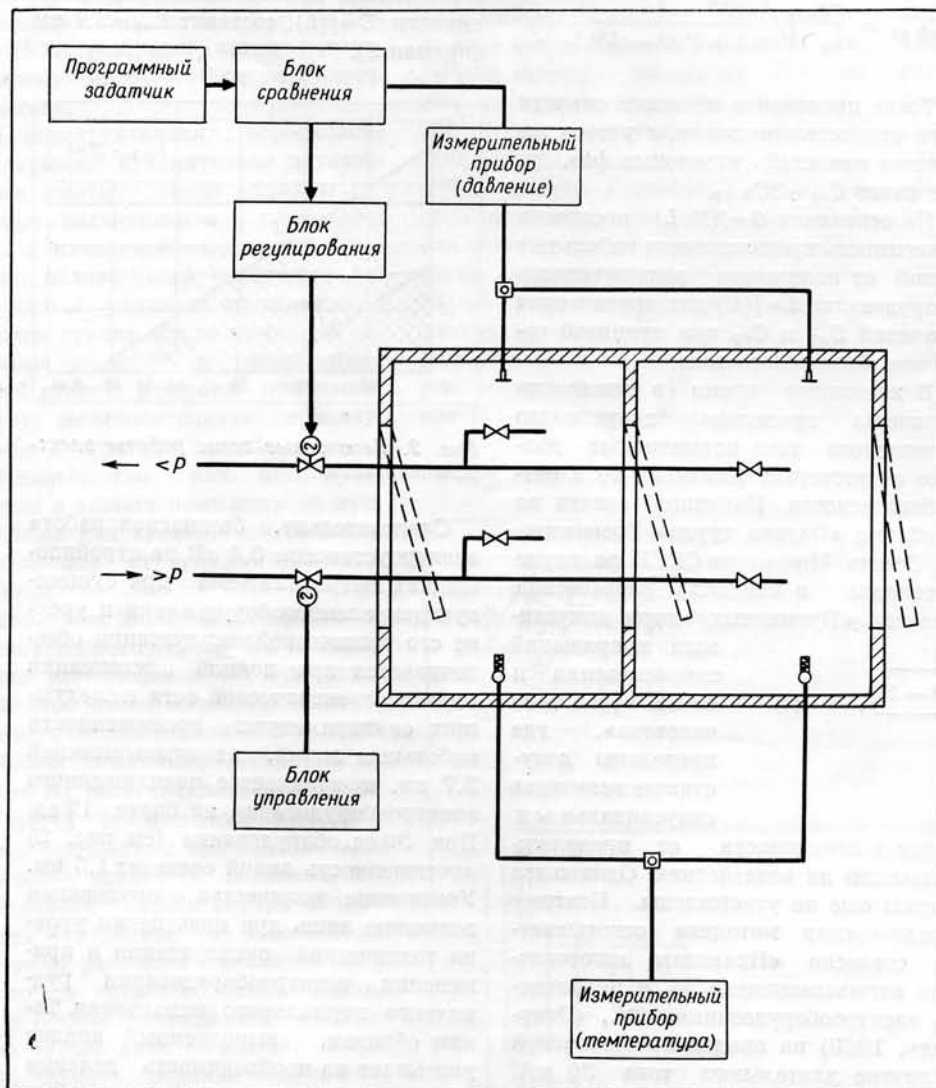


Рис. 1. Схема трубопроводов и запорной арматуры автоматизированной шлюзовой камеры.



2,7 ати до 0 со скоростью 0,3 атм/мин, с шестью остановками и выдержкой на каждой от 11 до 47 мин. При этом давление регулировали выходным клапаном при закрытом и открытом его положении с постоянным сечением (с вентиляционной продувкой камеры). Исходная температура воздуха в камере 23—25°C.

В ходе экспериментов было установлено, что при подъеме давления в соответствии с программой температура в камере возрастает до 38°C. При выходе из шлюзовой камеры рабочие попадают в зону с температурой воздуха 20—23°C, т. е. перепад составляет 15°C, что отрицательно сказывается на их здоровье. В первой фазе режима декомпрессии температура резко понижается до 15—17°C. При пониженном давлении такой перепад температур и установившаяся затем температура вызывает переохлаждение организма, что часто приводит к нежелательным последствиям. При дальнейшем снижении давления по указанной программе (со ступенями 0,3 атм) перепад температуры составляет 3—4°C на ступень. За время остановки температура восстанавливается до исходной (т. е. во второй фазе режима декомпрессии она колеблется в пределах 15÷19°C).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при подъеме давления необходима вентиляция шлюзовой камеры холодным воздухом, но с температурой не ниже +5°C. При более низкой температуре происходит накопление конденсата в трубопроводах, что приводит к их преждевременному выходу из строя. Расход приточного и выходящего из камеры воздуха должен быть таким, чтобы температура в камере не превышала 30°C. Так как в режиме декомпрессии температура воздуха в камере понижается, нужно производить вентиляцию ее теплым воздухом. Это требуется также для удаления углекислого газа, выделяющегося в процессе жизнедеятельности шлюзуемого персонала.

Разработанная САРД предусматривает автоматизацию шлюзовой камеры, спроектированной ПКБ Главстроймеханизации, которая представляет собой цилиндрический сосуд объемом 32 м<sup>3</sup>. Сборно-разборная конструкция камеры состоит из отдельных полуколец, что позволяет перемещать ее в разобранном виде в зону высокого давления через материальный шлюз действующей камеры. В ней предусмотрена возможность вен-

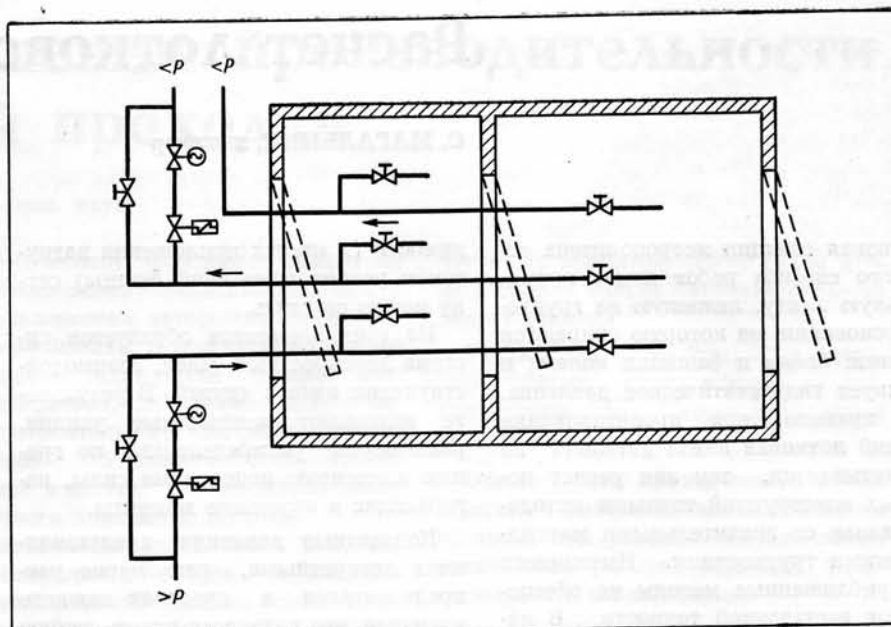


Рис. 2. Блок-схема системы автоматического управления.

тиляции проточным воздухом. По одному из трубопроводов (рис. 1) подается воздух в камеру и прикамерок, по другому отводится. На каждом трубопроводе имеется регулирующий клапан с электрическим исполнительным механизмом, а последовательно с ним расположен кран с электромагнитным приводом для возможности мгновенного закрытия трубопроводов в аварийной ситуации. Параллельно электроуправляемому клапану установлен регулирующий вентиль с ручным управлением для возможности перехода на дистанционный (ручной) режим. Кроме того, в соответствии с требованиями «Правил безопасности при производстве работ под сжатым воздухом» на каждом трубопроводе внутри камеры и в прикамерке находятся вентили ручного управления для вмешательства шлюзуемого персонала, в случае необходимости, в процесс изменения давления воздуха.

