

ISSN 0130—4321

6'88

# МЕТРОСТРОИ



# МЕТРОСТРОЙ

**6'88**

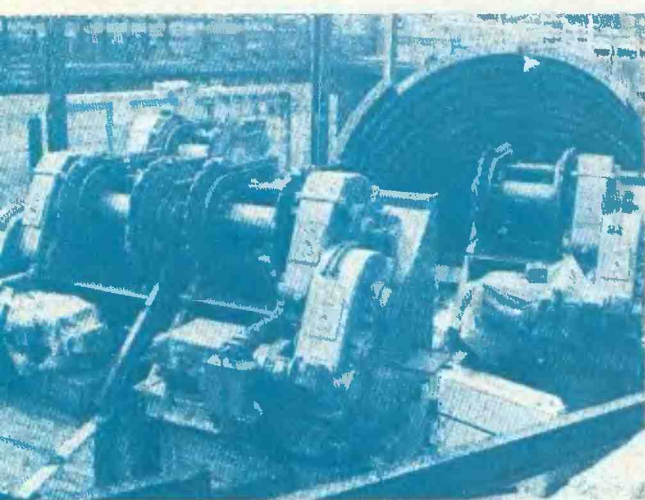
ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

## В НОМЕРЕ:

<b>В. Шмерлинг.</b> «Теплый Стан» — «Битцевский парк»	<b>1</b>
<b>Л. Михайлюк, А. Анатольев.</b> Сооружение пешеходных тоннелей методом продавливания при реконструкции станции «Гидропарк»	<b>3</b>
<b>Ю. Лацук, С. Лысый.</b> Скоростной трамвай в Кривом Роге	<b>4</b>
<b>Архитектура будущих метровокзалов в Куйбышеве</b>	<b>5</b>
<b>С. Маршак, Н. Смирнов, В. Нильва.</b> Щитовая проходка коллекторных тоннелей	<b>6</b>
<b>В. Голубов, Р. Миллерман, Б. Шитиков, Ю. Морозов.</b> Экономичная закладная деталь для железобетонных конструкций	<b>9</b>
<b>М. Каган, А. Клибанов.</b> Оптимизация расхода цемента	<b>12</b>
<b>В. Торгалов.</b> Неотвратимые уроки	<b>13</b>
<b>А. Проценко, Б. Савранский.</b> Учет физико-механических свойств горных пород в стержневых моделях при их взаимодействии с подземными сооружениями	<b>16</b>
<b>Д. Соболевский, Н. Полейко, О. Попов, С. Мартынович.</b> Выполнение корня инъекционного анкера	<b>18</b>
<b>В. Хараг.</b> Влияние формы импульса при гашении ударных воздействий	<b>19</b>
<b>Ю. Кононов, М. Кольчугин, А. Бочкин.</b> Совершенствование способа определения пространственного положения горнопроходческого щита	<b>20</b>
<b>А. Руин.</b> Измерение горизонтальных углов при большом угле наклона сторон	<b>22</b>
<b>А. Ицкович.</b> «Стройдормаш-88»	<b>24</b>
<b>Л. Маковский.</b> Опережающая крепь в неустойчивых грунтах	<b>29</b>
<b>Обзор зарубежных журналов</b>	<b>31</b>



На снимках (сверху вниз): на участках Люблинской линии и станции «Цветной бульвар».

### Редакционная коллегия:

**С. А. ПОНОМАРЕНКО** (отв. редактор), **В. А. АЛИХАШКИН**, **В. А. ДРОНОВ**, **Ю. А. КОШЕЛЕВ**, **В. Е. МЕРКИН**, **Б. П. ПАЧУЛИЯ**, **В. И. ПЕТРЕНКО**, **В. Г. ПРОТЧЕНКО**, **Ю. П. РАХМАНИНОВ**, **А. И. СЕМЕНОВ**, **В. Н. СМЫСЛОВ**, **Ш. К. ЭФЕНДИЕВ**, **И. М. ЯКОБСОН**, **Б. И. ЯЦКОВ**.



## «ТЕПЛЫЙ СТАН» — «БИТЦЕВСКИЙ ПАРК»

В. ШМЕРЛИНГ,  
главный инженер проекта

**В** ЧИСЛЕ объектов метростроения, подлежащих вводу в эксплуатацию в 1989 г., — участок длиной 3,66 км от станции «Теплый Стан» в жилой массив Ясенево с населением более 200 тыс. человек. С окончанием его строительства будет завершено формирование Калужско-Рижской линии согласно комплексной транспортной схеме г. Москвы до 2010 г.

На трассе две станции: «Ясенево» и «Битцевский парк».

Первая расположена в центральной части района, между улицами Тарусская и Ясногорская, в зоне проектируемых сооружений общественного назначения. Пешеходные тоннели под этими улицами и Новоясеневским проспектом обеспечат пассажирам удобный подход к станции. Два вестибюля соединяются с платформой лестницами.

У станции непривычный облик: перекрытие выполняется из расположенных перпендикулярно путям пологих цилиндрических сводов, опирающихся широкими продольными кромками на колонны и ограждающие стены. На примыканиях к последним своды имеют сферические торцы.

Вопреки первоначальному замыслу — применить в облицовке сооружения керамические блоки — в отделке будут использованы покрытые эмалью и мрамором элементы из металла.

Станция «Битцевский парк» расположена на восточной окраине района у опушки одноименного лесопарка, рядом с памятником архитектуры — усадьбой «Ясенево», кладбищем и кольцом наземного общественного транспорта. (Этот участок будет связан дорогой с Чертановом, а в перспективе — с Бутово). По данным института НИИПИ Генплана, к 2000 г. на станции ожидается посадка 15,7 тыс. пассажиров в час пик, из которых 11 тыс. подъезжающих из Бутова).

При компоновке комплекса станционных сооружений и оборотных тупиков необходимо было обеспечить сохранность окружающей среды, вписаться в рельеф местности с большими перепадами высот, предусмотреть связь вестибюлей с существующими и проектируемыми городскими проездами. Станция принята на уклоне 0,005 с подъемом к тупикам, вестибюли — минимальной длины, тягово-понижительная подстанция и блок помещений расположены сбоку тоннелей. Конце-

вые участки, попадающие под лесной массив, сооружаются методом продавливания.

Конструкция станции типовая, колонная, с шагом колонн 6 м. Облицовка запроектирована в едином стиле с оформлением «Ясенева».

После ввода нового участка в эксплуатацию намечено сохранить схему движения, осуществленную при пуске предыдущего; поезда будут оборачиваться за станциями «Беляево» и «Битцевский парк», однако доля составов, следующих к «Беляево», может быть увеличена, так как съезд за «Битцевским парком» обеспечивает оборот до 40 пар поездов в час.

Существующие на Калужско-Рижской линии электродепо даже при полном своем развитии не позволяют принять на отстой необходимое количество составов. Поэтому решено продлить за станцией «Медведково» боковые пути (для расстановки четырех составов), которые в дальнейшем будут продолжены за МКАД в район Челобитьево к перспективному электродепо.

Инженерно-геологические условия строительства пускового участка довольно сложные: пересеченный рельеф с высоким перепадом отметок, разнородные грунты с наличием зачастую напорных грунтовых вод, содержащихся в линзах и прослоях. Под воздействием их высачивания неустойчивые породы быстро размокают и теряют несущую способность (оплывают). Имея свойство сильной морозной пучинистости, они утрачивают прочность в результате замораживания-оттаивания.

Сооружение трассы в рассмотренных градостроительных и гидрогеологических условиях на всем протяжении (за исключением концевых отрезков тупиков) намечалось открытым способом. По предложению Тоннельного отряда № 6 Мосметростроя, согласованному с Главметрополитеном, за станцией «Теплый Стан» был применен более крутой уклон, и на этом участке проходка ведется закрытым способом с использованием щитов с рассекающими площадками.

Конструкции перегонных тоннелей приняты в основном в цельносекционной обделке, на отдельных участках — в сборно-монолитной. Пристанционные и притоннельные сооружения из сборного и сборно-монолитного железобетона, пешеходные тоннели —



с применением цельносекционной обделки.

Для обеспечения устойчивости стен котлована и прилегающей к нему поверхности в условиях сложной гидрогеологии была запроектирована в качестве ограждения «стена в грунте». Внедрение ее в условиях пересяченного рельефа местности потребовало больших подготовительных работ, а на некоторых отрезках тупиков не удалось осуществить из-за оплывания и вывалов грунта в траншее. Последняя расположена поперек довольно крутого склона со слабым водосодержащим прослоем, внутри которого подерживается некоторое избыточное давление за счет разности отметок. Возможно, сказались также недостаточная опытность и технологическая дисциплина строителей. Пришлось заменить здесь «стену в грунте» на шпунтовое ограждение.

На участках, где основание представлено неустойчивыми водонасыщенными породами, под сборные обделки устраивается железобетонная лотковая плита. Грунт в котловане разрабатывается с применением драглайна и бульдозера с оставлением до проектной отметки слоя толщиной примерно 80 см (последний разрабатывается непосредственно перед укладкой бетонной подготовки экскаватором с обратной лопатой или вручную), чтобы предотвратить намокание и нарушение естественной структуры.

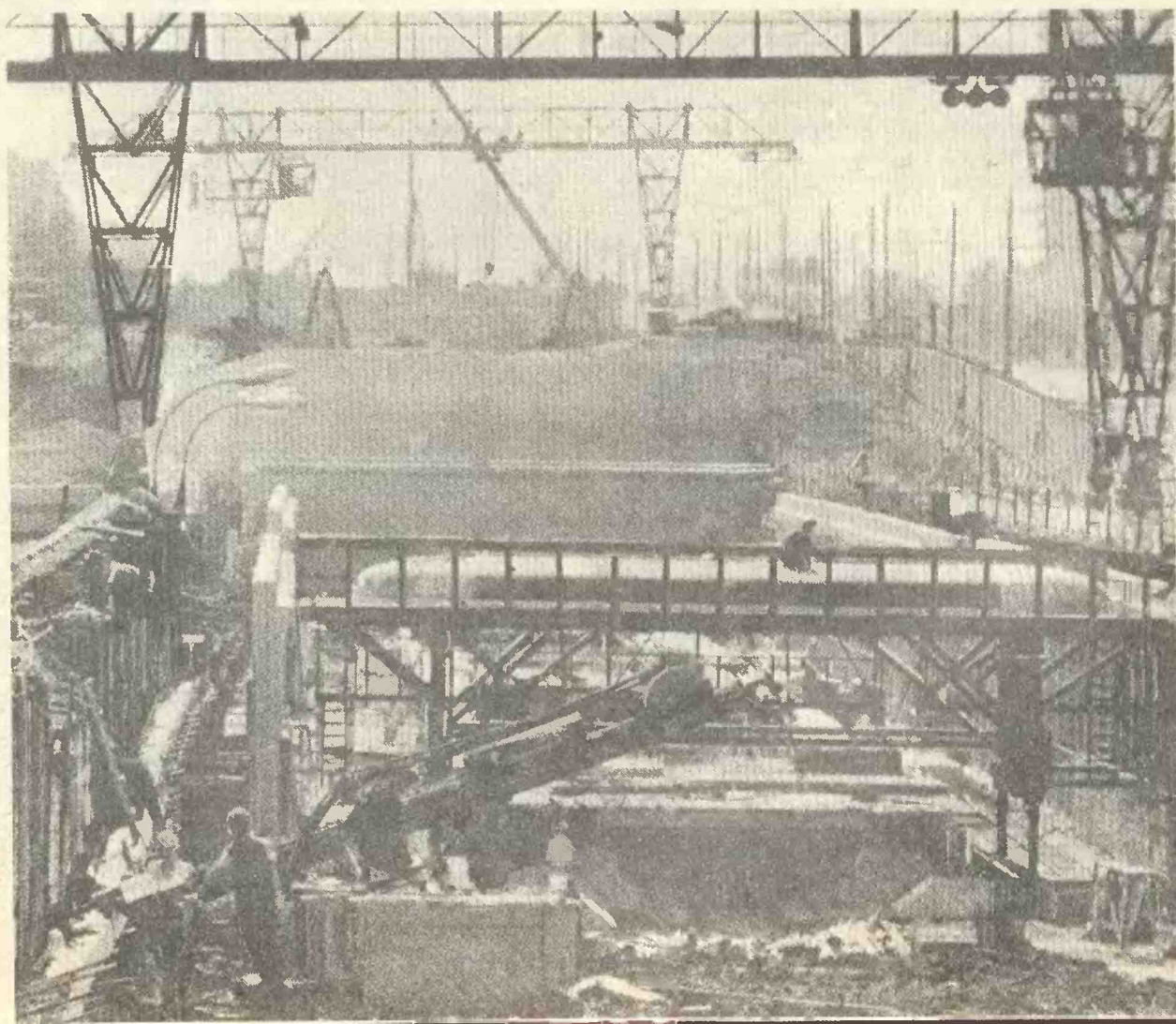
Первоначально станция «Ясеново» была

запроектирована в соответствии с имеющимися отметками Новоясеневского проспекта. При этом часть конструкции, вестибюль и участок перегона с восточной стороны необходимо было соорудить в глубоком котловане.

СМУ № 11 получило согласие городских организаций на изменение отметок участков прилегающих городских магистралей, что позволило поднять станцию на несколько метров и сократить в результате объемы работ, облегчив условия строительства.

Для бетонирования станционного перекрытия применяется передвижная опалубка, запроектированная СКБ ГТМ по заданию Метростройтрэнса. Опалубка выполнена на всю ширину станции, а чтобы ее можно было передвигать при наличии колонн, используется следующая технология: передняя (по ходу движения) кромка свода перед распалубкой подвешивается с помощью винтов к инвентарной поперечной балке, опирающейся на стены; после этого опалубка перемещается в новое положение, сзади нее бетонируются колонны, затем свод, и нагрузка с балки передается на колонны. Балка освобождается, переставляется, и цикл повторяется.

Успешно выполнены первые заходки. На повестке дня — совершенствование технологии для облегчения распалубки и сокращения затрат времени на передвижку и установку опалубки в проектное положение. □





# СООРУЖЕНИЕ ПЕШЕХОДНЫХ ТОННЕЛЕЙ МЕТОДОМ ПРОДАВЛИВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНЦИИ «ГИДРОПАРК»

Л. МИХАЙЛЮК, А. АНАТОЛЬЕВ,  
инженеры

**Р**АЙОН Гидропарка в Киеве — одно из популярных мест отдыха. В часы пик пассажиропотоки на одноименной станции метрополитена достигают до 100 тыс. пасс./сут. В прошлом году введен в эксплуатацию второй выход и два вестибюля с двумя переходами под станционными путями.

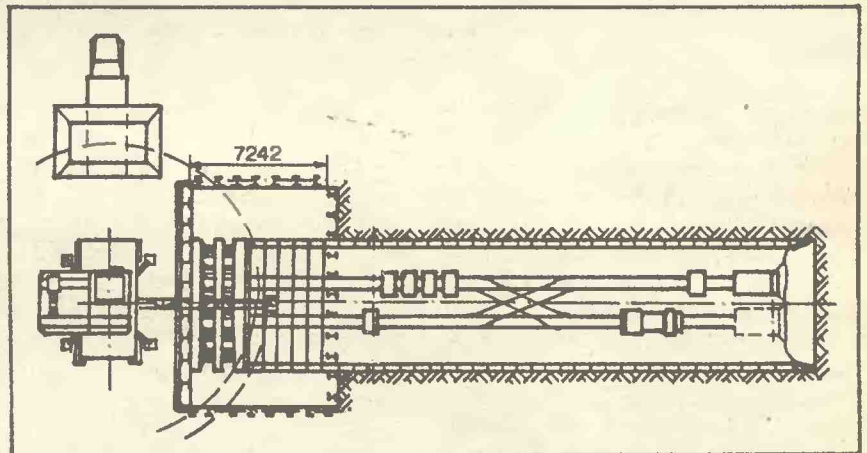
Проектом предусматривалось возвести открытым способом под насыпь железнодорожного полотна пешеходные переходы сечением  $6 \times 3$  м<sup>2</sup> и длиной по 26 м каждый: один — сквозной, другой — соединяет северный и южный вестибюли.

Рационализаторы СМУ № 6 Киевметростроя внесли предложение соорудить переходы методом продавливания (до настоящего времени в Киеве не было соответствующего опыта проходки).

В основу был положен опыт москвичей. Конструкция металлокомплекса для продавливания МКП-3 $\times$ 6 и ножевая секция разработаны СМУ № 6 на основании чертежей СКТБ ГТМ для МКП-2 $\times$ 4, а конструкция блоков (БК-1) цельносекционной обделки и проект производства работ — совместно с

Киевметростроем. Блоки изготовлены из бетона на на-прягающем цементе, обеспечивающем водонепроницаемость без наружной гидроизоляции. В них имеется кессонная

порода с коэффициентом крепости 0,6 на незначительной глубине без ограничения скорости движения поездов метрополитена. Во избежание возможных просадок пути были



часть, что придает тоннелям принятое в Киеве традиционное оформление свода.

Для сооружения выхода на платформу предусмотрено в шести элементах БК-1 временное железобетонное заполнение, которое впоследствии извлекается, и выполняется обрамление.

Продавливание тоннелей осуществлено в маловлажных

применены защитные экраны, выполненные из листового металла по обрешетке из двутавровых балок.

По проекту срок строительства обоих тоннелей с выходом на платформу предусматривался в 12 мес. Фактически он составил 8 мес. Получен значительный экономический эффект по сокращению трудозатрат и материалов. □

## ИЗ СТАТИСТИКИ:

Наибольшее количество пассажиров перевозится в Москве — в 1987 г. услугами подземной дороги воспользовались 2 млрд. 602 млн. человек. Далее следуют: Токио — 2 млрд. 297 млн., Нью-Йорк — 2 млрд. 206 млн., Париж — 2 млрд. 177 млн. человек.



# СКОРОСТНОЙ ТРАМВАЙ В КРИВОМ РОГЕ

Ю. ЛАЩУК, С. ЛЫСЫЙ,  
инженеры

**П**ЕРВАЯ очередь скоростного трамвая в Кривом Роге имеет протяженность 12,2 км, в том числе 5,3 км — подземные.

В 1986 г. был введен в эксплуатацию участок длиной 8 км: 2,3 км тоннелей мелкого заложения с одной подземной станцией — «Площадь Артема» и двумя наземными — «Октябрьская» и «Площадь Труда». В текущем году предстоит пуск остальной части первой линии скоростного трамвая. В числе строящихся объектов еще три подземные станции: «Дзержинская», «Дом Советов» и «Проспект Металлургов», а также наземные путепровод и временная станция «Кольцевая».

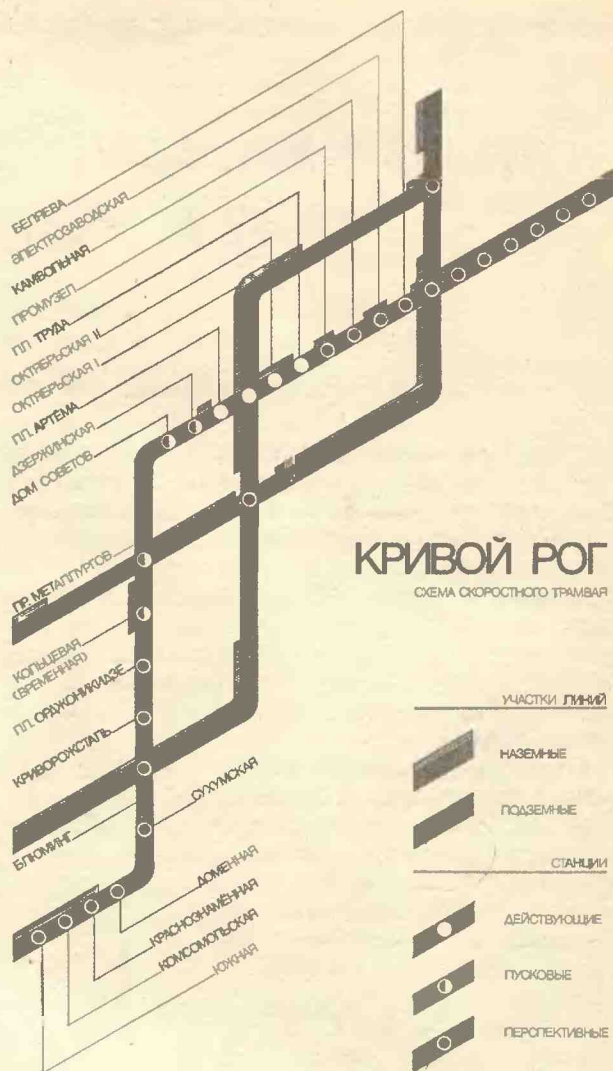
Тип вагона Т-3 (ЧССР) имеет три посадочные двери по правой стороне по ходу движения и верхний токозъем, ширина колеи — 1521 мм;

на перегонах от станции островного типа к колонным предусмотрено пересечение тоннелей за счет разной глубины их заложения.

Строительство скоростного трамвая в Кривом Роге ведется в сложных гидрогеологических условиях. Подземный участок трассы расположен в пределах тектонически подвижного блока, представленного крупными складчатыми структурами и нарушенного разломными зонами меридионального, широтного и диагонального направлений, в результате чего при проходке наблюдались массовые прорывы грунтовых вод по поверхности скольжения контактной зоны. Это привело к необходимости применения специальных методов работ — замораживания и водоотлива.

Небольшая глубина заложения тоннелей снижала темпы их проходки в связи с дополнительными трудовыми затратами на демонтаж бросовых колодцев и трубопроводов инженерных коммуникаций и замораживающих колонок.

Строительство тоннелей открытого способа работ на перегоне от Южного портала до «Проспекта Металлургов» (включая эту станцию) осуществляют при интенсивном движении городского транспорта и расположении проезжей части в 3—6 м от края котлована, что сопровождается необходимостью ликвидации вывалов грунта и выносов хозяйственных стоков в котлован, усиленного крепления стенок последнего дополнительными расстрелами и прогонами, а также применения забивной крепи и железобетонных ложных стенок. Это вызывает удорожание строительно-монтажных процессов и увеличение сроков их выполнения. В данном случае наиболее оптимальным решением явилось бы устройство «ледяной» стенки со стороны проезжей части котлована и дальнейшее поддержание отрицательных температур путем пассивного режима ра-



КРИВОЙ РОГ  
СХЕМА СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

боты замораживающей станции в период интенсивного оттаивания грунта.

При строительстве I очереди скоростного трамвая, которое ведет ТО № 26 Мяснметростроя, успешно внедрены рационализаторские предложения, способствующие сокращению сроков готовности объектов:

укладка верхнего строения пути звеньями, собранными на поверхности. При полной механизации работ это позволило увеличить производительность труда в 1,8 раза и при трехсменной работе и шестидневной рабочей неделе поднять выработку до 800 пог. м уложенного путевого бетона в мес.;

изменение технологии выдачи монтажных рельсов из тоннеля повысило производительность труда в 2,5 раза;

совершенствование технологической схемы сварки рельсовых плетей путем применения подвесной сварочной машинки К-355VI со встроенным грунтоносителем режущего типа дало возможность выполнять от 15 до 21 стыка в сутки;

внедрение обжатой в породу сборной железобетонной отделки диаметром 5,5 м взамен чугунной при проходке тоннелей в замороженных грунтах с помощью немеханизированного щита Щ-19т позволило довести месячные скорости строительства до 40 пог. м.



## АРХИТЕКТУРА БУДУЩИХ МЕТРОВОКЗАЛОВ В КУЙБЫШЕВЕ

**«Советская».** Расположена на улице Гагарина рядом с парком Дружбы.

Станция колонного типа. Центральный неф приподнят по сравнению с боковыми. Подвесной потолок — в виде глубоких кессонов, в которых размещены изготовленные по индивидуальным проектам светильники.

Колонны, напоминающие порталы, облицованы белым мрамором, путевые стены — розово-красноватым «буровщина». Цветовой контраст подчеркивает строгий характер интерьера.

Полы устланы светло-серым гранитом с включениями геометрических орнаментов. При входах на платформенную часть предусмотрен выполненный в специальной технике барельеф, раскрывающий в символических образах название станции.

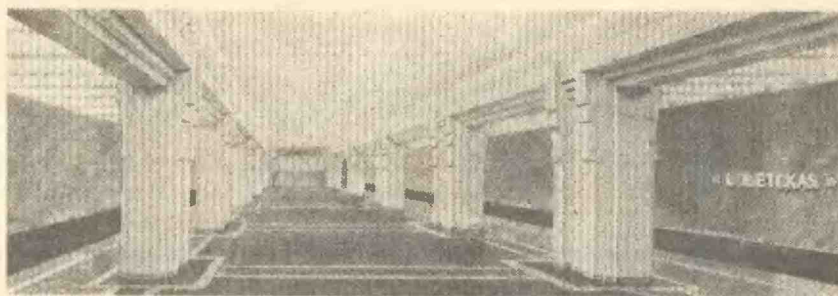
Авторы — архитекторы Ю. И. Мусатов и А. Н. Панин.

**«Спортивная».** Интерьер станции решен в лаконичных монументальных формах. Колонны и путевые стены облицованы мрамором «коелга». Боковые плоскости первых и низ прогона по средней линии — профилем из нержавеющей стали, ширина полосы 20 см. По стенам выполнен рельефный фриз, в проекте он в двух вариантах:

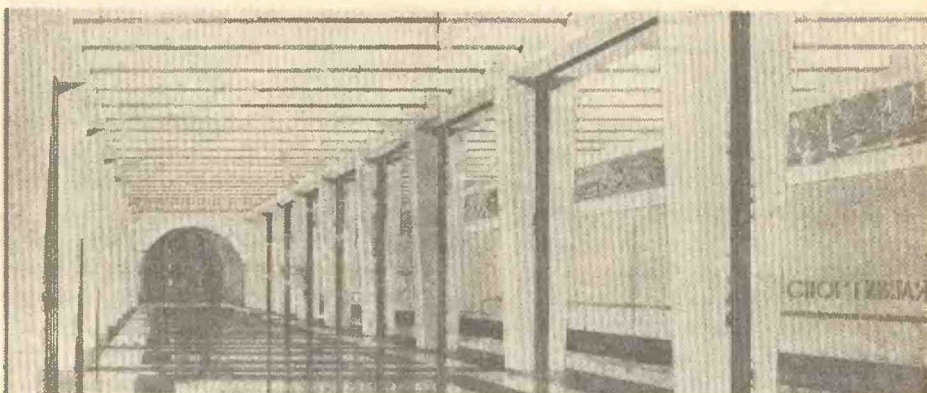
из бетона — с композициями на спортивную тему, чередующимися с вставками геометрического рисунка по эскизам художественного фонда;

из черного алюминиевого 2-мм листа на голубом фоне — на ту же тему: свободный рисунок, условно напоминающий беговую дорожку стадиона.

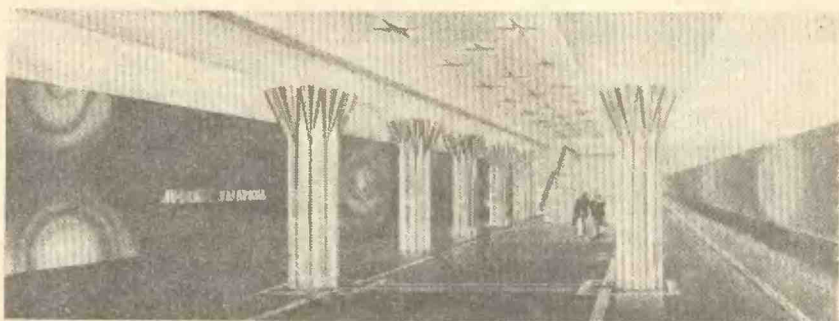
Полы центрального зала выкладываются светло-серым — «савасайским», красным — «возрождение» и черным — «габбро» гра-



*«Советская»*



*«Спортивная»*



*«Проспект Гагарина»*

нитом. Полы на платформе — асфальтовые с элементами гранита «возрождение», а для цоколя путевой стены использован «габбро».

Освещение — люминесцентное из светильников рижского производства.

Автор — архитектор В. Н. Блохин.

**«Проспект Гагарина».** Расположена в центре жилого массива на улице Гагарина при пересечении ее с площадью Революции.

Станция колонного типа, запроектирована с перспективой пересадки на линию II очереди.

Оформление интерьера пассажирского зала посвящено теме освоения космоса. Путевые стены облицовываются глазурованной керамической плиткой от белого до

синего цветов по специальному рисунку. В оформлении колонн применяются декоративные элементы из полированной нержавеющей стали, создающие скрытую подсветку из капителей на подвесной потолок, выполненный из гипсовых армированных плит. Для устройства потолка со встроенными люминесцентными светильниками плиты перекрытия в центральном проеме подняты на 300 мм. Полы станции запроектированы из красного гранита с включениями рисунка светло-серого тона.

На торцевых стенах над выходами из платформенной части размещаются декоративные рельефы из анодированного алюминия.

Авторы — архитекторы Ю. И. Мусатов и А. Н. Панин. □



# ЩИТОВАЯ ПРОХОДКА КОЛЛЕКТОРНЫХ ТОННЕЛЕЙ

С. МАРШАК, канд. техн. наук;  
Н. СМIRНОВ, В. НИЛЬВА, инженеры

В ПОСЛЕДНИЕ годы строительство коллекторных тоннелей закрытым способом с применением проходческих щитов и щитовых комплексов осуществлялось специализированными управлениями в Москве, Ленинграде, Киеве, Таллине, Сочи, Минске, Сургуте, Ташкенте и ряде других городов страны. Удельный вес стоимости такого строительства в общем объеме строительно-монтажных работ специализированных организаций (составивший за прошедшую пятилетку 65,3%) возрос в 1986 г. до 69,2 и в 1987 г. — до 69,9%.

Среднегодовое количество имевшихся в наличии проходческих щитов составляло за прошлую пятилетку 209 единиц, из них 50 механизированных, а в 1987 г. — соответственно 232 и 77. При этом коэффициент использования парка щитового оборудования увеличился соответственно с 0,8 до 0,87 и 0,85.

Диаметры щитов изменялись от 2 до 5,6 м; при проходке наибольших по диаметру коллекторов применялись перегонные щиты Метростроя.

Общий объем сооружения коллекторных тоннелей, реализованный с помощью щитовой техники,

составил в 11-й пятилетке 327,4 км, т. е. в среднем 65,4 км в год. В 1986 г. щитовым способом пройдено 63,1 км тоннелей, а в 1987 г. этот показатель достиг 69,7 км.

Подавляющее большинство работ выполнялось немеханизированными щитами-оболочками. Всего ими сооружено за прошедшую пятилетку 76,9%, а в прошлом году нынешней — 65,6%. Наибольший удельный вес проходок приходился на агрегаты диаметром 2 и 2,56 м (в целом за 11-ю пятилетку соответственно 32,1 и 35,7% всего объема щитовой проходки).

Объем строительства тоннелей механизированными щитами увеличился с 11,8 в 1980 г. до 23,9 км в 1987 г.

В 1986 г. структура распределения удельного веса проходки механизированными щитами различных диаметров несколько изменилась. Последний показатель снизился до 42,6%, но возрос с 23,6% за пятилетку до 42,1% в 1986 г. (табл. 1) удельный вес проходок, выполненных механизированными комплексами КЩ-3,2 и механизированными щитами ПЩМ-3,6.

Расширилось применение агрегатов, оснащенных экскаваторны-



Рис. 1.

ми рабочими органами, на базе щитов  $\varnothing 2,56-5,6$  м. На рис. 1 представлен комплекс КЩ-3,2, изготовленный Скуратовским экспериментальным заводом ЦНИИподземмаша.

Основной объем механизированной проходки таким оборудовани-ем реализован трестами Горно-проходческих работ Главмосинж-строя в Москве, причем щитами с забойным экскаватором  $\varnothing 2,56$  и 4 м сооружено 66,4%.

Прокладка коллекторов с применением специальных способов (кессон, водопонижение, замораживание) составляла в 1981—1985 гг. свыше 22% всего объема, а в 1987 г. — 37,1%. Наибольший удельный вес пришелся на проходки с водопонижением — 66%.