Система автоматического управления (рис. 2) включает в себя: программный задатчик; прибор для измерения давления воздуха в камере; блок управления регулирования, формирующие и управляющие сигналы для исполнительных механизмов и регулирующих клапанов, установленных на входном и выходном трубопроводах; прибор для измерения температуры воздуха в камере. Программа, нанесенная на бумажную ленту в виде линии, протягивается через устройство, отслеживающее ее положение и вырабатывающее программный

сигнал, который сопоставляется в блоке сравнения с сигналом прибора, измеряющего давление в шлюзовой камере. Блок сравнения представляет собой уравновешенный мост, одним плечом которого является реохорд программного задатчика, а другим — реохорд измерительного прибора. Сигнал разбаланса поступает на регулирующий блок, который, реализуя определенный закон, воздействует на исполнительный механизм клапана, установленного на выходном трубопроводе и изменяет давление в шлюзовой камере. Измерительный прибор фиксирует эти изменения, перемещая движок реохорда в блоке сравнения. Перемещение движка продолжается до тех пор, пока значения сопротивлений реохордов задатчика и измерительного прибора не станут равными, т. е. пока не наступит баланс мостовой схемы. При дальнейшей обработке программы во времени движок реохорда задатчика переместится и вновь мост окажется разбалансированным, что приведет к новому воздействию на выходной клапан. Давление в камере будет изменяться, пока мост опять не сбалансирован. Таким образом, происходит автоматическое программное управление процессом. Для осуществления вентиляционной продувки камеры клапан на входе должен быть открыт на величину, зависящую от первоначального давления в камере. Управление всеми приборами и устройствами системы осуществляет релейный блок.

# Расчет лотковой плиты

С. МАГАЛЬНИК, инженер

Типовая станция метрополитена открытого способа работ имеет прямоугольную плиту, лежащую на грунтовом основании, на которую опираются стеновые блоки и башмаки колонн и действует гидростатическое давление. Как правило, при проектировании станций лотковая плита детально не рассчитывается, так как расчет подобных конструкций точными методами связан со значительными математическими трудностями. Имеющиеся же приближенные методы не обеспечивают достаточной точности. В настоящей статье предлагается дискретный метод расчета плит прямоугольного или более сложного очертания в плане на грунтовом основании, описываемом различными моделями.

Основные положения разработанного метода рассмотрим на примере прямоугольной симметрично нагруженной плиты (см. рисунок). Разбиваем плиту на конечные элементы, число которых  $n$  определяется необходимой точностью расчета и имеющимися вычислительными средствами. В данном случае получаем 48 прямоугольников со сторонами  $C_{\xi}$  и  $C_{\eta}$ . При необхо-

димости (в местах приложения нагрузок и резких изменений формы) сетку можно сгустить.

Из этих элементов образуется система перекрестных балок, взаимодействующих одна с другой. В результате возникают неизвестные усилия, равномерно распределенные по граням элементов: поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты.

Контактные давления представляются дискретными, равномерно распределенными в пределах каждого элемента, что позволяет учесть любую модель грунта с применением соответствующих функций влияния.

Перемещения плиты вычисляем как перемещения осей балок обоих направлений по смешанному методу расчета Б. Н. Жемочкина. Осадки основания определяются принятой моделью грунта. Все силы, действующие на плиту в целом и на любой элемент, находятся в статическом равновесии. Общее число неизвестных (силовые факторы по площадкам сопряжения элементов, а также линейные и угловые перемещения опор балок основной системы) составляет  $7n$ . В нашем

случае при симметричных конструкциях и нагрузке достаточно рассмотреть четверть плиты, при этом число неизвестных равно  $7 \cdot 12 = 84$ .

Для решения системы составляем:  $3n$  уравнений равновесия каждого элемента,  $n$  — совместности линейных перемещений плиты в местах пересечения осей балок обоих направлений,  $2n$  — равенства углов изгиба балок одного направления углам закручивания балок другого направления,  $n$  уравнений совместности линейных перемещений плиты и основания. Таким образом, число уравнений соответствует числу неизвестных. Решение их реализуем на ЭВМ типа «М-20» при помощи метода окаймления, который позволяет решать систему уравнений до 113-го порядка при высокой точности определения ее корней и минимальных затратах машинного времени ( $\approx 3$  мин.). Правильность контролируется выполнением условий равновесия.

Искомые силовые факторы в различных сечениях плиты определяем из рассмотрения балок системы, осадки основания находим по формулам, соответствующим принятой модели грунта. В случае несимметричной нагрузки ее следует заменить четырьмя нагрузками, как это принято в системах с двумя осями симметрии, затем необходимо провести четыре независимых расчета и результаты сложить.

Хорошая сходимость результатов, полученных по предложенному и точным методам для всех расчетных категорий прямоугольных плит, лежащих на упругом основании, свидетельствует о его высокой точности.

Анализ показывает, что рассмотренный метод может быть использован при расчете плит переменной жесткости более сложного в плане очертания. Реализация его на ЭВМ позволяет полностью автоматизировать расчет.

Таким образом, при помощи разработанного метода можно довольно просто и с высокой точностью производить расчеты лотковой плиты станции метрополитена открытого способа работ при различных геологических условиях и разнообразных вариантах ее формы и нагружения.

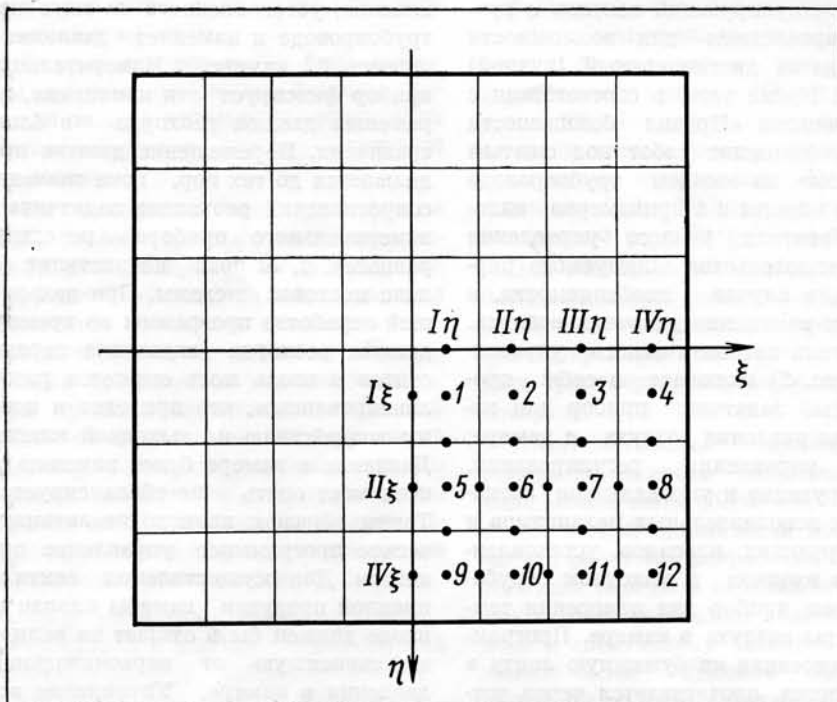


Схема разбивки плиты на конечные элементы.

## Дюбельные соединения в экструзионных асбоцементных панелях

А. ИЦКОВИЧ, канд. техн. наук

При устройстве внутренних конструкций служебных и технических помещений вестибулей и станций метрполитена\* целесообразны асбоцементные панели, получаемые способом экструзии, и плиты вакуум-силового проката.