Крепление тоннелей производилось в основном железобетонными блоками — 98% (в 1987 г.).

Годовая выработка (эксплуатационная производительность) одного механизированного щита в 1987 г. составила 373 м; уровень механизации разработки и погрузки породы превысил средний показатель по истекшей пятилетке на 15,2%, достигнув 46,6% за счет расширения применения агрегатов, оснащенных экскаваторным рабочим органом.

Средние сменные скорости проходки тоннелей щитовым способом, характеризующие уровень

Таблица 1

Механизированные щиты и комплексы	Объем проходки механизированными щитами и комплексами, км			Удельный вес в общем объеме проходки, %		
	1981—1985 гг.	1986 г.	1987 г.	1981—1985 гг.	1986 г.	1987 г.
КЩ-2,1Б . . . . .	8	2,2	3	2,4	3,5	4,3
ПЩМ-2,56 . . . . .	29,9	4,7	5,4	9,1	7,5	7,8
КЩ-2,6Г . . . . .	2,8	—	—	1,8	—	—
КЩ-3,2 . . . . .	7,1	4	5	2,2	6,3	7,2
ПЩМ-3,6 . . . . .	10,8	4	5,1	3,3	6,3	7,3
ПЩМ-4 . . . . .	13	3,4	4,5	4	5,4	6,6
КЩ-5,2Б . . . . .	1,2	0,6	0,2	0,4	0,9	0,3
КЩ-3,5-5,6 . . . . .	2,8	0,1	0,6	0,9	0,2	0,9
Всего . . . . .	75,6	19	23,9	23,1	30,1	34,4



Таблица 2

Диаметр щитов, м	Скорость, м/смен.							
	механизированными агрегатами				немеханизированными			
	1981—1985 гг.	1986 г.	1987 г.	увел., сниж., %	1981—1985 гг.	1986 г.	1987 г.	увел., сниж., %
При обычном способе ведения щитовых работ								
2	—	—	—	—	2,3	1,92	2,39	+24,5
2,1	1,78	—	2,86	—	1,16	—	1,95	—
2,15	—	—	—	—	1,15	1,1	0,74	-82,7
2,56	1,71	1,28	1,31	+ 2,3	1,01	1,09	1,12	+ 2,8
2,61	1	—	—	—	0,96	1,02	0,72	-29,4
3,2	1,02	1,14	0,82	-28,1	0,81	0,84	0,98	+16,7
3,6	2,02	2,58	2,81	+ 8,9	1,66	1,59	2,79	+75,5
3,7	—	0,72	0,47	-34,8	0,65	0,92	1,14	+23,9
4	1,63	2,14	2,15	+ 0,5	0,87	0,82	0,88	+ 7,3
5,2	2,09	1,95	0,99	-49,9	—	—	—	—
Средняя щитами всех диаметров	1,61	1,64	1,69	+3	1,21	1,2	1,35	+12,5

Примечание: в связи с незначительными объемами проходки данные по щитам диаметрами 5,5 и 5,6 м не приводятся; + увеличение; — снижение.

Таблица 3

Диаметр щитов, м	Скорость, м/мес.							
	механизированными агрегатами				немеханизированными			
	1981—1985 гг.	1986 г.	1987 г.	увел., сниж., %	1981—1985 гг.	1986 г.	1987 г.	увел., сниж., %
При обычном способе ведения щитовых работ								
2	—	—	—	—	56,3	51,4	75	+45,9
2,1	55,3	—	73,2	—	26,4	—	66,7	—
2,15	—	—	—	—	60,4	48,2	33	-31,6
2,56	64,7	75,9	77,1	+ 1,6	55,3	53,2	60,7	+14,1
2,61	46,5	—	—	—	55,6	54	35,7	-34
3,2	58,3	68,8	53,7	-22	55,2	49,3	51,7	+19,4
3,6	48,6	60,3	70,6	+17,1	54,9	46,6	69,5	+49,1
3,7	—	57,4	51,3	-10,6	37,5	64	66,6	+ 4,1
4	52,9	58,6	59,3	+ 1,2	42	37,1	51,6	+39,1
5,2	39,9	46,5	33	-29	—	—	—	—
Средняя щитами всех диаметров	56,2	62,9	64,8	+ 3	54,2	50	62,2	+24,4

Примечание: + увеличение; — снижение

технической оснащенности строительства, приведены в табл. 2.

Общий уровень организации горнопроходческих работ в большой степени характеризуется показателями среднемесячных скоро-

стей, развиваемых щитами различных диаметров (табл. 3).

Из сопоставления данных таблиц 2 и 3 видно, что изменения среднемесячных и среднесменных показателей аналогичны. Средне-

месячные скорости проходки механизированными щитами в 1987 г. на 4,2% выше, чем немеханизированными.

В табл. 4 приведены максимальные темпы сооружения коллекторов щитами различных диаметров. Достигнутые во втором году двенадцатой пятилетки.

Производительность труда рабочих в 1987 г. превысила этот показатель за предыдущий год на 5,9%, причем на проходках, оснащенных механизированными щитами и комплексами, этот показатель возрос до 0,38 м/чел.-смен., немеханизированными — до 0,34 м/чел.-смен.

Испытывая определенный дефицит в механизированных комплексах, отдельные тоннелестроительные организации производили работы по разрушению забоя (как правило, представленного устойчивыми породами) угольными комбайнами, завершая проходческий цикл с помощью немеханизированных щитов.

Так, Бакинским специализированным управлением осуществлена проходка коммуникационного тоннеля в Сочи щитом ПЩ-4 в комплексе с комбайном ГПКС, что обеспечило высокий уровень механизации трудоемких процессов. За год с внедрением этой технологии сооружено 910 м тоннеля со среднемесячной скоростью 90 м, максимально достигнутой — 110 м. Срок строительства был сокращен в 1,8 раза. Годовой экономический эффект составил 350 тыс. руб.

На прокладке канализационных коммуникаций там же щитом ПЩ-2,56 с комбайном 4ПУ пройдено 166 м коллекторных тоннелей со средней скоростью 55 м/мес. В Махачкале щитом ПЩ-3,7 в сочетании с комбайном ГПКС в грунтах IV категории сооружено 402 м тоннеля со средней скоростью 57,4 м/мес.

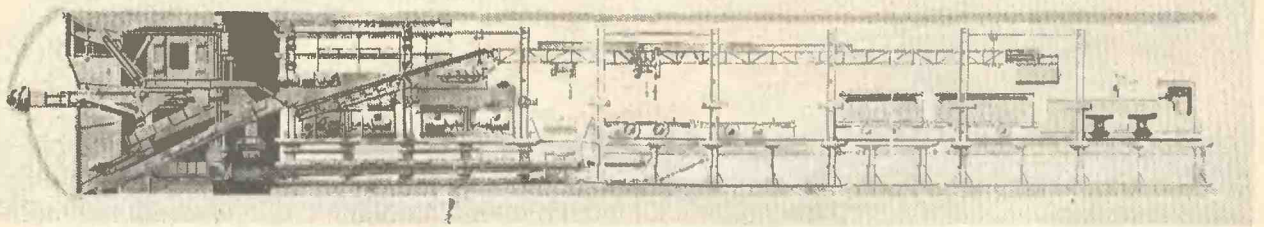


Рис. 2.



Таблица 4

Диаметр щитов, м	Максимальные скорости проходки		Объект сооружения
	м/мес.	м/смен.	
2	299	3,59	Москва, водосточный коллектор
2,1 мех.	157,5	3,11	Москва, канализационный коллектор
2,15	58	1,28	Киев, канализационный коллектор
2,56 мех.	168,8	2,3	Москва, канализационный коллектор
2,61	87	1,52	Ленинград, коллектор на территории Ботанического сада
3,2	106,8	2,41	Ленинград, коллектор
3,6 мех.	180	2,73	Москва, теплотель
3,7	78	1,54	Черкассы, ливневый коллектор
4 мех.	236	3,61	Москва, коллектор для подземных коммуникаций
5,2 мех.	51	1,9	Москва, Обручевский канализационный коллектор
5,6 мех.	173	2,89	Москва, канализационный коллектор

В настоящее время ЦНИИподземмаш в содружестве с Ясно-ватским машиностроительным заводом и Главмосинжстроем ведет работы по созданию семейства механизированных тоннелепроходческих щитовых комплексов КТ-4 (КЦ-4) с модульным щитом ПЦ-4 диаметром 4030 мм и передвижной платформой ПП-4.

Путем перемонтажа отдельных механизмов последней образуются щиты и комплексы для строительства тоннелей как со сборной железобетонной, так и с обделкой из монолитно-прессованного бетона.

По конструкции ЦНИИподземмаша на Скуратовском экспериментальном заводе изготовлено три механизированных комплекса КЦ-5,2Б со сменными исполнительными органами стрелового типа (рис. 2) и горизонтальными пересекающимися площадками (рис. 3). Один из них в течение ряда лет применяется в Москве на сооружении тоннеля канализационной системы, два других — на строительстве подмосковной угольной шахты (проходка магистральных штреков) в сильно обводненных породах. В 1987 г. оба щита работали с устойчивыми темпами свыше 50 м/мес. при максимальном показателе 60 м/мес., что в 3 раза выше скоростей с использованием фазового способа разработки забоя и креплением металлическими арками с заполнением монолитным бетоном.

Ускорение разработки и внедрения в серийное производство нового высокопроизводительного проходческого оборудования, повышение его надежности, а также совершенствование форм организации строительных процессов — важнейшие условия, обеспечивающие возможный рост эффективности сооружения коллекторных тоннелей и снижение их стоимости.

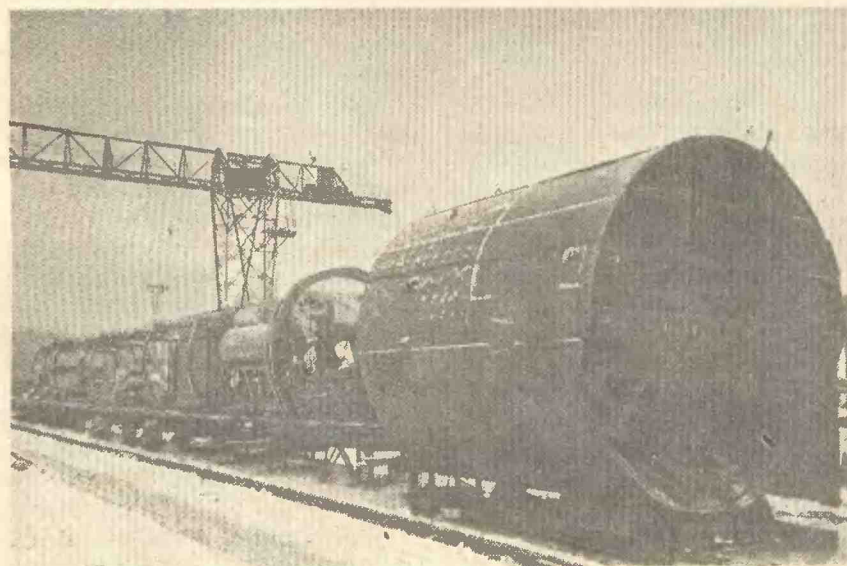


Рис. 3.

Применение угольных проходческих комбайнов для строительства тоннелей малого диаметра в твердых породах выявило их доста-

точную эффективность. Однако этот способ едва ли конкурентоспособен с использованием механизированных щитов.

## Ученые — производству

♦ В Белорусском государственном институте инженерных изысканий значительно улучшили характеристики серийного прибора для расчета устойчивости грунта. Снабдив прибор электронным блоком, добились того, что устройство быстро, точно определяет прочностные свойства исследуемого грунта. Производительность труда на подобных работах выросла на 25%.

♦ Скользящая забойная опалубка, изобретенная Л. Владыко (а. с. № 1285154), повышает качество бетонирования монолитной бетонной ярепы вертикальных шахтных стволов. Прессующая секция опалубки сделана из двухслойных резиновых листов, которые, раздвигаясь под давлением жидкости, герметизируют стык между опалубкой и верхней частью ярепы. И пока подается бетон, резиновая рубашка разравнивает и уплотняет смесь. После набора бетоном распалубочной прочности давление жидкости снимается, резиновые листы отжимаются, и опалубку можно переместить на следующую позицию.



# ЭКОНОМИЧНАЯ ЗАКЛАДНАЯ ДЕТАЛЬ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В. ГОЛУБОВ, канд. техн. наук;  
Р. МИЛЛЕРМАН, Б. ШИТИКОВ, Ю. МОРОЗОВ,  
инженеры

**П**РИМЕНЯЕМЫЕ на метростроях страны сварные закладные детали (для кабельных кронштейнов, трубопроводов, светильников и т. д.) отличаются как по конструкции, так и по массе. Их установка в плиты перекрытия, стеновые блоки и блоки круглой и цельносекционной обделки, на наш взгляд, не рациональна: детали воспринимают примерно равные небольшие отрывающие ( $N \leq 5$  кН) и сдвигающие нагрузки ( $Q \leq 5$  кН). В этой связи представляется возможным их усовершенствование и унификация.

Для выбора оптимальной конструкции, работающей при таких нагрузках, и проверки ее несущей способности проведены испытания 14 типоразмеров, изготовленных из полнотелой стали толщиной 4 мм, шириной 40 и 90 мм. Для сравнения были использованы серийно выпускаемые на Московском метрострое штампованные закладные детали МО-1 в виде пластин  $130 \times 90$  мм с расширяющимися анкерами, отогнутыми под углом  $90^\circ$  или  $120^\circ$ , длиной 50—60 мм (анкеры одного типоразмера укоротили до 40 мм).

Закладные детали устанавливали в опалубку ( $600 \times 400 \times 140$  мм) таким образом, чтобы пластины оказывались заподлицо с верхней поверхностью образца (детали с 40-мм анкерами помещали по две штуки в один образец).

Неармированные фрагменты из бетона М300 хранились в условиях цеха без пропаривания.

Смесь уплотняли глубинным вибратором. Распалубка производилась на вторые сутки.

На партию из 9 одновременно формируемых фрагментов изготавливали по 18 контрольных кубов с ребром 10 см, которые во время экспериментов достигали прочности, близкой к 30 МПа.

Схема проведенных испытаний на

сдвиг представлена на рис. 1. Бетонный фрагмент 5 с закладной деталью 6 крепился к силовому полу 4 с помощью прижимных швеллеров 3 и тяг 2. К ней приваривалась металлическая пластина 9 с отверстием, в которое вставлялся крюк 10, устроенный на траверсе 1 установки. Усилие создавалось пятитонным гидродомкратом 7 и фиксировалось на одном из двух манометров 8. Нагрузку передавали этапами 40—50 кг с небольшими выдержками для осмотра образцов. Цикл эксперимента проводился до момента разрушения бетона заделки или отрыва анкеров. (Всего было испытано 63 штуки: 37 — на отрыв, 26 — на сдвиг).

Результаты испытаний на действие отрывающей силы приведены в табл. 1.

В первой серии в деталях №№ 1 и 2 без отгибов на концах анкеров происходило их вытягивание — полная потеря сцепления — при усилиях, превосходящих проектную нагрузку в 2,8—3,8 раза.

Детали №№ 3, 4, 5 с концевыми отгибами длиной 10 и 30 мм, обес-

печившими надежную анкеровку, показали более высокие результаты (разрушение происходило из-за разрыва анкеров или раскола бетона без их вытягивания).

Во второй серии испытывались два вида деталей с клиновидными анкерами — № 6 (80 мм) и № 7 (40 мм), отогнутыми под углом  $90^\circ$ . Нагрузки были примерно равные — в 4,2 раза выше проектных (разрушения — разрыв анкеров или выкалывание бетона).

В третьей — объединили три типоразмера с 40-мм анкерами: № 8 — клиновидные, № 9 — прямые, нормальные и № 10 — отогнутые под углом  $30^\circ$  к нормали.

Четвертую серию составили детали № 11 и № 12 с относительно большим расходом металла. Здесь наиболее характерным был отрыв анкеров (при нагрузках в 3,9—4,2 раза выше проектных).

Таким образом, выяснилось, что наиболее оптимальной является закладная деталь № 7, которая при малой массе и простоте конструкции имеет сравнительно высокую несущую способность.

Показатели средних разрушающих нагрузок деталей № 6 с длинными клиновидными анкерами и № 7 — с короткими говорят о том, что увеличение длины не приводит к повышению несущей способности (нагрузки, соответствующие выкалыванию бетона при коротких анкерах и разрыву длинных, — приблизительно равны).

Из сравнения результатов на выдергивание деталей с прямыми и клиновидными анкерами следует, что упрочнение концов последних улучшает

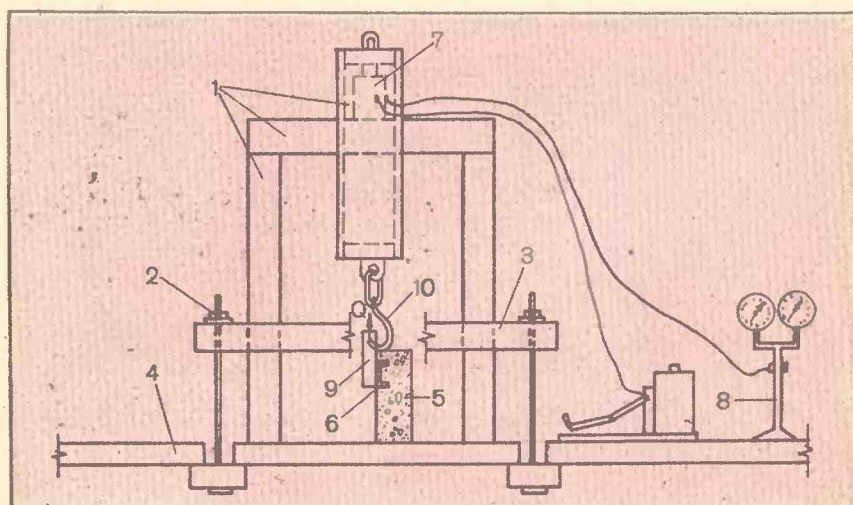


Рис. 1.



Серия образца	Вид закладной детали	№ п/п	Вид отгиба	Средняя прочность бетона на сжатие, МПа	Средняя разрушающая нагрузка, кН	Проектная нагрузка, кН	Отношение средней разрушающей нагрузки к проектной
I		1		30,9	19	5	3,8
		2		34,1	14	5	2,8
		3		35,3	30	5	6,0
		4		27,3	31,3	5	6,3
		5		27,3	26,9	5	5,4
II		6		34,7	21,1	5	4,2
		7		24,2	21,3	5	4,2
III		8		24,2	14,3	5	2,9
		9		20,7	8,4	5	1,7
		10		23,9	10,2	5	2,0
IV		11		21,0	19,7	5	3,9
		12		24,1	20,8	5	4,2

ет их способность (особенно сильно — при коротких). Видно также, что изменение угла отгиба (в деталях № 8 по сравнению с № 7) привело к снижению запаса прочности на отрыв.

Испытания трех серий 6 типоразмеров на действие сдвигающей силы приведены в табл. 2. Здесь в основном происходило откалывание бетона вместе с закладной деталью. В первой серии вполне удовлетворительно зарекомендовали себя экономичные детали №№ 1 и 2 (с короткими прямыми анкерами). Отгиб у начала анкеров на 30° к нормали у вторых привел к значительному повышению их средней разрушающей нагрузки, что объясняется вовлече-

нием в работу на откалывание большего объема бетона, чем в деталях № 1.

Во второй серии для деталей с длинными прямыми анкерами достигнуты высокие значения разрушающих нагрузок. Получено некоторое возрастание средней величины этого показателя для деталей № 4 с повернутыми на 90° относительно своих продольных осей анкерами по сравнению с неповернутыми для деталей № 3. Видно, положительное влияние увеличения опорной поверхности анкеров было снивелировано уменьшением их изгибной жесткости.

В третьей серии наибольшую среднюю несущую способность — 31,1 кН — показали детали № 5.

Отгиб анкеров на 30° от нормали к пластине в деталях № 6 не привел к повышению несущей способности (по сравнению с № 5). Нагружающую пластину приваривали параллельно как длинной стороне — 130 мм, так и короткой — 90 мм.

Оценим запас прочности детали № 7 при возможном одновременном действии на нее отрывающей  $N$  и сдвигающей силы  $Q$ . (Расчетные значения нагрузок  $N=Q=5$  кН можно привести к равнодействующей  $P=7,07$  кН, рис. 2а. Деталь испытывали только на действие отрывающих сил при минимальном значении

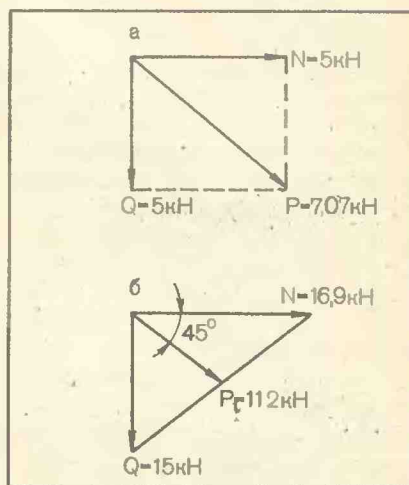


Рис. 2.

фактической разрушающей нагрузки  $N=16,9$  кН). Для этого воспользуемся результатами испытаний на сдвиг деталей № 1, у которых минимальное значение  $Q=15$  кН. Соединив концы векторов  $Q$  и  $N$  (рис. 2б) прямой линией, рассматриваемой как предельное (в сторону значений  $P$ ) положение кривой взаимодействия  $N-Q$ , и проведя вектор равнодействующей под углом 45°, получим минимальное ожидаемое значение закладной детали № 7:

$$P = \frac{\sqrt{2} Q}{1 + \frac{Q}{N}} = \frac{1,414 \cdot 15}{1 + \frac{15}{16,9}} = 11,2 \text{ кН.}$$

Таким образом, отношение  $\frac{P}{P} =$

$= 1,59$  следует признать удовлетворительным, учитывая, что в запас прочности можно отнести следующие факторы:

действительная кривая взаимодействия  $N-Q$  даст большее значение



Таблица 2

Серия образца	Развертка закладной детали	№ п/п	Вид отгиба	Средняя прочность бетона на сжатие, МПа	Средняя разрушающая нагрузка, кН	Проектная нагрузка, кН	Отношение средней разрушающей нагрузки к проектной
I		1		22,5	16,3	5	3,3
		2		24,2	21,6	5	4,3
II		3		29,0	24,4	5	4,9
		4		27,4	25,6	5	5,1
III		5		23,8	31,1	5	6,2
		6		23,0	22,8	5	4,6

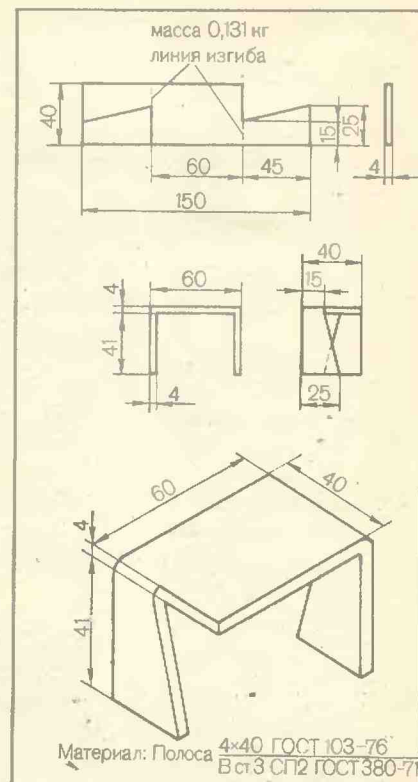


Рис. 3.

$A_r$  — годовой объем продукции, выполняемой в расчетном году с применением новой технологии.

Расчет произведен по изменяющимся статьям затрат  $Z_1 = C_1$ ,  $Z_2 = C_2$ . Здесь  $C_1$  и  $C_2$  — себестоимость единицы продукции.

#### Выводы:

при сравнительно близких нагрузках применяются закладные детали, изготавливаемые на метростроях страны по различной технологии с использованием листов толщиной от 4 до 10 мм и арматурной стали в диапазоне от 6A1 до 12AIII (их масса отличается в 1,2—1,6 раза);

разработанная унифицированная конструкция (рис. 3) обеспечит требуемую несущую способность во всех случаях ее применения — для крепления постоянных устройств и соединения блоков при монтаже и позволит наладить производство по единой безотходной технологии;

переход на новую закладную деталь даст возможность сэкономить дефицитный металлопрокат от 2,8 до 4,7 раз; заменить дорогостоящую арматурную сталь на листовую прокат, сократив при этом расход электродов, электроэнергии, сжатого воздуха и трудозатраты. □

$P$ , чем принятая здесь прямая линия;

клиновидные анкеры, вероятно, показали бы несколько большую несущую способность на сдвиг, чем принятая 15 кН при прямых;

действительная прочность бетонных изделий — 30 кН и выше (образцы испытывались при 24,2 кН); при опытном бетонировании детали устанавливали на верхней поверхности, в то время как при заводском серийном изготовлении они в большинстве случаев будут помещаться на дно формы.

Выполнен предварительный экономический расчет эффективности от замены сварных закладных деталей на единую штампованную для предприятий Москвы, Киева, Тбилиси, Ташкента, Куйбышева, Баку, Горького и Новосибирска. Только от сни-

жения веса при изготовлении последней годовая экономия составит примерно 50 тыс. руб.

Для Москвы технология изготовления штампованной закладной детали № 7 массой 0,131 кг аналогична принятой детали МО-1 массой 0,367 кг (для остальных городов за базовый вариант взяты сварные закладные детали, за новый — типоразмер № 7). Стоимость усовершенствованной конструкции по обеим технологиям определялась разными прейскурантами: в Москве — по № 29-05-18; в РСФСР — № 06-14-01; в других республиках — № 06-08.

Расчет выполнен в соответствии с инструкцией СН-509-78 по формуле:

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) \times A_r,$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  — приведенные затраты по обеим технологиям;



# ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ЦЕМЕНТА

М. КАГАН, канд. техн. наук;  
А. КЛИБАНОВ, инженер

**СБОРНЫЙ** железобетон в настоящее время — один из основных материалов в метростроении. В связи с этим стоит задача уменьшения расхода цемента на тоннельные конструкции как наиболее дорогостоящего и дефицитного компонента. И если экономическая сторона вопроса достаточно очевидна, то техническая целесообразность часто недооценивается.

Известно, что прочность бетона на сжатие в основном определяется водоцементным отношением. Поэтому при оптимальном соотношении заполнителей сокращение расхода цемента до определенного значения с сохранением постоянного В/Ц не приводит к уменьшению прочности.

Низкая трещиностойкость бетона является, одной из причин, снижающих его долговечность. Трещины могут появляться в результате возникновения напряжений в цементном камне в процессе твердения и массообмена с окружающей средой. Это обусловлено непроявившейся усадкой геля, которая определяется удалением из него адсорбционной связанной воды. Чем меньше цементного геля в твердеющем бетоне, тем меньше усадка и выше его трещиностойкость.

Перепады температуры и влажности приводят к постоянным колебаниям влагосодержания между поверхностными и глубинными слоями в бетоне. В результате в поверхностных слоях появляются напряжения, вызванные действием капиллярных сил, способных иногда привести к образованию трещин (капиллярная усадка). С уменьшением доли цементного камня в общем объеме бетона можно понизить и капиллярную усадку.

Гелевая структурная составляющая, занимающая 3/4 объема цементного камня, обладает способностью вязкого течения под нагрузкой, являясь основной причиной ползучести. Уменьшение расхо-

да цемента приводит к увеличению доли заполнителей, сдерживающих ползучесть.

Для морозостойкости бетона большое значение имеет соотношение объема резервных пор и заполненных замерзающей водой. Так как пористость — есть функция водоцементного отношения и степени гидратации, то при постоянстве этих параметров снижение количества цемента не ухудшает показателей бетона.

Существует мнение, что увеличение расхода цемента на 50—100 кг выше оптимального приводит к падению водонепроницаемости. Поэтому при назначении первого необходимо иметь в виду целесообразность его минимального расхода с точки зрения обеспечения физико-механических свойств бетона.

Этот тезис положен в основу работы по подбору его составов для изделий открытого способа работ, проводимой на Очаковском заводе ЖБК Мосметростроя. Основная марка бетона по прочности 400 (класс В30), по водонепроницаемости — W4, морозостойкости — F100.

Исходные материалы: портландцемент марки 600 Здобуновского цементно-шиферного завода; песок с Сычевского горнообогатительного комбината (модуль крупности — 2,2—3,1) либо с Дмитровского карьера (модуль крупности в летнее время — 2—2,45; в зимнее — 1,9—2,2); гранитный щебень в смеси фракции от 5 до 20 мм карьеров «Игнатополь», «Новоукраинка», «Возрождение»; разжижитель С-3 Новомосковского ПО «Оргсинтез».

Для приготовления бетона используется смеситель С-356 емкостью 1000 л. Он снабжен тремя рабочими лопастями. Выгрузка смеси происходит посредством затвора, расположенного в нижней части смесителя, что является недостатком последнего: в образующуюся щель происходит утечка раствора. В результате часть бетона имеет повышенное содержание щебня. Систематически приходится подтягивать затвор. Производительность бетоносмесителя составляет 5 м<sup>3</sup>/ч, но этот показатель не выдерживается, и иногда в час отпускается 3 м<sup>3</sup> смеси. К месту формовки она доставляется самосвалами или транспортерной лентой, применение которой требует высокой технологической точности (осадка конуса — ОК — не должна превышать 6 см); соблюдения ограничений скорости ленты и ее загрузки; с целью уменьшения расслоения бетонной смеси необходима установка воронок и хоботов; обязательны вулканизация стыка

Таблица

Класс бетона по прочности (марка)	Удобуклаиваемость (ОК: жесткость), см/сек	Требования к бетону по морозостойкости F и водонепроницаемости W	Наименование изделий	Передача (отпускная) прочность бетона, %	Вид и марка цемента	Заполнители		Тепловая обработка, ч	Норма расхода цемента по СНиП 6.01.23.83	Поправочные коэффициенты, учитывающие				Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>		
						крупный фракции, мм	мелкий M <sub>кр</sub>			покрытие характеристики бетона	качество цемента	качество заполнителя	особенности технологии производства	расчетный с учетом коэффициентов	по подбору лаборатория	фактический за 1986 г.
B85 (400)	4—6	F100 W4	Открытого способа работ	70	п/ц 600	5—20	1,9—3,1	13	330	0,95	1	1,05	1,08	355	330	470



## НЕОТВРАТИМЫЕ УРОКИ\*

Травматизм при открытых горных  
и общестроительных работахВ. ТОРГАЛОВ,  
главный технолог Главтоннельмостроя

(а не наличие металлических замков), снижение встряхивания ленты на роликах. К сожалению, на практике эти условия реализовать не удается и бетонная смесь имеет заметное расслоение. На стендах формовка осуществляется как на вибростоле, так и с помощью глубинных вибраторов. Для данных изделий и стендовой технологии СНиП 5.01.23.83 рекомендует осадку конуса 1—4 см.