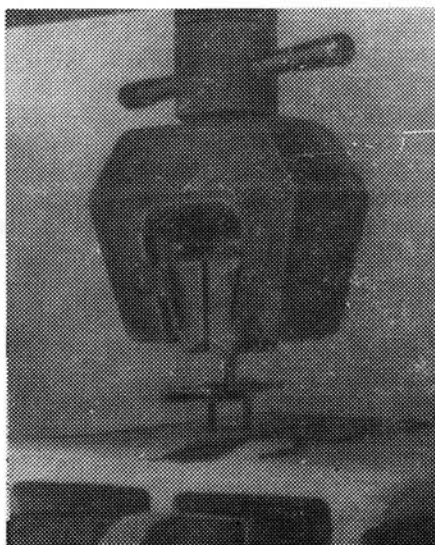
Одно из требований, предъявляемых к внутренним конструкциям, — возможность закрепления (навешивания) сантехнических устройств. Наиболее распространено клеммерное соединение, сопрягаемое со стальными полосами, которые пристреливаются к перегородкам дюбелями. Чтобы найти варианты использования панелей, получаемых экструзией и способом вакуум-силового проката, для внутренних конструкций, необходимо рассмотреть условия навешивания или крепления к ним эксплуатационных устройств и механизмов. В ЦНИИСе проведены исследования зависимости прочности соединения металлических полос от силовых воздействий (отрыв, растяжение).

Дюбели воспринимают усилия растяжения в плоскости, перпендикулярной наружной поверхности стеновых панелей. В связи с чем дюбели испытывались на отрыв в зависимости от толщины асбоцементной обшивки экструзионных панелей и формованной массы асбоцемента в плитах, изготовленных вакуум-силовым способом. Эксперименты проводили на шести типах образцов. Фрагменты панелей изготовлены на опытно-производственном предприятии ВНИИ-Проектаасбоцемент.

Известно, что в процессе отверждения асбоцементной массы листовые образцы деформируются. Причем отгиб (коробление) связан с неравномерным распределением влаги по толщине. Интенсивность коробления ас-

бестоцемента можно снизить пропаркой в процессе отверждения, а также изготовлением листового асбоцементного прессованием.

Для испытаний приняты асбоцементные конструкции, отвержденные различными способами. Ряд экструзионных панелей не подвергался тепло-влажностной обработке в автоклавах.



Крепление образца в захватах пресса

Ее проводят для ускорения отверждения асбоцемента, так как сам процесс продолжителен (3—4 месяца). Кроме того, в процессе пропаривания с последующим водонасыщением повышается степень гидратации асбоцементного и его клинкерных материалов-минералов (силикатов кальция). Тепло-влажностная обработка снижает внутренние усадочные напряжения.

Ни один из действующих ГОСТов не предусматривает методов испытания стальных полос, пристреленных дюбелями к экструзионным панелям из асбоцемента. И намеченной программе предшествовали поиски —

выбор геометрических размеров крепежных устройств, обойм для образцов, машин, режима и скорости испытаний.

Чтобы выяснить воздействие пристреленных дюбелей на асбоцементную обшивку, в зависимости от шага крепежа, стальные полосы и уголки, пристреленные двумя дюбелями, распилили поперек — в каждом отрезке оставался один дюбель. На расстоянии 25 мм по обе стороны от него в стальной полосе рассверлили отверстия и нарезали резьбу, в которую ввернули болты М6. Их крепили к траверсе и закрепляли через шарнирные захваты в подвижной головке пресса.

Панель помещалась в стальную сварную обойму, куда вводилась Т-образная траверса. Ее центральный стержень устанавливался через шарнирные захваты в неподвижной головке универсального пресса.

Испытания проводили на машине Инстром (Instrom), мощностью 10 т по шкале 200 и 500 кг. Машина обесценивала измерение нагрузки с погрешностью 0,5%. Нагрузку передавали равномерно со скоростью 1 мм в мин. на первых двух образцах и 2 мм в мин. на остальных.

Из-за возникших деформаций в верхней траверсе испытания не дали должного результата. Кроме того, сварные сопряжения обойм и изгиб плоскости обшивок, появляющийся в процессе отверждения (на заводе) экструзионной панели, вызвали искажения. Последующие образцы устанавливали и закрепляли в прессе по измененной методике. Шарнирные захваты подвижной траверсы демонтировали. Болт, скрепляемый с траверсой и ведущий к дюбелю, устанавливали в захваты подвижной части пресса (см. рисунок). Образцы (фрагменты экструзионных панелей) надежно крепили к подвижной траверсе маши-

\* «Метрострой», 1977, № 4

ны мощными струбцинами. Чтобы избежать образования трещин в обшивке от местного смятия струбцинами, уложили деревянные прокладки. Кратность образцов была принята 10. Таким образом, прочность крепления стальных полос подсчитывали по средним значениям из десяти образцов. Исследования обнаружили значительные колебания в величинах. Минимальная механическая прочность на отрыв дюбеля (26 кг) в 1,7 раза превышает нормативную, когда забивают дюбель в железобетон М-200. Окончательные результаты следует дать после дополнительных испытаний панелей натуральной величины с пристреленными дюбелями.

Пристрелка дюбелей в обшивку асбестоцементных плит, изготовленных способом вакуум-силового проката (ВСП), привела к значительному разрушению в продольном направлении. Поэтому основное внимание уделялось экспериментам по пристрелке стальных полос дюбелями в ребра плит ВСП.

Испытания конструкций ВСП со стальными полосами, пристреленными дюбелями, показали, что разрушающая прочность на отрыв составляет 32—100 кгс. Таким образом, средний предел на отрыв дюбеля — 60 кгс — в 4 раза превышает нормативную прочность и обеспечивает крепление стальных полос.

Эксперименты с дюбелями, пристреленными в ребра экструзионных панелей, обнаружили колебания от 63 до 350 кгс. Интересно отметить, что большие значения разрушающих нагрузок относятся к панелям, независимо от способа термовлажностной обработки (либо при отсутствии ее).

Образцы показали — на снижение разрушающих нагрузок влияли выколы асбестоцемента, возникшие во время пристрелки, в особенности на панелях, не подвергнутых автоклавной обработке. По-видимому, некоторое влияние оказывала сама пристрелка, повлекшая изгиб дюбеля, развитие трещин, выбоин и выкол асбестоцементной массы.

В результате исследований установлено, что для сборных перегородок служебных и технических помещений вестибюлей и станций метрополитена следует принимать облегченные конструкции с применением асбестоцемента, получаемого способом вакуум-силового проката, экструзии и панели каркасного типа.

## Информация пассажиров о затратах времени в метро

И. ЯКУШКИН, канд. техн. наук;  
Е. ФЕДОРОВ, инженер

В Москве услугами всех видов городского транспорта, по данным 1976 года, ежедневно пользовались 14,7 миллиона или 5,4 млрд. пассажиров в год. На долю метро из общегородских объемов работы массового транспорта, включая автобус, троллейбус и трамвай, пришлось 60,3% пассажирооборота (с учетом расстояний поездок) и 38,8% перевезенных пассажиров. В Ленинграде удельный вес метро достиг уже 35,1% по объему выполненной работы и 20,6% — по числу перевезенных пассажиров, в Киеве — соответственно 22,8 и 15,7%, Тбилиси — 33,2 и 27,5%, Баку — 19,1 и 22,4% и Харькове — 14,3 и 12,3%.

Особенно удобен и выгоден метрополитен в поездках свыше 5—6 км, когда скоростные его возможности и экономия времени по сравнению с другими видами транспорта проявляются в большей мере. Расчеты показывают, что поездки менее двух-трех перегонов (3—5 км) с точки зрения затрат времени нецелесообразны. Трудные и длительные переходы на станциях приводят к тому, что пассажиры расходуют значительное время не на саму поездку, а на ходьбу. Так, например, пересадка занимает от 4—5 мин. («Курская», «Павелецкая», «Проспект Мира» и др.) до 8,5—10 мин. («Комсомольская» — в час «пик»). Время пересадки составляет 30—50% от всей продолжительности передвижения.

В условиях сложной и разветвленной сети метрополитена большую помощь в выборе удобного и рационального маршрута, ориентации на станциях имеет система информации. Так, в вестибюлях, на путевых стенах и в каждом вагоне состава развеша-

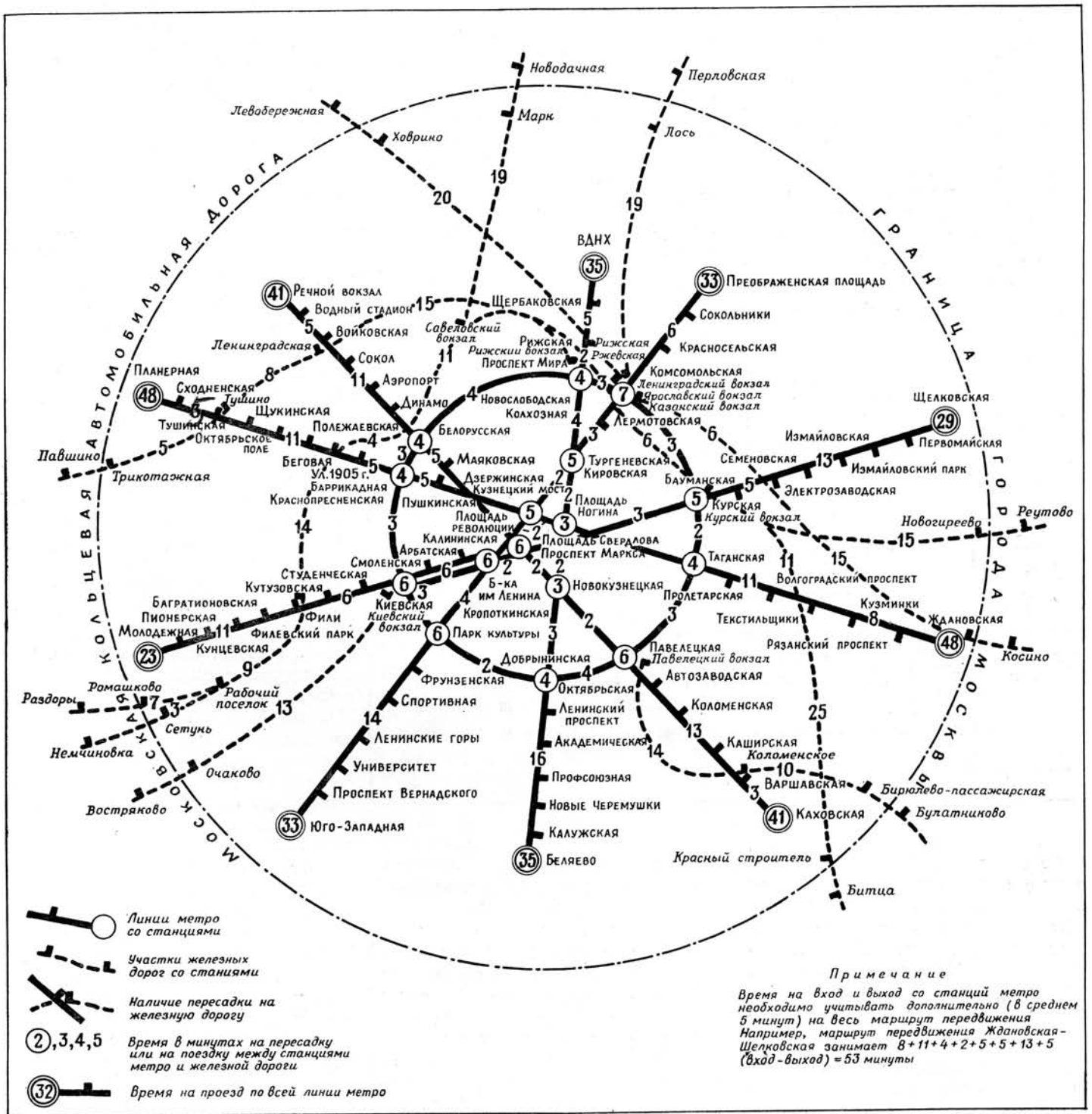
ны схемы линий метрополитена. На платформах и в средних залах станций широко применяются подвесные и световые указатели, а также тексты, написанные соответствующим каждой линии цветом. Регулярно ведется радиоинформация на станциях и поездах.

Предполагается дальнейшее развитие справочной службы. Начинает внедряться система символических указателей — пиктограмм («Октябрьская»), в вестибюлях устанавливаются телефоны для справок о проезде. К Олимпийским играм 1980 г. вводится информация на иностранных языках.

И все же пассажиры лишены подчас возможности получить нужные сведения о времени, которое они затратят на проезд в метро. Этот вопрос приобретает актуальность при развитых схемах линий метрополитена, к которым относится, например, Московский (семь линий протяженностью 164,5 км и 103 станции — 10 506 возможных маршрутов). 35 метровокзалов образуют 16 пересадочных узлов между отдельными линиями, что позволяет с любой станции доехать к месту назначения, сделав не более двух пересадок.

Как показывают обследования, из общего ежедневного количества 5,5—6 млн. пассажиров, совершающих поездки по Московскому метрополитену, 43% пользуются пересадками, в том числе более 7% — двойными.

Планировочные решения пересадочных узлов должны предусматривать минимальное время на переход с одной линии на другую. Примеры хорошего решения задачи — «Площадь Ногина» и «Ждановская», где пересад-



ка занимает не более 2—3 мин. С дальнейшим ростом сети и числа пересадочных станций и узлов усложнится и сама схема. На отдельные поездки уже сегодня требуется более

часа: «Планерная» — «Щелковская», «Ждановская» — «Молодежная» — 63 мин. и др. В среднем на дорогу в один конец приходится затрачивать 30—35 мин.

Как проще и эффективнее информировать пассажира о времени на его поездки в метро? Большую помощь могут оказать специальные издания — схемы, путеводители и спра-

вочки. Они помогут сориентироваться и выбрать оптимальный маршрут поездки.

В качестве одного из вариантов предлагается схема линий Московского метро с показом пересадок на станции железной дороги и указанием времени на поездку между различными точками сети метрополитена и железной дороги (см. рисунок).

На схеме приведены данные о времени, которое затрачивает пассажир между периферийными станциями железной дороги в границах Москвы и пересадочными на метро, между конечными и ближайшими от них пересадочными станциями метрополитена.

На узловых пунктах указано среднее по совокупному потоку пассажиров время пересадки с учетом ожидания поезда.

Данные получены на основе составленной хронометражной схемы линий метрополитена и железной дороги, отражающей все временные элементы графика движения поездов, перемеще-

ния по эскалаторам и подход к вагонам.

Ориентируясь по этой схеме, можно с достаточной точностью высчитать время на дорогу и даже совершить поездку несколькими маршрутами, выбрав наиболее удобный. Схема довольно проста. Нужно только сложить несколько цифр, расположенных по маршруту. Например, поездка между «Ждановской» и «Речным вокзалом» с двумя пересадками на станциях «Площадь Ногина» и «Новокузнецкая» складывается, как  $8+11+3+3+2+3+2+5+11+5+5=58$  мин., где последняя цифра 5 — время на вход и выход из метро (ее необходимо помнить и прибавлять, рассчитывая любую дорогу). Выбранный маршрут между названными станциями по времени наиболее удобен по сравнению с другими (см. таблицу). Этот маршрут выгоднее также и по критерию пересадочности, так как на пересадку он потребует не 8—10 мин., а всего лишь 6 и окажется наиболее «легким».