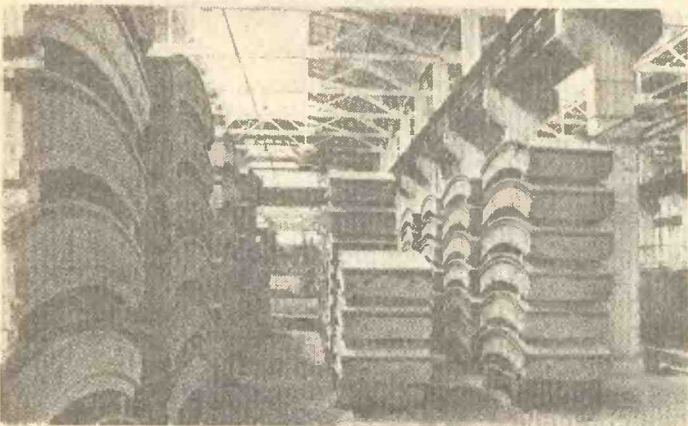
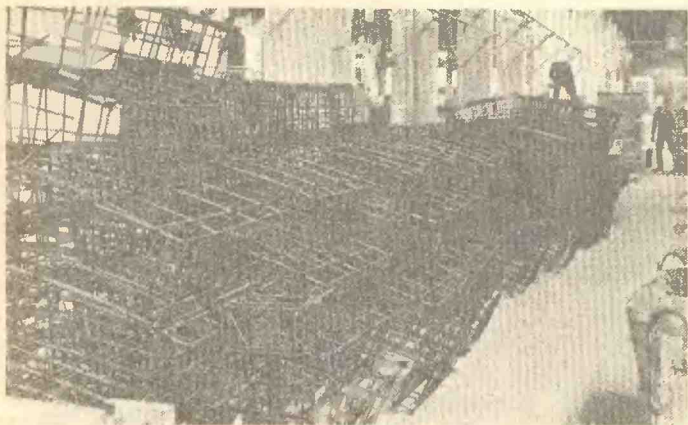
С учетом этой консистенции расход цемента составляет 330 кг. Он устанавливается лабораторным подбором (330 кг) и сравнивается с расчетной нормой (355 кг), полученной путем умножения типовой (для нашего случая 330 кг) на поправочные коэффициенты. Они учитывают проектные характеристики бетона, качество цемента и заполнителя, особенности технологии (см. таблицу). Расход цемента из условия требований по морозостойкости и водонепроницаемости — 320 кг/м<sup>3</sup> (производился для ОК от 1 до 4 см). Увеличение ОК до 4—6 см достигается без повышения расхода цемента, за счет применения разжижителя С-3.

Как видно из таблицы, перерасход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона в 1986 г. был около 33% (в сравнении с расчетным). На сегодняшний день экономия составила 8%.

## Выводы:

при оптимальном подборе состава бетона снижение расхода цемента не приводит к ухудшению технических свойств смеси;

экономия цемента достигается строгим соблюдением требований ГОСТа по приготовлению и транспортированию бетона. □



На Очаковском заводе ЖБК Мосметростроя.

**Б**ЫТУЮЩЕЕ среди некоторых строителей мнение, что требования охраны труда на наземных работах по сравнению с подземными можно ослабить, опровергают приводимые ниже факты.

При установке затяжки между сваями крепления одного из котлованов произошел вывал грунта. После его выемки между сваями обнажился массив в нескольких местах с уширением кизу, однако решения об удержании установленного здесь крепления принято не было. Состояние ранее устроенного также не контролировалось, что способствовало накоплению пустот за затяжкой боков котлована и подвижке сыпучего грунта. Предварительного квалифицированного осмотра объекта лицами технического надзора не проведено, а к продолжению работ допустили проходчиков, не имевших необходимых навыков.

Подобное произошло и на другой стройке, когда работу выполняли люди, не обученные приемам безопасности в конкретных условиях. Вывал грунта стал следствием увеличения бокового давления на крепление стен котлована, возникшего из-за частых ливневых дождей и нарушения устойчивости всей системы крепления. В результате разрушилась одна из свай в сварном соединении из-за некачественно приваренных накладок. Основная причина — ослабление грунта. Труба ливневого стока, из которой происходило скрытое насыщение его водой, находилась в теле откоса. Происходило снижение устойчивости последнего, а затем и частичное его отслоение. Другая причина — отступление от проекта: предусмотренное им временное крепление не было своевременно возведено.

Неблагоприятные последствия может вызвать и неудовлетворительное состояние ограждения котлована (несоблюдение требований норм и проекта на его установку). Пример: находившийся на бровке рабочий, потеряв равновесие, налег на ограждение, и оно, не выдержав его веса, проломилось.

В иной ситуации двое рабочих выбрали местом отдыха ограждение котлована. Перильная доска под тяжестью сидящих сломалась — один упал вниз, другой чудом удержался за стойку.

Причиной несчастного случая может быть нарушение правил доставки материалов. Одной бригаде поручили спустить в котлован несколько бре-

\* Начало см. в «Метрострое» №№ 2—5, 1988.



вен. Поскольку руководитель смены не дал конкретных указаний, бригадир решил просто сбросить их вниз. Поставив двух человек на бровке, он с рабочим спустился в котлован для охраны опасной зоны, где одно из бревен тяжело его травмировало. А ведь начальнику участка необходимо было проводить ежесуточный осмотр рабочих мест, проконтролировать наличие специально оборудованного слуска.

На одной из строек получил травму электро-монтажник, которому поручили срезку арматуры свай, забитых в основание подземного сооружения, т. е. выполнение несвойственной ему работы. Ни рабочих, ни грузоподъемного крана для страховки в помощь ему не выделили. Действуя на свой страх и риск, он не уследил за падением свай после резки арматуры.

Ряд упущений различных служб привел к обрушению лобового откоса предпортальной выемки при врезке одного из горных тоннелей. Еще на стадии разработки проекта не были рассмотрены вопросы устойчивости грунтов припортальной части в зависимости от сезонного колебания температур. Не обеспечен и авторский надзор. Строители же приняли техническую документацию с упомянутыми упущениями; не приняли по акту предпортальную выемку, выполненную субподрядной организацией; начали производство горных и взрывных работ без регистрации в местной горнотехнической инспекции и не осуществили инженерно-геологического контроля.

Эти и другие обстоятельства привели лобовой откос сначала в опасное состояние, а затем к обрушению.

Возникновению аварийной обстановки способствует также нарушение правил безопасного ведения работ. Пример — падение металлоконструкций на одном из участков при монтаже тельферной эстакады, который производился без технической документации. Металлоконструкции не были полностью укомплектованы: отсутствовали анкерные болты, диагональные раскосы, часть продольных угловых связей.

Поднятые рамы, соединенные лишь в верхних узлах продольными горизонтальными уголками на 16-мм болтах, установили на бетонные фундаменты, покрытые слоем наледи от 1 до 2 см. В результате эстакада приняла неустойчивое положение, так как не была закреплена на фундаментах анкерными болтами, в верхней части — монорельсом и с боков — крестообразными связями жесткости. Это создавало опасное состояние конструкции, однако не приняли оперативных мер к его устранению.

На одном из предприятий произошло обрушение двухпролетного корпуса сборочно-сварочного цеха. Поступившие на стройплощадку металлоконструкции имели дефекты в сварных соединениях узлов стропильных и подстропильных ферм. Согласно проекту, жесткость ферм фонаря предусматривалось обеспечить за счет связей. В процессе монтажа устойчивость конструкций поддерживалась расчалками из троса  $\varnothing 15,5$  мм, а на отдельных участках — из проволоки  $\varnothing 8$  мм. Впоследствии установили, что указанные дефекты устранены не полностью.

Завод-изготовитель при разработке чертежей деталей изменил конструкцию узлов нижнего пояса подстропильных ферм, снизив тем самым прочность крепления раскоса примерно на 40%. Кроме того, во время монтажа фонаря не установили постоянные связи, обеспечивающие устойчивость всей его системы.

В другом месте рухнул пролет транспортной галереи склада. Ее конструкция состояла из продольных ферм (пролетом 41 и 29 м); на них опирались поперечные (18 м с шагом 6 м). Сталь (Ст.3), из которой выполнены элементы галереи, не удовлетворяла требованиям СНиПа по текучести и предельному содержанию серы, фосфора и углерода. Подушки балансирных опор вместо крепления на болтах были приварены к фермам с толщиной шва в 5 мм, причем с непроварами.

Известны случаи аварий каменных конструкций главным образом из-за низкого качества кирпичной кладки: нарушения системы перевязки швов, увеличения их толщины, использования половинок и расколотого кирпича для верстовых рядов и др. К беде может привести и уменьшение площади поперечных сечений простенков, применение материала и раствора, не отвечающих требованиям проекта; невыполнение армирования простенков.

Не снижается производственный травматизм и на монтажных работах. Причем при возведении сборных железобетонных конструкций «коэффициент опасности» выше, чем при сборе стальных элементов, технологического оборудования и трубопроводов.

Опыт показывает, что потенциально опасные ситуации можно предупредить еще на стадии разработки проектной документации. В ПОР и ППР должны быть решены принципиальные вопросы безопасности: правильная расстановка грузоподъемных кранов, машин и механизмов; обеспечение освещенности места работ; рациональная организация складирования конструкций; выбор наиболее безопасного вида инвентарных ограждающих устройств (для монтажников и сварщиков), а также приспособления для временного и постоянного их крепления.

Проектные организации тем не менее нередко ограничиваются записью в рабочих чертежах: «Решить вопрос устойчивости каркасов в период монтажа силами строительно-монтажных организаций» или «Крепить по месту».

Технологическая последовательность сборки конструкций, обеспечивающая устойчивость и геометрическую неизменяемость выполненной части сооружения, должна указываться на соответствующих схемах. Особое внимание при этом обращается на установку постоянных и временных связей. Поэтому наиболее важным становится фактор своевременной и комплектной поставки изделий по спецификации. При отсутствии указаний в проекте о марке бетона для заделки стыков и узлов следует учитывать, что она должна быть на одну ступень выше марки конструкций.

Кондукторы, подкосы и другие приспособления, обеспечивающие временную устойчивость сооружений, не снимаются до тех пор, пока не достигнута



70%-я проектная прочность бетона в замоноличенных стыках несущих элементов.

Неприятности, как потом выясняется, нередко «заложены» уже в проектах. Это, в частности, прямые ошибки в них, которые затем накладываются на ошибки, допущенные в ходе различных операций; отсутствие или неполный перечень указаний по охране труда; неудовлетворительный учет специальных вопросов изготовления и монтажа конструкций; принятие технических и технологических решений, не отвечающих требованиям безопасности, в том числе неправильная их оценка на стадии ТЭО; неточный выбор вариантов возведения зданий и сооружений.

В практике строительства имеют место опасные случаи падения элементов конструкций, например, с крюков кранов вследствие разрыва их захватного устройства (монтажных петель, канатов строп) или соскальзывания грузов с подвески.

Травматизм при производстве изоляционно-кровельных работ происходит в основном из-за наличия большого количества ручных операций и применения горячих мастик, несовершенства инвентаря для их подачи и приема; неудовлетворительного состояния рабочих мест (захламленность, стесненность и др.); невысокой квалификации исполнителей; отсутствия индивидуальных средств защиты, а также ограждений и охранной зоны внизу по периметру, когда работы ведутся на высоте. Поэтому так актуальна здесь проблема повышения уровня механизации и устранения приведенных нарушений.

Теперь рассмотрим конкретный случай несогласованных действий при разборке здания, где одновременно работали бригады строителей и слесарей-монтажников. При этом вопросы взаимной безопасности им не осветили, совместными мероприятиями не подтвердили, порядок выполнения производственных операций не оговорили. Взяв у соседней монтажной бригады единственную лестницу, изолирующие и сварщики поднялись по ней к ригелю и начали обрезать арматуру, выполняя несвойственную им работу. При этом они игнорировали указание начальника участка, увидевшего отступление от технологии демонтажа ригеля и потребовавшего подпереть его бревнами и застропить к крану. Монтажники, которым понадобилась лестница, вошли в опасную зону. Услышав крики и шум от падающего ригеля, один из них отскочил в сторону, другой не успел.

Сооружение на скорую руку и некачественно (к тому же с отступлением от проекта) средств подмащивания может привести к падению людей в лифтовую шахту. Так, рабочий в поисках инструмента спрыгнул на перекрытие, которое обрушилось вместе с ним. Отсутствие ограждений лестничных маршей, проемов в стенах и перекрытиях — также потенциальная угроза для работающих.

Не доводит до добра и применение неинвентарных приспособлений. При выполнении кирпичной кладки произошел несчастный случай, когда в нарушение технологии вместо подмостей использовали плиту перекрытия для укладки оставшихся нескольких рядов. Она была уложена башенным краном на плиты перекрытия здания с консольным свесом в 1,9 м за наружную грань стены. Без предохранительных средств каменщик вышел на плиту, которая под действием собственной массы и находящегося на ней человека переломилась.

Другой пример. После установки керамзитобетонной перегородки в крупнопанельном жилом доме в проектное положение ее приварили к внутренней стеновой панели при помощи накладной детали, закрепив с другой стороны деревянными рейками. Когда от порыва ветра перегородка пришла в движение, последние не выдержали нагрузки, и она опрокинулась, травмировав находящегося рядом рабочего. Вот к чему привело применение реек вместо проектных инвентарных струбцин.

Таким образом, причинами аварий и несчастных случаев при открытых горюих и общестроительных работах являются:

отсутствие должного контроля за качеством устройства и состоянием крепления котлованов и траншей;

допуск исполнителей с низкой квалификацией к несвойственным им работам;

отступление (либо ошибки в проектировании) от проектных решений или некачественная их реализация;

несоблюдение технических условий на производство строительно-монтажных работ;

применение материалов низкого качества;

нарушение производственной или технологической дисциплины;

использование случайных приспособлений взамен инвентарных. □

## Ученые — производству

♦ Образец тепловоза, который вместо жидкого топлива использует сжатый природный газ, создан во ВНИИЖТе. Внешне тепловоз почти не отличается от серийных машин, только немного срезан угол крышки — здесь размещены семь баллонов с газом. Запас топлива хватает на три суток. Пока тепловоз работает на смеси из 15% дизельного топлива — оно поджигается как воспламенитель — и 85% газа. Вскоре дизельного топлива вообще не будет, воспламенение газа обеспечит электрическое зажигание. Как показали испытания, новый тепловоз загрязняет воздух в 2—2,5 раза меньше, чем другие локомотивы. Поэтому в первую очередь газовые тепловозы появятся на железнодорожных станциях, расположенных в черте города и на подъездных путях промышленных предпри-

ятий. Первая партия новых машин будет выпущена в следующем году, а массовое производство планируется начать в 13-й пятилетке.

♦ Повысить безопасность движения на железных дорогах можно, если применить изобретенное во ВНИИЖТе устройство для определения превышающих заданный уровень силовых факторов взаимодействия пути и подвижного состава. Оно автоматически оценивает текущее значение ускорения с заданным. Результат записывается только в случае превышения необходимого уровня. Одновременно фиксируется пройденный путь, что дает возможность определить опасное место.

♦ Автоматический огнетушитель разработан во ВНИИ противопожарной обороны. Баллон со смесью подвешивается над тем объектом, который пожароопасен. Автоматизация заключается в том, что под пружиненный блок, разбивающий баллон, срабатывает от теплового реле (а с № 1240419).



# УЧЕТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД В СТЕРЖНЕВЫХ МОДЕЛЯХ ПРИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПОДЗЕМНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

А. ПРОЦЕНКО, д-р физ.-мат. наук;  
В. САВРАНСКИЙ, инженер

**В ПРАКТИКЕ** проектирования тоннельных сооружений (в соответствии со СНиП II-40-80 «Метрополитены» и СНиП II-44-78 «Тоннели железнодорожные и автодорожные») расчет ведется на заданную нагрузку, причем взаимодействие массива горных пород с конструкцией моделируется стержнями (рис. 1). Чтобы решать задачи на основе такой модели, в виде программы для ЭВМ разработаны и реализованы методики: Б. П. Бодрова — Б. Ф. Матери (метод «Метрогипротранса»\*) и ЦНИИСа\*\*, где в процессе итераций уточняется расчетная схема путем исключения из нее растянутых стержней. Такие алгоритмы расчета предполагают, что при достижении нулевых напряжений  $\sigma$  деформации  $\epsilon$  в стержнях, моделирующих породу, могут неограниченно расти при постоянной нагрузке, т. е. материал стержней работает в соответствии с диаграммой Прандтля (рис. 2, 1). Однако многие горные породы способны к восприятию небольших растягивающих усилий, т. е. действительная их работа ближе к упруго-пластической диаграмме (рис. 2, 2). Учесть эту способность пород можно применением в рамках традиционных расчетных схем (см. рис. 1) численных методов теории пластичности.

Несмотря на то, что диаграммы, изображенные на рисунке 2, качественно не отличаются, для расчета соответствующих моделей необходимо использовать различные алгоритмы. Для модели, работающей по диаграмме на рис. 2, 2, в стержнях допускаются растягивающие усилия. Таким образом, все стержни, моде-

лирующие грунтовой массив, сохраняются в расчетной схеме. При этом напряжения в них удовлетворяют заранее заданным ограничениям типа  $\sigma \leq c$ , где  $c$  — прочность породы на растяжение (сцепление).