#### Выбор удобного маршрута

Маршрут передвижения между станциями	С пересадками на станциях	Общее время на движение в мин.	Время на пересадки в мин.
Ждановская* — Речной вокзал*	„Площадь Ногина“, „Новокузнецкая* $8+11+3+3^*+2+3+2+5+11+5+5=58$	58	6
	„Таганская“, „Белорусская* $8+11+4+2+3+3+4+4+11+5+5=60$	60	8
	„Баррикадная“, „Белорусская* $8+11+3+2+5+4+3+4+11+5+5=61$	61	8
	„Таганская“, „Павелецкая* $8+11+4+3+6+2+2+5+11+5+5=62$	62	10

\* Цифра черная — время пересадки.

Небезынтересно отметить, что с вводом в эксплуатацию (1979 г.) пересадочного узла «Горьковская» — «Пушкинская» поездка между «Ждановской» и «Речным вокзалом» сократится до 54 мин. — на 7—13%. Открытие узла разгрузит пересадочные станции «Площадь Ногина» и «Новокузнецкую».

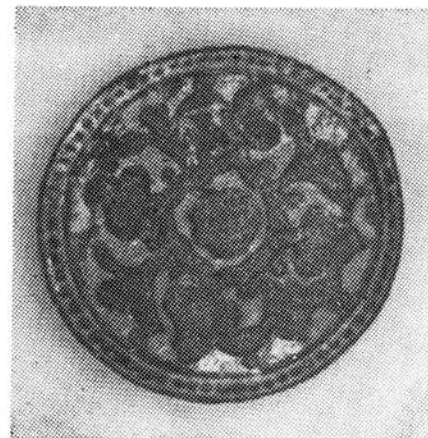
С точки зрения эффективности работы метрополитена и качества обслуживания пассажиров схема характеризуется следующим:

экономится время населения на транспорт;

достигается разгрузка станций и поездов за счет уменьшения числа пассажиров, одновременно пребывающих в метро;

повышается культура обслуживания, так как населению предоставляется дополнительная информация о метро и железной дороге.

Эффект от пользования схемой может рассматриваться в социальном аспекте — сокращение времени на поездки, повышение удобств. Вместе с тем представляется возможным вычислить его в денежном выражении, оценив сэкономленный пассажиро-час в 0,16 руб. (согласно методическим указаниям по определению экономической эффективности новых вагонов городского рельсового транспорта и метрополитена, разработанным в 1975 г. ВНИИ вагоностроения и утвержденным Министерством тяжелого и транспортного машиностроения).



Металлическая узорная бляха от уздечного набора XVII в., обнаруженная метростроевцами на ул. Горького.

Строительство метро в центре Москвы неизбежно и закономерно «падает» на напластования прошлого. Информация об археологических находках на трассе КРД, при строительстве пересадочного узла на «Площади Революции» и «Таганской»\* вызвала живой читательский отклик.

Продолжаем публикацию сообщений о последних исторических находках метростроевцев в недрах многовекового города.

Не сооружения древней Москвы ушли под землю, а земля нарастала на них. Город рос на разветвленной водной системе: свыше 800 озер, болот, прудов и стариц, 150 речек и ручьев на теперешней территории Москвы. Различные гидротехнические сооружения — плотины и шлюзы, мельницы и мостовые переправы насыпаны и находятся в основании культурного слоя. Строительство метро помогло археологам проследить подземные конструкции стен и башен Китай-города и Белого города, рва Земляного города. Культурный слой в оборонительных рвах особенно велик — достигает 20 и более метров. В древнем городе было множество кладбищ, хоронили при каждой церкви, а их в конце XVII в. насчитывалось 943. Вот почему при разработке котлованов Метростроя встречаются захоронения в долбленых дубовых и сосновых колодах. Колоды в пять-шесть ярусов встретились при строительстве «Колхозной»: здесь, в конце Сретенки стояла в XVII в. церковь Троицы «в Листах».

Для историков важны белокаменные резные надгробные плиты: надписи на них дают ценные сведения о со-

\* «Метрострой», 1977, № 3

## Археологические находки на станции «Горьковская»

А. ВЕКСЛЕР, заведующий археологическим отделом музея истории и реконструкции Москвы.

циальном составе жителей, о времени заселения и характере населения отдельных районов.

Земля древнейших горизонтов города, как правило, коричневая и плотная — от большого количества перегнившей коры. Средневековые оставили черный (от бесчисленных пожаров) и влажный (болотистый) перегной. Грунт последних веков — сероватая и бурая супесь, включающая песок, известь и кирпичную крошку. Мощность культурного слоя достигает в центре Москвы 4—8 м, за пределами Садового кольца значительно меньше.

Последние находки сделаны метростроевцами на улице Горького при строительстве станции «Горьковская» и подземного перехода у «Пушкинской». С XIV в. прошла тут большая торговая дорога из Кремля в Тверь. По Тверской дороге мчались ямские тройки, скрипели крестьянские телеги, теснимые обгонявшими их верховыми и боярскими рыдванами.

Об истории улицы рассказали предметы в культурном слое, найденные метростроевцами. Сначала под асфальтом были пройдены перекопанные наслоения двух последних веков. Ниже у обочины бывлой дороги залежали остатки деревянных построек, а под проездом у нового здания редакции «Известия» оказались непо потревоженными горизонты черного влажного грунта, в котором отлично сохранились четыре разделенных прослойками яруса деревянных мостовых XVII—XV вв. Когда они «старели» и покрывались землей, на них сверху накладывались новые. Конструкции тверских мостовых состояли из длинных продольных дубовых бревен-лаг, на которые сверху плотно укладывались сосновые бревна. Найдены также толстые (до 80 мм) доски, уложенные поверх бревен. Общая мощность напластований достигала двух метров. Обнаружены и другие находки: же-

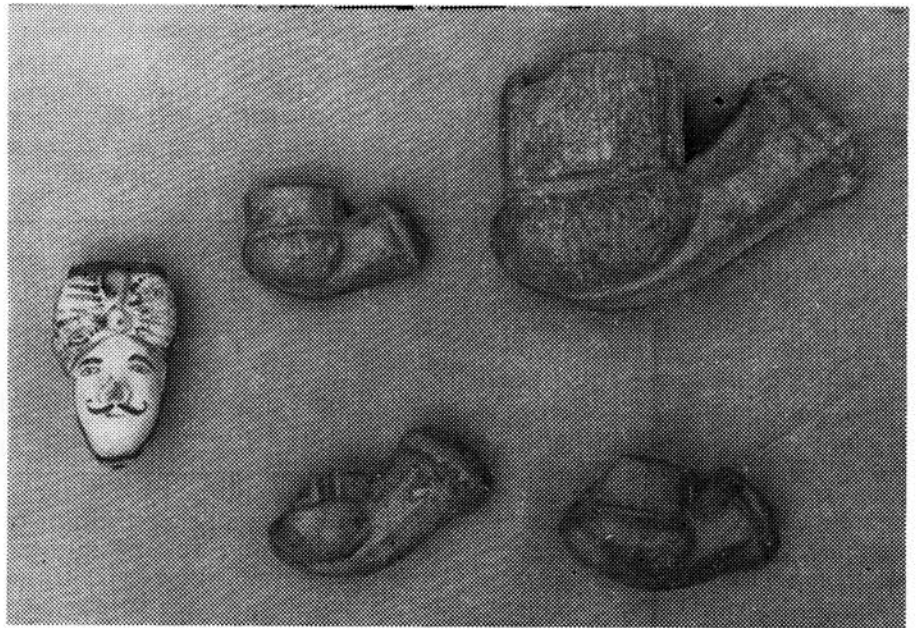
лезные подковы и подковки для сапог, характерная керамика с серебристым лощением, имитирующая металл, остроносая кожаная обувь, даже керамические детские погремушки. В цилиндрических, расписанных снаружи красными полосами (охрой), изделиях до сих пор гремит внутри глиняный шарик. Обнаружена часть глиняного рукоя с носиком в виде бараньей головы, металлическая литая круглая бляха, покрытая затейливым орнаментом в виде пышных цветов. Выполненная искусным мастером, она являлась деталью богатого уздечного набора. Ремешки, крепившие ее, перетерлись, и конское украшение, судя по всему, свалилось в грязь у Тверских ворот, где и пролежало 300 лет, пока не попало в руки метростроевцев.

В XVIII в. — с переводом столицы из Москвы в Петербург Тверская дорога превратилась в Петербургскую.

В торжественных случаях — для въезда в Москву полководцев-победителей на месте современной Пушкинской площади ставились Триумфальные ворота. Их соорудили, например, для въезда Петра I — победителя шведов в Северной войне в 1721 г. К петровскому времени относится ряд находок курительных трубок. Они глиняные, изготовлены в форме, покрыты сложным орнаментом, нанесенным до обжига на сырую глину набором штампов. Одна из найденных метростроевцами трубок имеет, пожалуй, рекордные в московской археологии размеры: высоту свыше 6 см, диаметр устья 4 см. (Можно напомнить, что до Петра I в Москве курение табака жестоко преследовалось, и «табачникам» рвали ноздри. Тем не менее среди метростроевских находок есть и ранняя турецкая трубка с восточным клеймом, пользование которой было сопряжено с риском такого наказания). Любопытна и более поздняя, относящаяся к концу XVIII в., фаянсовая курительная трубка в виде головы турецкого паши в яркой чалме. В придорожной земле у бывших торговых лавок обнаружены также медные монеты «деньги», обломки глиняных подсвечников и другие предметы старинного быта.

Бережно, с пониманием исторической значимости предметов отнеслись к археологическим находкам строители СМУ-7 Метростроя.

Творческое содружество московских метростроевцев и археологов благотворно в деле сохранения памятников истории культуры.



Глиняные курительные трубки XVIII в., найденные метростроевцами.

# Замораживание грунта жидким азотом

Д. РЕБАН, инженер

В практике строительства нередко возникает необходимость укрепления грунта способом замораживания. Несмотря на значительную его стоимость, в сложных инженерно-геологических условиях этот способ рентабелен.

Еще в 1883 г. в Магдебурге при проходке опытной шахты был применен способ Пётша, основанный на машинном охлаждении грунта. В компрессионных холодильных установках можно было использовать любой хладагент.

Обычно хладоносителем является хлористый магний, а при глубоком замораживании — хлористый кальций. Криогидратная точка  $MgCl_2$  —  $33,6^\circ C$ , а  $CaCl_2$  —  $55^\circ C$ .

В зависимости от проектной мощности принимают передвижные или стационарные замораживающие установки.

На объектах, рассчитанных на большое потребление холода, монтируют в специальных залах крупногабаритные морозильные машины с раздельно устанавливаемыми на тяжелых фундаментах конденсаторами, испарителями и насосами. Для подземного строительства, в условиях плотной городской застройки, целесообразно использование передвижных установок (рис. 1).

При длительном замораживании (в течение нескольких месяцев) большого массива грунта наиболее экономичен общепринятый рассольный способ. Однако это связано иногда со значительными затратами на подготовительные работы. В этих случаях целесообразно применение более простого и производительного безрассольного способа замораживания с помощью жидкого азота, который по своим физическим свойствам является идеальным хладагентом. Температура жидкого азота при атмосферном давлении —  $195,8^\circ C$ . При испарении он поглощает  $162,4$  кдж/л, а для на-

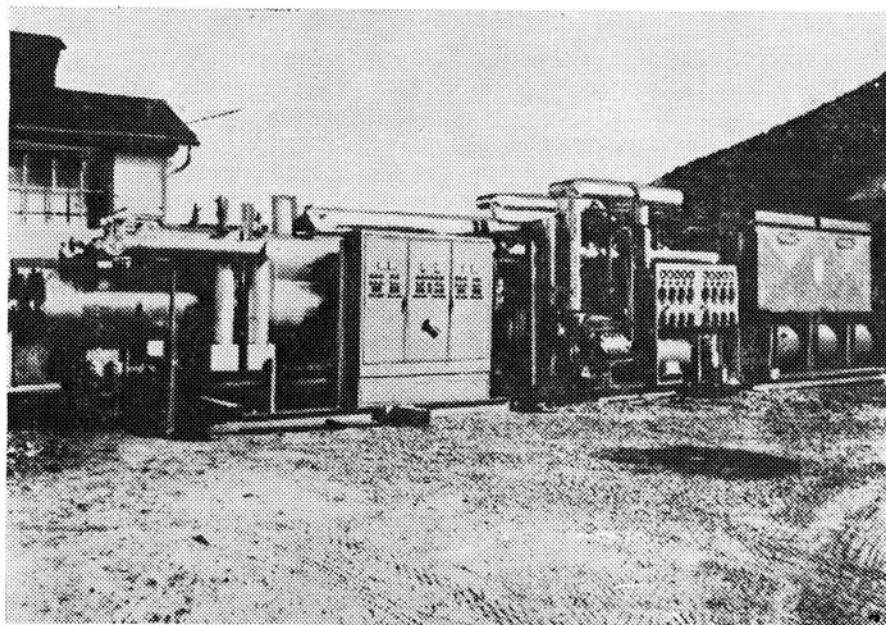


Рис. 1. Передвижная установка для замораживания грунта жидким азотом.

гревания холодного газа до температуры окружающей среды необходимо примерно такое же количество тепла. Поглощение тепла жидким азотом при испарении и последующем нагревании холодного газа можно определить с помощью диаграммы, приведенной на рис. 2. Ниже дана таблица перевода для азота.

Газообразный азот, м³		Жидкий азот	
при $0^\circ C$ , 1013 мбар	при $15^\circ C$ , 981 мбар	л	кг
1	1,09	1,547	1,25
0,9174	1	1,419	1,147
0,646	0,705	1	0,808
0,8	0,872	1,237	1

Азот не горюч и не токсичен. Получают жидкий азот из окружающего воздуха в ректификационных машинах, которые работают по принципу «Linde — Fränke» и изготавливаются ак-

ционерным обществом «Linde AG Industriekälte Sürth». С помощью этих машин воздух вначале сжимается, а затем в предназначенной для этого колонне разделяется на кислород и азот. Выделяемый в газообразной форме азот повторно сжимается и затем хранится на заводе-изготовителе в специальных емкостях. На строительных площадках жидкий азот доставляют в автоцистернах и сливают в накопительные резервуары достаточной емкости, которые поставляет обычно завод-изготовитель. При небольшом объеме работ или для пожаротушения можно использовать непосредственно азот из автоцистерн. Примерная схема производства работ при замораживании (две последовательно подключенные колонны с распределителем и тремя элементами подключения) приведена на рис. 3. Трубопроводы выполняют частично из гибкого материала с надежной теплоизоляцией.