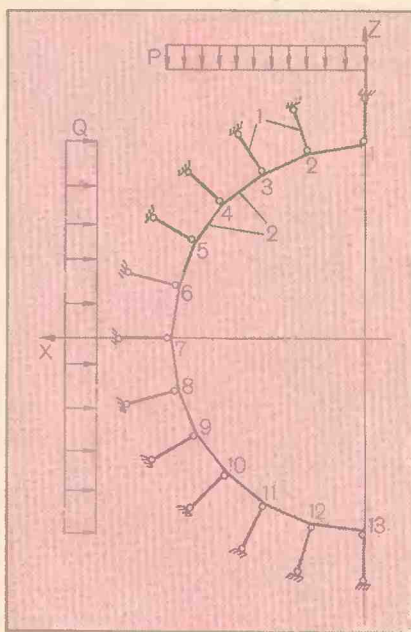


Рис. 1. Расчетная схема монолитной обделки: 1 — стержни, моделирующие массив пород; 2 — то же, обделку; P — вертикальная нагрузка, Q — горизонтальная.

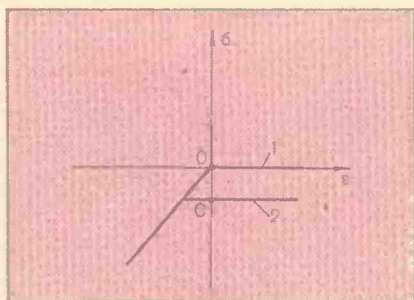


Рис. 2. Диаграммы работы материала стержней: 1 — идеализация породы при традиционных методах расчета; 2 — то же, по предлагаемому методу.

В настоящее время созданы численные методы решения упруго-пластических задач для материалов, работающих по диаграммам на рис. 2\*\*\*. Применительно к методу конечных элементов (МКЭ) может быть поставлена следующая задача (расширенный функционал типа Рейсснера):

$$R(\sigma, u, \lambda) = \int_{\Omega} \left[ \frac{1}{2} A \cdot \sigma \cdot \sigma - \sigma \cdot \epsilon + X \cdot u + \lambda \varphi(\sigma) \right] d\Omega + \int_S p \cdot u dS,$$

где  $\sigma, \epsilon, A$  — тензоры напряжений, деформаций и податливости;  $p, u, \lambda$  — векторы внешней нагрузки, перемещений и параметров (типа множителей Лагранжа);  $\varphi(\sigma)$  — пластический потенциал;  $\Omega$  — область рассматриваемого тела;  $S$  — граница области, на которой действует внешняя нагрузка.

Решив вариационную задачу о седловой точке функционала, получим такие  $\sigma^*, u^*, \lambda^*$ , что

$$R(\sigma^*, u, \lambda) \leq R(\sigma^*, u^*, \lambda^*) \leq R(\sigma, u^*, \lambda^*);$$

при этом удовлетворены условия равновесия  $\sigma_{ij,j} + X_i = 0$  ( $X_i$  — вектор объемных сил), а также краевые условия для напряжений  $\sigma_{ij} n_j = p_i$  ( $n_j$  — вектор внешней нормали к границе области  $S_p$ ).

Полученные перемещения будут удовлетворять условиям непрерывности в области  $\Omega$  и кинематическим условиям для перемещений  $u_i = \varphi_i$  на ее границе, где  $\varphi_i$  — вектор перемещений на границе области  $\Omega$ . Условие пластичности  $\varphi(\sigma) = 0$  будет выполняться при  $\lambda \geq 0$ , причем для стержневых элементов, материал ко-

\* Бодров В. П., Матери В. Ф. Кольцо в упругой среде (методы расчета и примеры). М., изд. Метропроект, 1938.

\*\* Вопросы математического моделирования, расчета и повышения надежности тоннельных сооружений. М., «Транспорт», 1981.

\*\*\* Проценко А. М. Теория упруго-идеальнопластических систем. М., «Наука», 1982.



Таблица

Удельное сцепление, кгс/см <sup>2</sup>	0		0,5		5	
	Момент, тм	Нормальная сила, тс	Момент, тм	Нормальная сила, тс	Момент, тм	Нормальная сила, тс
Внутренние усилия						
1	19	195	17,3	180	2,09	48,3
2	13	211	12,4	196	6,99	60,6
3	-1,51	238	-1,28	222	0,66	85,2
4	-14,2	264	-13,4	249	-7,09	110
5	-12,2	283	-11,4	268	-3,77	130
6	-2,95	293	-2,76	277	-1,1	141
7	1,2	296	1,08	281	0,23	146
8	2,07	301	1,96	286	0,95	151
9	1,74	310	1,66	295	0,85	160
10	1,3	321	1,23	306	0,65	170
11	0,9	329	0,83	314	0,27	178
12	0,82	334	0,75	319	0,17	184
13	0,76		0,69		0,11	

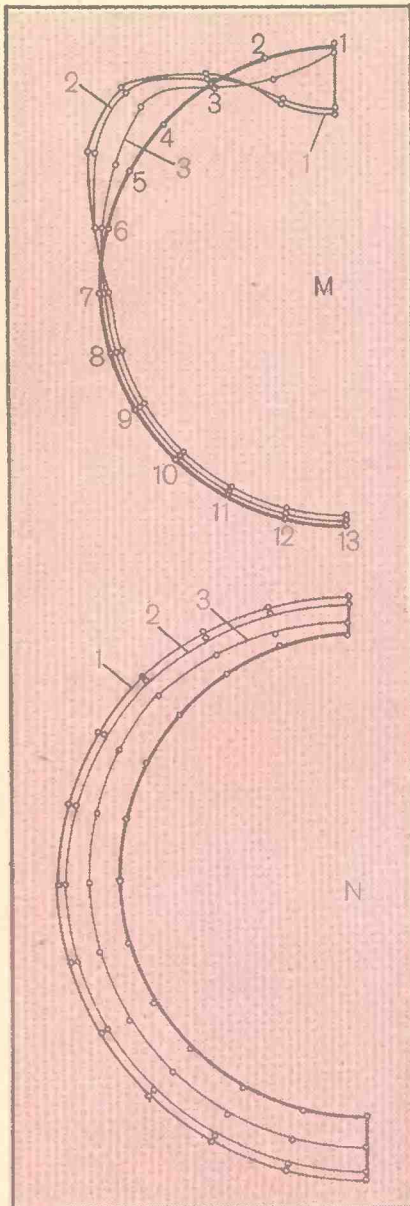


Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов (эп. М) и нормальных сил (эп. N) в обделке для различных сил удельного сцепления породы: 1 —  $c=0$ ; 2 —  $c=0,5$ ; 3 —  $c=5$  кгс/см<sup>2</sup>.

торых работает по диаграмме рис. 2, пластический потенциал —

$$\varphi(\sigma) = \sigma - c.$$

Решение задачи осуществлено МКЭ и реализовано в виде программы для ЭВМ, в которой итерационно определяются стержни, находящиеся в пластическом состоянии. С точки зрения организации вычислительного процесса рассматриваемый алгоритм имеет существенное преимущество перед традиционными: матрица жесткости системы сохраняется — изменяется только вектор

нагрузки (правая часть системы уравнений). Таким образом определение неизвестных (перемещений) сводится к обратному ходу по системе уравнений, что значительно снижает объем арифметических операций и время расчета. Программа создана на базе разработанной в МИСИ программы расчета строительных конструкций МКЭ (PLANC) и рассчитана на ЭВМ типа СМ или ЕС.

Учет растягивающих усилий в стержнях, моделирующих породу, существенно влияет на напряженно-деформированное состояние конструкции. В качестве примера рассмотрен расчет монолитной бетонной обделки тоннелей метрополитена в соответствии со схемой на рис. 1.

Приняты следующие исходные данные: расчетный диаметр обделки 2,65 м; вертикальная нагрузка 100 тс/м<sup>2</sup>, горизонтальная — 30 тс/м<sup>2</sup>; модуль упругости бетона  $3,4 \cdot 10^6$  т/м<sup>2</sup>, породы —  $5 \cdot 10^4$  т/м<sup>2</sup>; момент инерции сечения обделки  $6,66 \cdot 10^{-4}$  м<sup>4</sup>; площадь ее поперечного сечения 0,2 м<sup>2</sup>; коэффициент Пуассона для бетона 0,2; коэффициент упругого отпора  $4 \cdot 10^4$  т/м<sup>3</sup>.

В расчетной схеме длина стержней, моделирующих массив, равна расстоянию между двумя соседними узлами конструкции (0,692 м). Мо-

дуль упругости этих стержней, вычисленный по характеристикам породы на основе теории местных деформаций (Винклеровское основание), составил: для лежащих на вертикальной оси симметрии — 13833 т/м<sup>2</sup>, для остальных 27666 т/м<sup>2</sup>. Чтобы оценить влияние сил удельного сцепления грунта на напряженно-деформированное состояние конструкции, приняли три варианта допустимых растягивающих усилий в стержнях: 0; 0,5; 5 кгс/см<sup>2</sup>. Задание сил удельного сцепления в грунте, равных нулю, эквивалентно расчету по традиционным методикам с материалом стержней, работающим по диаграмме на рис. 2, 1. Результаты расчетов приведены на рис. 3 и в таблице (нормальные силы даны в сечениях между расчетными точками).

Результаты показывают, что учет удельного сцепления породы в ее реальном диапазоне значений снижает расчетные усилия, действующие в обделке, в среднем в 1,1—2 раза. Таким образом, сохраняя все достоинства традиционных схем, предлагаемый алгоритм позволяет более точно оценивать напряженно-деформированное состояние подземных сооружений. Это в свою очередь приводит к снижению материалоемкости конструкций и повышает надежность проекта. □

## Ученые — производству

♦ Магнитоплан Маглев, созданный в правительственном институте исследований железнодорожной техники (Миядзакани), поставил недавно мировой рекорд скорости на рельсах — 517 км/час. В основе этого — глубокое изучение тенденций развития современной науки и технологических перспектив.



# ВЫПОЛНЕНИЕ КОРНЯ ИНЪЕКЦИОННОГО АНКЕРА

Д. СОБОЛЕВСКИЙ, Н. ПОЛЕЙКО, кандидаты техн. наук;  
О. ПОПОВ, С. МАРТЫНОВИЧ, инженеры

Исследования инъекционных анкеров, проводимые кафедрой «Основания, фундаменты и инженерная геология» БПИ при строительстве Минского метрополитена, позволили выявить важные закономерности технологии устройства этих конструкций и их поведения под нагрузкой.

**Н**ЕСУЩАЯ способность анкера зависит от технологии устройства его корня, состава инъекционного раствора и срока нагружения. Существует различие между характером взаимодействия нагнетаемого раствора с несвязным и связным грунтом. Оно обусловлено особенностями воздействия на грунтовую среду свободной воды, отжимаемой из раствора в процессе инъекции.

Обычно используемые составы с водоцементным отношением В/Ц, равным 0,5 и выше, являются нестабильными. При подаче их в скважину под давлением происходит седиментация частиц цемента и снижение В/Ц в сторону оптимального (0,25—0,27). В несвязных, хорошо фильтрующих грунтах отжатие воды приводит к формированию вокруг скважины поля гидродинамических сил, способствующих наряду с радиальным распором уширению диаметра скважины за счет плотной перекладки частиц. При этом В/Ц снижается до оптимального неза-

висимо от исходного, а сопротивление грунта сдвигу повышается.

В связных грунтах условия для отжатия свободной воды из раствора не столь благоприятные. Зона действия фильтрационного потока может исчерпываться контактным слоем толщиной в несколько сантиметров. Наблюдаемое в нем увеличение влажности снижает сопротивляемость грунта сдвигу и, следовательно, несущую способность анкера. Цементный камень корня вследствие высокого В/Ц медленно набирает прочность и имеет пористую структуру. В результате нередки случаи разрушения по контакту «корень-тяга».

Накопленный опыт устройства анкеров в неустойчивых грунтах привел к выводу о необходимости предельного ограничения В/Ц инъекционного раствора. С этой целью в Межотраслевой НИЛ модифицированного бетона БПИ проведены исследования составов, обеспечивающих при высокой подвижности низкое В/Ц и быстрый набор прочности цементным кам-

нем за счет введения пластифицирующих добавок. За эталон был принят раствор на портландцементе М500 без добавок с В/Ц, равным 0,5.

Использовали следующие виды добавок\*:

суперпластификатор С-3;  
пластифицирующие М-1, М-4, М-5;

комплексная из агентов такой пропорции от массы цемента: С-3 — 0,7%; УПБ — 0,3%;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  — 1,2%.

Подвижность раствора определялась по распылу на конусе АзНИИ, сроки схватывания — на приборе Вика, прочность образцового цементного камня — испытанием стандартных кубиков на сжатие. Повторность идентичных испытаний была трехкратной.

Данные исследований представлены в таблице. Ее анализ свидетельствует, что при добавке С-3 раствор с В/Ц=0,35 имеет примерно ту же подвижность, что и при В/Ц=0,5, но без добавок. В то же время при снижении В/Ц до 0,35 почти исключаются водоотдача и усадка раствора. При этом прочность цементного камня на сжатие по сравнению с эталонным раствором увеличивается от 2,4 до 1,4 раза с 3 по 28-е сутки твердения.

М-1, М-4 и М-5 также позволяют добиться требуемой подвижности раствора при снижении его В/Ц до 0,35. Однако составы с указанными добавками хуже набирают прочность в начальный период твердения.

Необходимо отметить эффективность комплексной добавки, обеспечивающей высокую подвижность раствора и быстрый набор прочности цементным камнем.

Таким образом, при устройстве инъекционных анкеров в связных грунтах можно рекомендовать растворы с В/Ц=0,35 при использовании суперпластификатора С-3 или комплексной добавки.

При устройстве анкера важно добиться формирования определенной, заданной проектом формы корня. Существующие технологии инъекции в большинстве случаев этого не позволяют вследствие формирования гидроразрывов

Таблица

Характеристики инъекционных растворов

В/Ц раствора	Вид пластифицирующей добавки	Количество добавки в % от веса цемента	Плотность раствора, т/м <sup>3</sup>	Распыл по конусу АзНИИ, мм	Сроки схватывания раствора, ч		Прочность образуемого цементного камня на сжатие, МПа			
					начало	конец	3 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.
0,25	—	—	—	—	—	—	24,71	32,1	33,75	43,1
0,5	—	—	1,804	187	6,5	9,5	9,5	15,07	22,62	27,21
0,35	С-3	0,8	1,976	195	5,2	7,9	22,51	27,72	30,7	37,75
0,35	М-1	0,5	1,976	205	10,5	15	16,06	22	31,81	38,9
0,35	М-4	0,5	1,976	208	9,5	14,5	14,1	26,12	30,9	41
0,35	М-5	0,4	1,976	187	10,5	15,8	16,1	25,74	32	40,5
0,35	Комплексная	—	1,976	195	4	8	25,1	28,31	31,1	42,72

\* Добавки М-1, М-4, М-5 и комплексная разработаны Межотраслевой НИЛ модифицированного бетона БПИ.



# ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ИМПУЛЬСА ПРИ ГАШЕНИИ УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В. ХАРАГ,  
канд. техн. наук

ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ современных сооружений, машин и механизмов возникают условия воздействия на них интенсивных импульсных нагрузок. Это характерно, например, для работы буровой техники. По данным института охраны труда ФРГ, 33% всех промышленных шумов имеют пульсирующий характер.

В одной из работ<sup>0</sup> предлагается при гашении импульсных колебаний путем резонансной настройки из частотного спектра выделять доминирующую частоту, несущую максимум энергии звука.

В связи с этим необходимо отметить следующее.

Распространенная математическая модель случайной нагрузки — гауссовский стационарный случайный процесс (ГССП). Статистическое описание его осуществляется спектральной плотностью мощности  $S(\omega)$ . Основная характеристика, используемая для расчета усталостной долговечности, — это определяемое по спектральной плотности среднеквадратическое значение случайной нагрузки:

$$\sigma_s = \sqrt{\int_0^{\infty} S(\omega) d\omega}.$$

Однако величина  $\sigma_s$  недостаточна для описания последней, поскольку, как показывает анализ экспериментальных данных, долговечность при одинаковых значениях  $\sigma_s$  зависит от формы спектральной плотности.