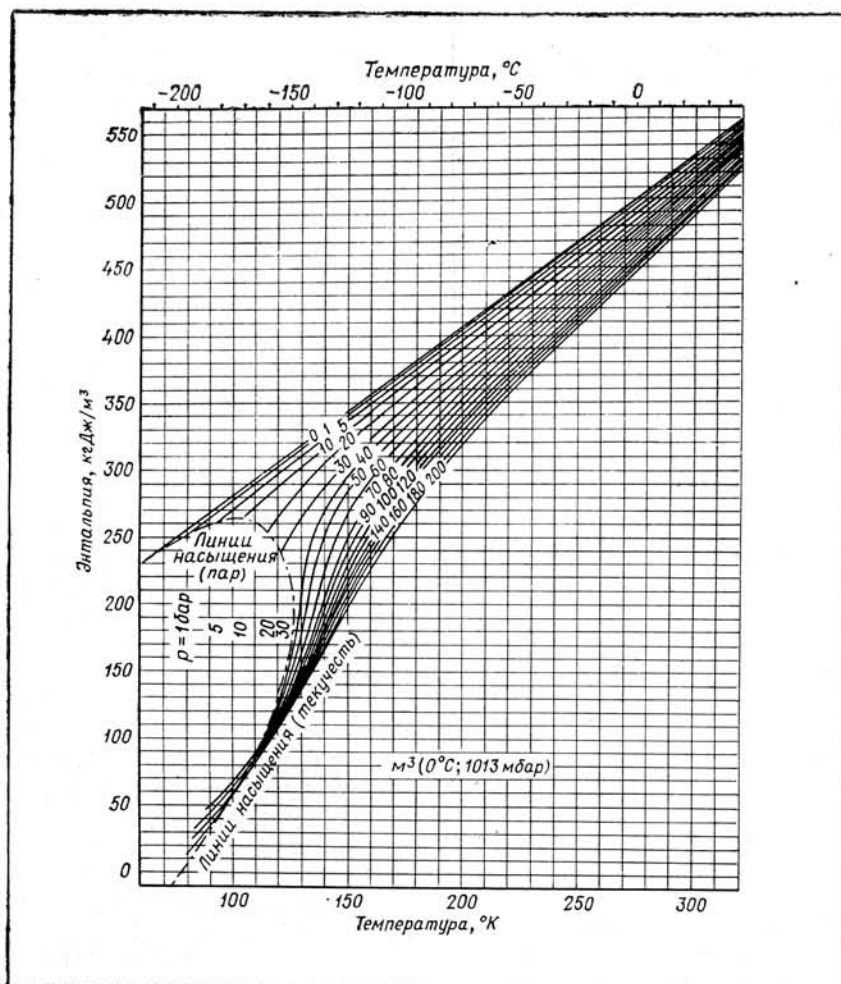


Рис. 2. Диаграмма энтальпия — температура для жидкого азота.

В зависимости от конкретных условий принимают различные системы (рис. 4) замораживания: I (традиционная) — в замораживающей колонне концентрично расположена питающая труба; II — трубы колонны перфорированы; III — колонна состоит из трех концентрично расположенных труб и служит для замораживания ограниченного участка грунта. Акционерное общество «Linde» получило на этот способ патент.

Для оптимального использования жидкого азота замораживающие колонны можно включать последовательно до трех труб.

В системе I жидкий азот поступает через питающую трубу на дно замораживающей колонны, отбирает у грунта тепло и, испаряясь, поднимается в затрубное пространство (рис. 4, а). В другом варианте две замораживающие колонны соединены между собой последовательно. Жидкий азот вна-

чале подается в питающую трубу первой колонны, затем из ее затрубного пространства поступает в затрубное пространство второй колонны и, испаряясь, выходит через расположенную в ней трубу. Это обеспечивает более равномерное ледопородное ограждение.

При наличии пористого грунта можно применять перфорированную замораживающую колонну (система II). Жидкий азот нагнетается непосредственно в грунт, отбирает у него тепло и, перейдя в газообразную фазу, выходит (рис. 4, б). Степень использования холода и интенсивность замораживания в этом случае особенно высоки, так как теплообмен происходит непосредственно в грунте. Систему II можно применять и в плотных непроницаемых грунтах. Тогда пористое затрубное пространство создается искусственной деаэрацией, что позволяет удалять использованный азот.

Наиболее рентабельной является система III. Участок, не подлежащий замораживанию, изолируют (рис. 4, в), с помощью статической «газовой колонны», для чего используют газообразный азот. Для местного замораживания можно применять и систему I, производя частичную изоляцию колонны.

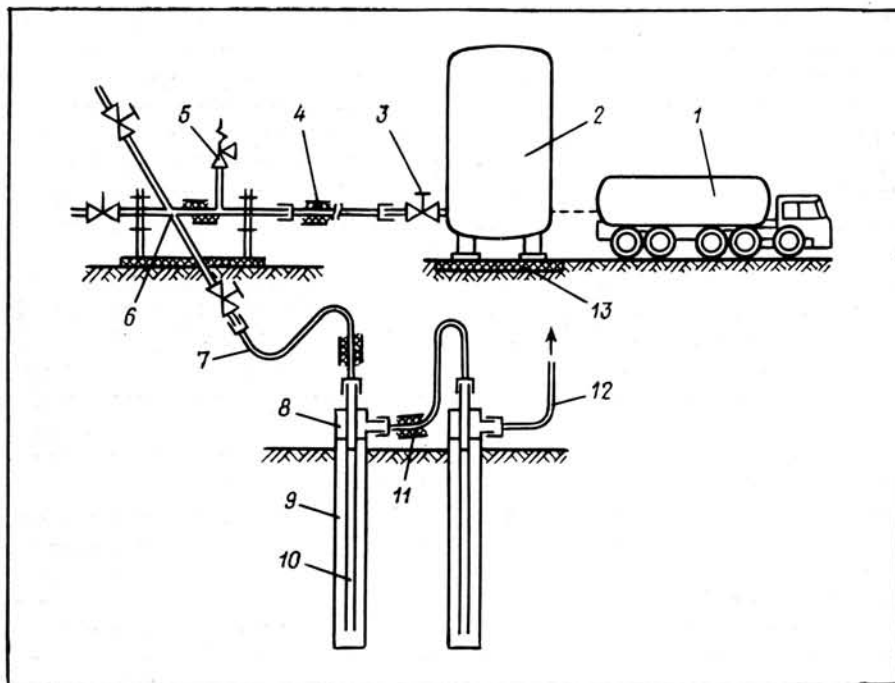


Рис. 3. Замораживание грунта жидким азотом: 1 — автоцистерна; 2 — стационарная емкость для азота; 3 — запорный клапан; 4 — патрубок с изоляцией; 5 — предохранительный клапан; 6 — распределитель с консолью; 7 — гибкий трубопровод с изоляцией; 8 — замораживающая головка; 9 — трубопровод с изоляцией; 10 — трубопровод с изоляцией; 11 — запорный клапан; 12 — патрубок для отработанного газа; 13 — фундамент для стационарной емкости

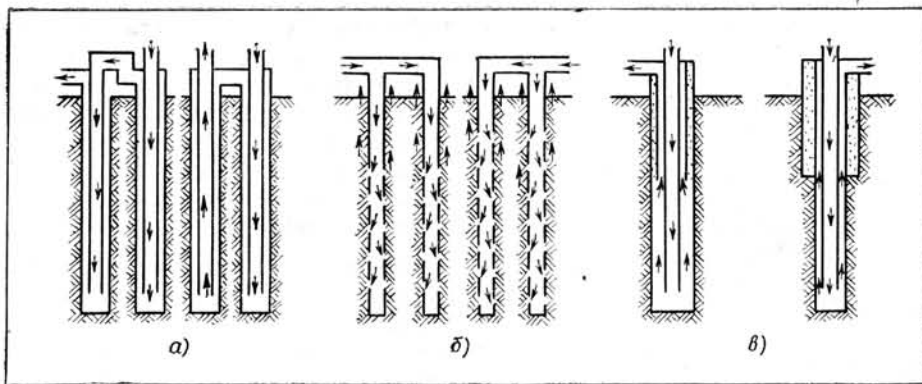


Рис. 4. Системы замораживающих труб:  
а — система I; б — система II; в — система III

Монтаж установок распределения азота и замораживающих труб существенно не отличается от рассольной системы, только отпадает необходимость в обратном трубопроводе. Расходы на распределительные трубопроводы и арматуру при замораживании жидким азотом выше, чем при рассольном способе, но в этом случае исключается установка для производства холода. Вся арматура и трубопроводы рассчитаны на работу до температуры — 196°C.

Обслуживание замораживающей системы простое и осуществляется персоналом строительной площадки в соответствии с инструкцией. Давление и расход азота регулируются на накопительном резервуаре в зависимости от необходимой скорости распространения замораживания. На каждой колонне или их группе предусмотрены запорные клапаны, с помощью которых производится загрузка отдельных труб.

Иногда целесообразно применение комбинированных способов замораживания. Акционерное общество «Linde» предлагает рассольные установки, оснащенные для увеличения их интенсивности теплообменником, работающим на жидком азоте. Теплообменник включают при пиковой нагрузке или используют как аварийный агрегат при выходе из строя установки замораживания. При комбинированном способе участок с водонасыщенным грунтом вначале быстро замораживают с помощью жидкого азота, а затем длительное время поддерживают рассольным охлаждением. Это дает возможность использовать преимущества обоих способов.

В скальных породах с большими трещинами, наполненными мелким спрессованным материалом, примени-

ли инъекцию цементного раствора и замораживание. Для обеспечения большей надежности и уменьшения времени замораживания установили два кольца колонн на расстоянии 70 см (между центрами), причем внутреннее кольцо для замораживания жидким азотом. За 30 ч удалось создать ледопородную стену толщиной 1,2 м и глубиной 28 м, прочность которой при температуре (в среднем) — 15°C составила при сжатии 700 — 800 Н/см<sup>2</sup>, а при растяжении 100 Н/см<sup>2</sup>. Аналогичное ограждение образуется при рассольном замораживании за 22—25 суток. Общий расход жидкого азота достиг 1,3 млн. л.

После создания такого ограждения перешли на рассольное замораживание по наружному кольцу колонн. В замороженном состоянии при температуре — 5°C грунт поддерживали в течение 25 суток с помощью передвижной холодильной установки мощностью 132 квт. В результате строительство было закончено в намеченный срок.

Замораживание с помощью жидкого азота успешно выполнено на 50 различных объектах.

Для изучения скорости распространения и режима замораживания, а также влияния теплофизических свойств грунтов, были проведены специальные исследования.

В ряде опытов замораживали массив грунта объемом 6 м<sup>3</sup> из смеси песка с гравием при содержании влаги от 8,3 до 19%. Измерения производили при помощи 80 термоэлементов, размещенных в трех различных его плоскостях. Кроме того, обязательно измеряли температуру при выходе газа из колонн. Подача азота регулировалась автоматически, расход его определяли по времени. Установка состоя-

ла из трех последовательно подключенных колонн.

В результате были получены данные, характеризующие скорости распространения замораживания, объемное формирование грунта и распределение температуры в массиве. А это дало возможность произвести довольно точные расчеты потребности азота. Оптимальное количество жидкого азота регулируется на основе измеренных температур отработанного газа. Причем наиболее экономичной является температура в интервале — 70÷90°C.

В других опытах определили режим замораживания различных видов грунта и влияние миграции воды. Сравнительному замораживанию подвергали (при температуре рассола — 25°C и жидкого азота — 196°C) различные виды грунта: почву верхового болота, суглинок и глину, глину из котлована и гравий с естественным содержанием влаги от 6,2 до 105% и содержанием грунтовой воды в водоносном слое от 12 до 540%. Были измерены пучение и осадки грунта и сфотографировано образование ледяных линз. При испытании на сжатие получили кривые зависимости деформаций от напряжений с учетом реологических процессов. Определяли также различные параметры замораживания при большой скорости перемещения воды.

Эксперименты показали благоприятное влияние большой скорости распространения замораживания, незначительное образование ледяных линз, малое пучение и осадки и высокую прочность замороженного грунта.

Расход азота при замораживании грунта зависит от многих факторов. Непостоянство структуры строительного грунта и различная влажность приводят к неточным расчетам. Разработанные модели расчета (например, относительно простая теория Рюкли-Штифеля) дают приблизительные решения.

Основываясь на проведенных исследованиях и выполненных проектах, можно довольно точно определять расход азота. Однако в расчетах всегда следует принимать во внимание отклонения, которые зависят от различной структуры грунта и перемещения грунтовой воды. Кроме того расход азота в фазе замораживания грунта и при поддержании его в таком состоянии различен.

В обычных условиях для замораживания 1 м<sup>3</sup> грунта необходимо в среднем 800 кг жидкого азота. На

практике расход его колеблется от 300 до 1200 кг/м<sup>3</sup>. При расчете количества азота необходимо учитывать время, в течение которого грунт будет находиться в замороженном состоянии, так как это влияет на рентабельность расхода азота.

Применение жидкого азота имеет существенные преимущества. Наряду с простотой этот способ отличается автономностью, высокой скоростью замораживания, не требует дорогостоящих морозильных агрегатов, простотой получения ледопородного ограждения, высокой прочностью грунта при низких температурах, которая обуславливает меньшую толщину массива. Образование пучения, осадок и ледяных линз — незначительное.

Достоинством способа являются также небольшие капиталовложения, меньшие расходы на энергию, снижение времени производства работ и, как следствие, сокращение затрат на содержание стройплощадки и накладных расходов.

Особенно эффективно применение этого способа в аварийных ситуациях

(при внезапном прорыве воды или выходе из строя машин, когда необходимо экстренное замораживание грунта), а также в плотнонаселенных районах или районах, где предусмотрена защита от шума. При этом отпадает опасность заражения грунтовых вод рассолом, попадание же жидкого азота в грунт или атмосферу через трещины в трубе неопасно.

В больших объемах азот был использован при строительстве моста у Франценсфеста. При общепринятом (рассольном) охлаждении грунта потребовалось бы в 12 раз больше времени, чем при замораживании азотом. Девять быков этого моста находятся в водохранилище, дно которого состоит частично из мощных напластований мелкозернистого песка и ила. При разработке котлована под быки грунт вокруг участка, подлежащего выемке, вначале обработали бентонито-цементной смесью, а затем заморозили жидким азотом. Для замораживания 4300 м<sup>3</sup> грунта потребовалось около 6 млн. л

жидкого азота. Строительство было успешно завершено.

Замораживание грунта с помощью жидкого азота было осуществлено в 1976 г. (с 1.07 по 18.08) у Северо-Балтийского канала вблизи Рендсбурга, где прокладывали дюкер на глубине 23 м, который должен был служить опорой газопровода. На глубине 13 м в шпунтовой стене был установлен крепежный распор для фиксации плывуна и не допущения воды. Обрушение грунта могло вызвать повреждение дамбы. Укрепить опасное место обычными средствами не удалось. Только через три дня после установки замораживающих труб для жидкого азота, было достигнуто уплотнение грунта. Четыре замораживающие колонны устанавливали на глубине 23 м, дополнительные трубы оставались в резерве. Передвижная заправочная установка на 12 тыс. л обеспечивала труднодоступные участки стройплощадки жидким азотом. Общий расход его составил 250 тыс. л.

Перевод Л. Снесарева.  
(„Straßen und Tiefbau“, N 3, 1977)

---

Художественно-технический редактор **Е. К. Гарнухин**  
Фото **А. Спиранова**

Л-85638 Сдано в набор 30/1-78 г. Подписано к печати 15/III-78 г.  
Формат бумаги 60×90<sup>1/8</sup>. Бумага типографская № 2. Объем  
4,0 п. л. Тираж 5100 экз. Заказ 366. 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.