Например, при рассмотрении воздействия импульсных нагрузок на конструкции обычно принимают интенсивность изменения силы по экспоненциальному закону, что является хорошей аппроксимацией изменения давления по фронту плоской или сферической волны, вызванной взрывом.

Так как при прямоугольном импульсе (меандре)

полоса частот, определяемая из условия  $\Delta F = \frac{1}{\tau_u}$ ,

составляет 90% всей энергии сигнала, то распределение ее между гармониками при воздействии меандра следующее: если первая гармоника  $\omega_1$  содержит  $E_1$ ,

то  $\omega_2 = \frac{E_1}{9}$ ,  $\omega_3 = \frac{E_1}{25}$  и т. д.

В то же время для колокольного (гауссова) импульса, вида  $B \sin(x)$ , треугольного и др. это не со-

блюдается. Более того, спектральная плотность дельта-функции вещественна и равна единице для всех частот, а энергия единичного импульса бесконечно велика. Понятие его широко используется при исследовании действия коротких воздействий на линейные системы. При этом не обязательно, чтобы амплитуда реального сигнала была бесконечно велика, а длительность бесконечно мала. Достаточно, чтобы последняя была мала по сравнению с постоянной времени исследуемой системы (или с периодом собственных ее колебаний). Иначе говоря, динамические свойства измерительной аппаратуры должны быть такими, чтобы продолжительность переходных явлений оказалась значительно меньше длительности сигнала.

В то же время сейсмические нагрузки определяются по стандартной программе, предусматривающей вычисление весовых функций и реакций при произвольном воздействии.

Аналогично при рассмотрении специального класса динамических нагрузок — импульсных для вычисления максимальной реакции конструкций (когда затухание сказывается значительно меньше, чем при периодических и гармонических нагрузках, а сам максимум реакции достигается за очень короткий промежуток времени), прежде чем силы затухания смогут поглотить значительную долю энергии, передаваемой сооружению, — рассчитывают несколько видов импульсов воздействующих сил: синусоидальный, прямоугольный, треугольный.

Результаты измерений шума от кузнечного и пресового оборудования показали, что длительность сигнала преимущественно находится в пределах 150—500 мс, а основные источники их ускорений — удары твердых тел. Возникающие при этом ускорения имеют форму импульса, близкого к кривой вида  $\sin^2/2$ , приближая ее к колокольной. Вместе с тем для оценки динамических характеристик измерительных приборов используются сигналы прямоугольной формы, а согласно ГОСТ 16962-71 «Требования и методы испытаний» (приложение № 8) испытания изделий (сложных многомассовых систем) следует проводить при форме импульса, близкой к полусинусоиде.

Таким образом, при воздействии импульсных нагрузок необходимо рассматривать несколько видов колебаний. Выделять доминирующую частоту, несущую максимум энергии при гашении ударных звуков, можно только при условии, что действующий сигнал имеет вид прямоугольника (меандра), так как импульсы одинаковой длительности и амплитуды, но разной формы несут различное энергетическое содержание. □

<sup>0</sup> Головин А. П. Применение активного метода для снижения шумов и вибрации производственного оборудования. Безопасность труда на производстве. М., Профиздат, 1981, с. 92 — 95.

грунта, глыбообразных уширенных в сильнофильтрующих прослойках, утечек по контакту слоев разной проницаемости.

Для решения данных проблем на кафедре «Основания,

фундаменты и инженерная геология» БПИ разработан способ выполнения буроинъекционного анкера. Суть его в том, что тяга по длине корня заключается в оболочку из пористого геотексти-

ля, который в процессе инъекции под давлением раздувается до заданных размеров. Таким образом исключаются неконтролируемые утечки раствора и обеспечивается проектная форма корня. □



# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ГОРНОПРОХОДСКОГО ЩИТА

Ю. КОНОНОВ, М. КОЛЬЧУГИН, А. БОЧКИН,  
инженеры

**СПОСОБ\*** при дальнейшем совершенствовании подвергся значительным преобразованиям и изменениям — доработаны отдельные узлы и приспособления, создана принципиально новая геометрическая схема. Это позволяет сократить ряд подготовительных операций, уменьшить объем измерительных работ, упростить вычислительный процесс, повысить точность и надежность методики.

Рейки специальной конструкции (рис. 1) располагаются теперь в тоннеле на полигонометрических пунктах принудительного центрирования, имеют отверстия с резьбой и закрепляются с помощью станковых винтов. Одна рейка — с неподвижной шкалой (ноль которой совпадает с осью отверстия, а, значит, и с центром знака), вторая (для выравнивания удаления нулей от проектной оси) — с передвижной.

Такая конструкция дает возможность отказаться от

\* См. «Метрострой» № 4. 1988

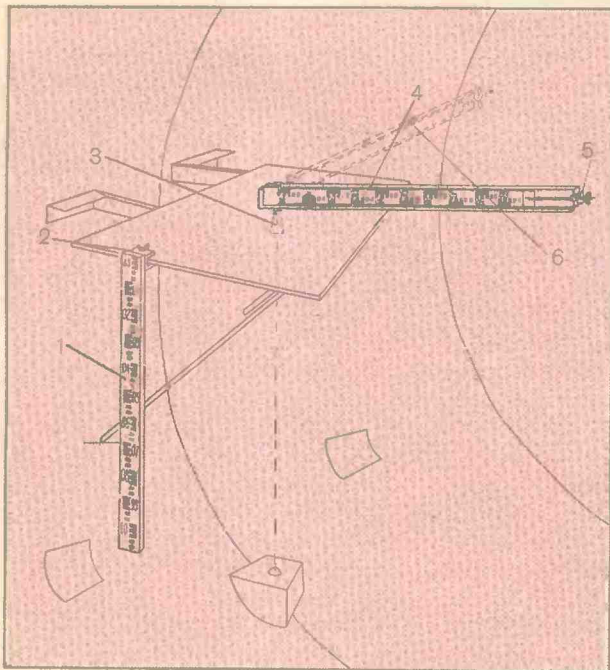


Рис. 1:

1 — рейка, служащая для определения положения щита и обделки тоннеля в профиле; 2 — узел крепления рейки к пункту полигонометрии принудительного центрирования; 3 — становой винт; 4 — рейка с передвижной шкалой; 5 — механизм ее перемещения; 6 — рейка в исходном положении.

изготовления и закладки кронштейнов; исключить фиксирование удаления нулей реек от проектной трассы (теперь оно соответствует удалению пунктов полигонометрии); повысить точность разбивочных работ, предшествующих определению щита в готовом тоннеле, практически без вспомогательно-подготовительных процессов.

Откидная консоль с раздвижной укосиной жесткости, на которой базировался прибор на щите, заменена шарнирно-карданным трегером с одной степенью свободы, состоящим из двух пласти. Одна неподвижно закреплена с откидными штангами, вторая — служит для установки на ней прибора и своей осью, параллельной продольной оси щита, вложена в пазы первой. При установке вертикальной оси инструмента в предназначенную для нее втулку трегера плоскость последнего под действием противовеса (выполненного заедно с трегером) автоматически занимает горизонтальное положение.

Приспособление исключило процесс приведения вертикальной оси прибора в рабочее положение с помощью раздвижной укосины и подъемных винтов, необходимость в уровне при горизонтальном круге, а, значит, и в периодической его проверке и юстировке, сократило время на подготовку к работе.

Прибор (рис. 2) снабжен дополнительной боковой короткофокусной трубой, прикрепленной к стойке теодолита так, что угол между визирными осями труб — прибора и боковой — равен  $90^\circ$ .

Угловую рейку заменили боковой, которую разбили на сантиметровые деления по обе стороны от нулевого индекса: к ношу щита они возрастают со знаком «+», к задней части — со знаком «-».

Разработана новая схема расположения оборудования на щите.

Шарнирно-карданный трегер с откидными штангами закрепили так, чтобы при параллельности визирной оси основной трубы прибора продольной оси щита визирная ось боковой вспомогательной трубы совпадала с нормалью к продольной оси щита и делила его длину пополам.

Боковую рейку также установили нулевым индексом на вышеуказанную нормаль. Причем расстояние от рейки до прибора равно расстоянию от последнего до ножа и хвоста щита.

На той же нормали имеется приспособление, фиксирующее центр агрегата.

На геометрической схеме (рис. 3) определения сделаем следующие дополнительные построения: через отсчет по дальней рейке проведем линию, параллельную







# ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ ПРИ БОЛЬШОМ УГЛЕ НАКЛОНА СТОРОН

А. РУИН,  
маркшейдер

**П**РИ ИЗМЕРЕНИЯХ в наклонных выработках или передаче координат в глубокие котлованы приходится определять горизонтальные углы, когда одна или обе стороны его имеют наклон от 20 до 70°. В этом случае на точность горизонтального угла влияет наклон вертикальной оси вращения теодолита. В данной статье предлагается усовершенствованный метод измерения горизонтального угла.

Предположим, что ось вращения теодолита  $TT_1$  установлена под некоторым углом  $\delta_0$  к отвесной линии  $TT_0$  (рис. 1). Через  $TT_1$  и  $TT_0$  проведем плоскость  $V(TT_1T_0VV_0T_2)$ , которая будет единственной перпендикулярной к плоскости горизонта. Назовем ее «нолевой», а пересечение плоскости  $V$  с горизонтальными  $\Gamma_a(T_1T_0VV_1A)$ , проходящей через точку  $A$ , и  $\Gamma_r(TA_0A_1T_3)$  — через точку  $T$  (теодолит) — «ноле-

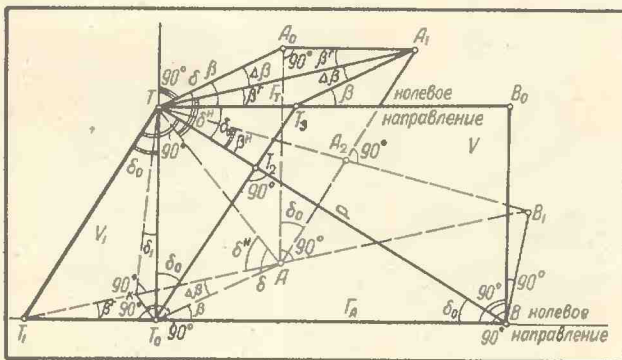


Рис. 1.

лины положительные и в расчет принимаются их абсолютные значения.

Для вычисления планового и высотного положения шита и обделки был составлен формуляр (рис. 4), позволяющий путем элементарных арифметических действий непосредственно в забое найти отклонения от проектной трассы. Заштрихованные графы заполнялись до передвижки шита. Коэффициенты  $K_n$ ,  $K_x$ ,  $K_h$  вычислялись до второй цифры после запятой.

В формуляре высотного положения приняты следующие обозначения:

- $Z$  — половина длины шита;
- $H_{пр}$  — проектная отметка его центра на пикете шкалы-отвеса;

выми направлениями» ( $TT_3B_0$  — в плоскости  $\Gamma_r$ ;  $T_1T_0V$  — в плоскости  $\Gamma_a$ ).  $P(TT_2BB_1A_2)$  — плоскость лимба, перпендикулярная  $TT_1$ , в ней будет измеряться двугранный угол  $\beta''$  между  $V$  и  $V_1(TT_1AB_1A_2)$ , т. е.  $\angle VTB_1 = \beta''$  (а не  $\angle AT_0B = A_0TB_0 = \beta$ ), необходимый для вычислений. Определенный  $\beta''$  способом приемов при КЛ и КП будет свободен от ошибки за наклон лимба к оси вращения теодолита; то же, оси вращения зрительной трубы относительно оси вращения прибора; коллимационной ошибки. При малых значениях угла  $\delta_0$ , сравниваемых с точностью уровня, измерение  $\beta''$  практически невозможно. Предположим обратное, но для вычисления координат необходим угол

$$\beta = \angle AT_0B = \angle A_0TB_0$$

в горизонтальной плоскости  $\Gamma_a$  или  $\Gamma_r$  между нолевой плоскостью и вертикальной, проходящей через точки  $T$  и  $A$ . Угол  $\beta$  вычисляется из пирамиды  $TT_1BB_1$ , составленной из прямоугольных треугольников:  $\triangle TT_1B$  — плоскость  $V$ ;  $\triangle TBB_1$  —  $P$ ;  $\triangle T_1BB_1$  —  $\Gamma_a$  и  $\triangle TT_1B_1$  — плоскость  $V_1$ . Тогда

$$\beta = \beta'' \pm \Delta\beta; \quad (1)$$

$$\text{tg } \beta'' = \text{tg } \beta \cdot \cos \delta_0; \quad (2)$$

$$\text{tg } \Delta\beta = \text{tg } \delta'' \cdot \sin \beta'' \cdot \sin \delta_0, \quad (3)$$

где  $\delta''$  — вертикальный угол при  $\delta_0 \neq 0^\circ$ , найденный при наклонной оси вращения теодолита между  $TA$  и горизонтальной линией  $TA_1$  или  $T_1A$ ;

$$\beta'' = \angle AT_1T_0 = \angle A_1TT_3 = \angle A_0A_1T$$

— образуется сечением горизонтальной плоскости  $\Gamma_a$  или  $\Gamma_r$  двугранного угла  $\beta''$ ;

$$\Delta\beta = \angle T_1AT_0 = \angle A_0TA_1 = \angle TA_1T_3$$

— угол в горизонтальной плоскости  $\Gamma_a$  или  $\Gamma_r$ , возникающий за счет неперпендикулярности оси вращения теодолита и превышения между ним ( $T$ ) и точкой  $A$ .

Угол  $\Delta\beta$  и является ошибкой из-за неточности уровня при алидаде.

Истинный вертикальный угол между  $TA$  и горизонтальной линией  $TA_0$  или  $T_0A$  равен:

$$\sin \delta = \frac{\cos \beta'' \cdot \sin \delta''}{\cos \beta''} \quad (4)$$

При установке теодолита над точкой  $T$  угол  $\delta_0$  мал

$H_{пр}$  — то же, лотка забойного кольца;

$i_{пр}$  — проектный уклон трассы;

$H^0$  — отметка нуля вертикальной рейки в тоннеле;

$A$  — отсчет по ней;

$B$  — то же, по шкале-отвесу;

$C$  — то же, по рейке на лотке забойного кольца;

$i_{ф}$  — фактический уклон шита.

Способ прошел отработку на прямых и криволинейных участках строящейся трассы Новосибирского метрополитена с радиусами от 800 до 400 м.

Расчетная (теоретическая) точность определения планового положения шита описанным способом равна  $\pm 5$  мм, экспериментально установленная составила 3 мм.  $\square$



и примерно равен цене деления уровня  $\tau = \delta_0$ . Тогда

$$\cos \delta_0 = 1; \quad \sin \delta_0 = \frac{\delta_0}{\rho} = \frac{\tau}{\rho};$$

$$\operatorname{tg} \Delta\beta = \frac{\Delta\beta}{\rho}; \quad \delta = \delta''$$

где  $\rho = 206265''$ , и выражение (3) можно записать:

$$\Delta\beta'' = \tau'' \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \beta'' \quad (5)$$

Из формулы (5) видно, что на величину ошибки  $\Delta\beta$  влияют цена деления уровня, величины угла наклона стороны  $TA$  и угла  $\beta''$ . Следовательно, при неизменных положениях точек  $T$  и  $A$  ошибка  $\Delta\beta$  будет разной в зависимости от того, как установлен прибор или как будет проходить нольвое направление относительно  $TA$ . При  $\beta'' = 90^\circ$  значение  $\Delta\beta$  максимально. Если теодолит расположить так, что при 1-м положении нольвое направление будет по одну сторону от  $TA$ , а при 2-м — в противоположную, то в первом случае станет известен некоторый угол

$$\gamma_I = \angle STA_I^I$$

(рис. 2), а во втором —  $\gamma_{II} = \angle STA_{II}^{II}$ . Величина  $\gamma_I$  будет больше на  $\angle \Delta\beta_I$ , а  $\gamma_{II}$  меньше на  $\angle \Delta\beta_{II}$ , т. е. истинная величина угла  $\gamma = \angle STA$  равна:

$$\gamma = \gamma_I - \Delta\beta_I; \quad \gamma = \gamma_{II} + \Delta\beta_{II}$$

Сторона  $TC$  должна быть горизонтальной или угол наклона ее не может превышать  $\pm 8^\circ$ . (Установка теодолита, когда нольвые направления ориентированы симметрично в разные стороны от направления  $TA$ , возможна). Из-за конструкции трегера (треугольная призма) установить углы  $\beta_I'' = \beta_{II}'' = 90^\circ$  нельзя, но возможно при  $\beta_I'' = \beta_{II}'' = 75^\circ$ . Для этого необходимо, чтобы

одна сторона трегера, например  $EF$ , была параллельна наклонной  $TA$ . На двух других следует отметить положения установки уровня:  $DF$  — I;  $DE$  — II (см. рис. 2). Стрелка указывает, куда нужно повернуть уровень на  $90^\circ$  относительно стороны трегера  $DF$  или  $DE$ . Для того, чтобы при обоих положениях уровень устанавливать строго однообразно, надо зафиксировать одну из рисок делений, например, правую, близкую к «ноль пункту», и край пузырька (правый) всегда подводить к отмеченной риске. В случае выбора левой риски положения нольвых направлений изменятся на обратные, но равенство углов  $\beta_I'' = \beta_{II}''$  не нарушится.

Измерения проводятся в следующем порядке. Теодолит размещают над точкой  $T$  так, чтобы неотмеченная сторона трегера  $FE$  была направлена на точку  $A$ . В этом случае непараллельность  $FE$  относительно  $TA$  незначительна и даст ошибку в определении угла  $\Delta\beta$  не более  $1''$ , что подтверждается вычислениями по формуле (5) при  $75^\circ < (\beta_I'', \beta_{II}'') < 75^\circ$  на  $5^\circ$ . Уровень устанавливают параллельно  $DF$  и приводят край пузырька к отмеченной риске подъемными винтами трегера. Затем уровень поворачивают на  $90^\circ$  к  $DF$  по направлению стрелки (и так же подводят край пузырька к отмеченной риске). Центрируют теодолит над точ-

кой  $T$ . Это будет положение I нольвого направления. Измеряется угол  $\gamma_I$ . Количество приемов зависит от необходимой точности. Далее уровень устанавливают параллельно  $DE$  и т. д. Это положение II. Определяется с необходимой точностью угол  $\gamma_{II}$ . Искомый —

$$\angle STA = \gamma = \frac{\gamma_I + \gamma_{II}}{2}$$

Для контроля измерений вычисляется угол  $\Delta\beta$  по формуле (5). Тогда

$$\Delta\beta = \frac{|\gamma_I - \gamma_{II}|}{2} = \tau \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \beta''$$

где  $\tau$  — цена деления уровня;

$\delta$  — измеренный вертикальный угол;  $\beta'' = 75^\circ$ .

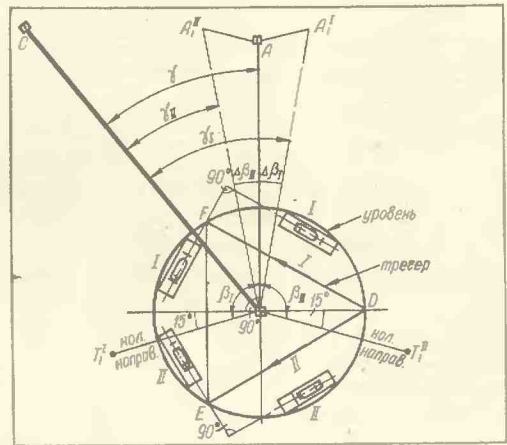


Рис. 2.

Разность между полученными значениями угла  $\Delta\beta$  не должна превышать  $4''$ .

Равенство углов  $\beta_I'' = \beta_{II}''$  возможно и при расположении сторон трегера  $FE$  справа от наклонной стороны  $TA$  с условием, что  $FE$  параллельна  $TA$  или непараллельность не превышает  $\pm 5^\circ$ . В любом другом случае углы  $\beta_I''$ ,  $\beta_{II}''$  будут один близок к  $0^\circ$ , а другой — к  $90^\circ$ . Значит,  $\Delta\beta$  равен  $0^\circ$  или примет максимальное значение, а  $\gamma$  измерится с ошибкой или без нее.

Максимальное значение ошибки  $\Delta\beta = \tau \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sin 15^\circ$  или  $\Delta\beta = \tau \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sin 165^\circ$  возможно, когда  $FE$  перпендикулярна  $TA$ . При таком положении следует проводить измерения горизонтального угла с наклоном  $TA$  не более  $30^\circ$  обычной методикой. В этом случае ошибка  $\Delta\beta$  будет меньше или равна точности инструмента.

При определении горизонтального угла между наклонными линиями необходимо выбирать произвольную горизонтальную  $TC$  и раздельно измерять два угла при двух положениях уровня. Находят их значения, свободные от ошибки  $\Delta\beta$ ; искомый угол — как разность двух углов. Если наклонные стороны отличаются по направлению от  $180^\circ$  не более чем на  $\pm 5^\circ$ , а углы наклона разного знака — не более чем на  $\pm 8^\circ$  и при установке  $FE$  параллельно или перпендикулярно сторонам, можно использовать одно положение уровня. Здесь ошибка  $\Delta\beta$  для одной стороны будет со знаком «+», для другой — «-». Измеренный угол свободен от



# «СТРОЙДОРМАШ-88»

А. ИЦКОВИЧ,  
канд. техн. наук

СВЫШЕ 300 фирм 21 государства демонстрировали свои достижения в области строительного и дорожного машиностроения на международной выставке, проходившей в павильонах на Красной Пресне в Москве.

Советскую экспозицию представляли 69 производственных и научно-производственных объединений и предприятий. Они демонстрировали машины для выполнения земляных работ; оборудование для устройства свайных оснований; погрузочно-разгрузочные механизмы; дорожно-строительные машины, их унифицированные агрегаты, узлы и детали; оборудование для бетонных работ и др.

В частности, емкость ковша экспонировавшихся экскаваторов изменяется от 0,28 до 3,2 м<sup>3</sup>, глубина копания от 5,1 до 6,5 м. Новые гидравлические экскаваторы на гусеничном и колесном ходу отличаются широким применением энергосберегающих систем, позволяющих экономить до 20% топлива; они могут разрабатывать грунты I—IV категорий при температуре окружающего воздуха от +40 до -40°C. Все модели оснащены различными видами сменного оборудования и рабочих органов (экскавационные, погрузочные, зачистные, планировочные и профильные ковши, грейферы, рыхлители, гидромолоты). Для разработки прочных и мерзлых пород гидромолоты используют в качестве сменного навесного оборудования.

Буровая строительная машина БМ-4001 на базе гидравлического экскаватора обеспечивает рытье

скважин диаметром от 1 до 1,7 м под защитой инвентарных обсадных труб с помощью ковшового или шнекового бура, грейфера и ударного долота с последующим расширением опорной части полости. Навесное оборудование ЭО-5123.50 для бурения скважин большой глубины и диаметрами 1; 1,18; 1,5 м обеспечивает расширение нижней их полости до 3,5 м. Для бурения вертикальных и наклонных скважин в скальных грунтах V—IX категорий используется шарошечный станок СВШ-160А, а в качестве породоразрушающего инструмента применяются долота  $\varnothing 145$ —165 мм. Базовая машина — трактор Т-130.1Г (разработчик — ПКБ Главстроймеханизации Минтрансстроя СССР; изготовитель — Ремонтно-механический завод в г. Золотоноша).

Машина для проходки скважин СО-144А пробивает свозные и глухие горизонтальные, наклонные и вертикальные отверстия на разную глубину. Ее модификация — СО-134А, изготавливаемая на заводе строительно-отделочных машин в Одессе, кроме того, забивает металлические трубы в уплотняемых грунтах.

Среди землеройно-транспортных машин — новый автогрейдер ДЗ-1463 с более мощным двигателем (125 кВт). Он снабжен гидромеханической трансмиссией с дифференциалом свободного хода и планетарным редуктором каждого борта. Шарнирно-сочлененная рама обеспечивает смещение колеи передних колес относительно задних до 2,4 м и маневренность автогрейдера. Области его применения можно расширить агрегатированием с бульдозерным отвалом и кирковщиком, плужным снегоочистителем, относником и другим сменным оборудованием.

В разделе механизмов для строительства свайных оснований экспонировались разнообразные трубчатые дизель-молоты с ударной частью массой от 1250 до 5000 кг, выпускаемые Стерлитамакским заводом строительных машин; экспериментальный копер-манипулятор СО-2335 с гидромолотом для забивки свай; устройство для срезки их голов; се-

ошибки  $\Delta\beta$ . Такая ситуация возникает в горных выработках с постоянным углом наклона.

Для практической проверки проведены измерения  $\angle CTA$  прибором Т2. Сторона  $CT$  — горизонтальная,  $TA$  — наклонная. Для большей достоверности в точке  $A$  опускался отвес.  $A_0$  — верх его нити (т. е.  $TA_0$  — горизонтальная),  $A$  — низ ( $TA$  — наклонная). Отвес опускали в бак с водой, чтобы погасить колебания. При установке теодолита неотмеченная сторона теодолита  $FE$  наводилась «на глаз» в точку  $A$ . Проведено пять измерений. Во всех случаях  $\gamma_1 > \gamma_{11}$ . Примеры:

измерения при  $\delta'' = \delta = 50^\circ 50'$  и отмеченной риске на уровне от «ноль пункта» на угол  $\delta_0 = \tau = 15''$ :

I положение	II положение
$C(00^\circ 00' 00'', 0)$	$(00^\circ 00' 00'', 0)$
$A_0(12^\circ 31' 14'', 0)$	$(12^\circ 31' 14'', 8)$
$A(12^\circ 31' 34'', 0)$	$(12^\circ 30' 54'', 8)$
<u>-20'', 0</u>	<u>+20'', 0</u>

$$\Delta\beta_{\text{вмч.}} = 15'' \cdot \text{tg}(50^\circ 50') \cdot \sin(75^\circ) = \pm 17'', 3;$$

измерения при  $\delta'' = \delta = 34^\circ 50'$  и отмеченной риске на уровне от «ноль пункта» на угол  $\delta_0 = \tau = 10''$ :

I положение	II положение
$C(00^\circ 00' 00'', 0)$	$(00^\circ 00' 00'', 0)$
$A_0(19^\circ 16' 06'', 1)$	$(19^\circ 16' 07'', 1)$
$A(19^\circ 16' 13'', 9)$	$(19^\circ 15' 59'', 3)$
<u>-07'', 8</u>	<u>+0,7'', 8</u>

$$\Delta\beta_{\text{вмч.}} = 10'' \cdot \text{tg}(34^\circ 50') \cdot \sin(75^\circ) = \pm 6'', 9.$$

Из приведенных данных видно, что ошибка  $\Delta\beta$  зависит от точности уровня и угла наклона стороны. При величине последнего  $30^\circ$ — $70^\circ$  эта ошибка достигает значительных размеров и не учитывать ее нельзя.

Таким образом, существующая методика с накладным уровнем не дает полного исключения ошибки  $\Delta\beta$ , тогда как предлагаемый способ ослабляет ее до минимальных значений небольшой точности инструмента. Это очевидно при больших углах наклона сторон, т. е. при  $\delta > 45^\circ$ . □



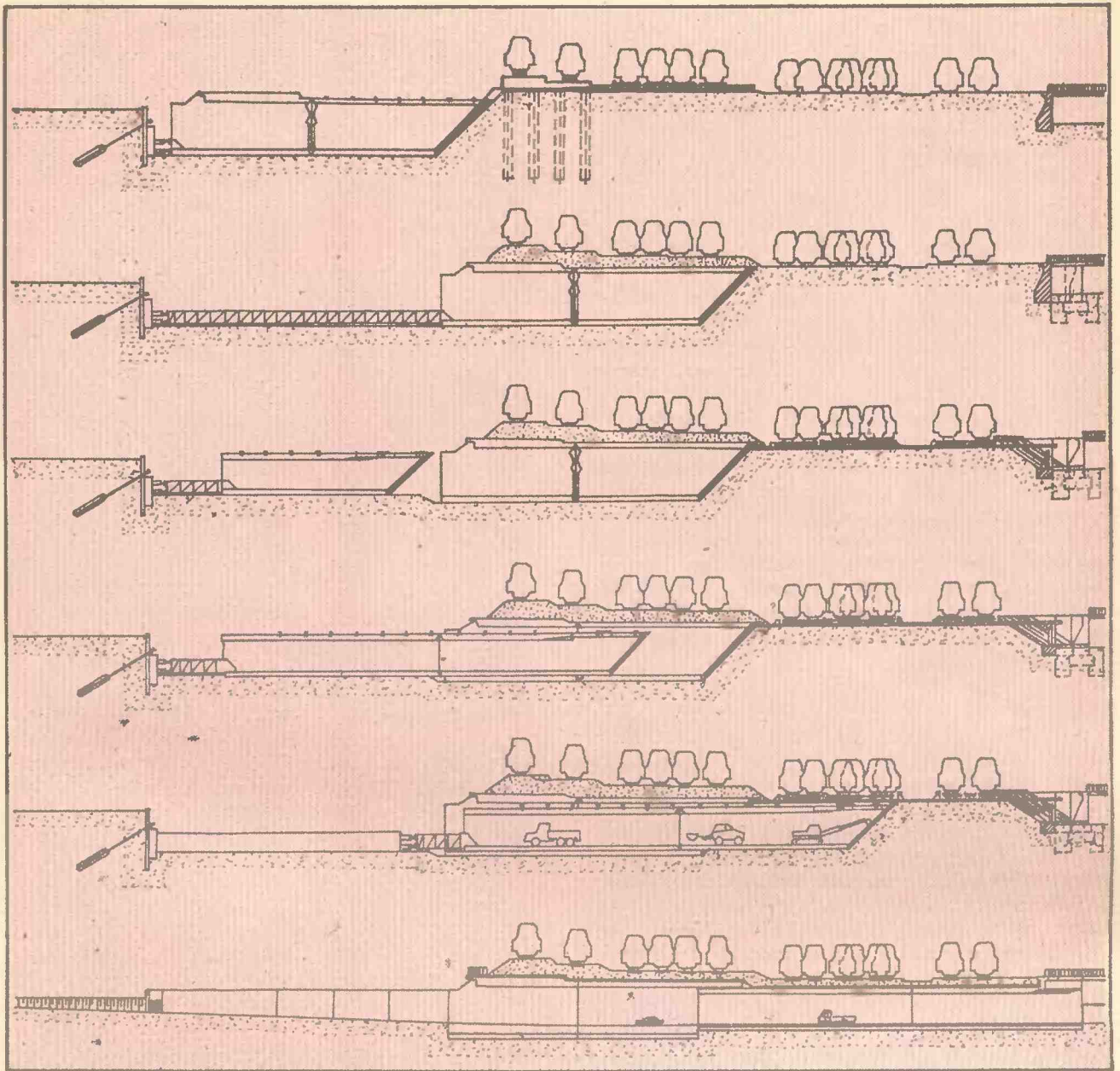


Рис. 1.

рийный вибропогрузчик с мерзших материалов ДП-32-УХЛ и др.

В разделе дорожно-строительной техники были представлены машина ДЭ-232 производительностью 720 м<sup>2</sup>/ч для ремонта асфальтобетонных покрытий, а также гусеничный асфальтоукладчик, производящий одно- и многослойные покрытия из горячих и холодных асфальтобетонных и битумоминеральных смесей на подготовленное основание. Он оборудован автоматически следящей системой («Стабило-слой-10») за ровностью профилей покрытия и таким же устройством контроля уровня материала в шнековой камере. Применено электрогидравлическое управление питателем, шнеком, подъемом и опусканием рабочего органа, заслонками, створками бункера.

Для рытья траншей в мерзлых и тяжелых грунтах под магистральные трубопроводы  $\varnothing$  до 1420 мм предназначен роторный траншейный экскаватор ЭТР-254А.

В разделе «Строительно-отделочные машины и ручной строительный инструмент» представляли интерес механизмы электробезопасности и виброзащищенности при ведении работ: пневматические машины (в цельнопластмассовом корпусе) и универсальные электроперфораторы многоцелевого назначения с необычным компрессионно-вануумным ударным приспособлением, значительно повышающим энергию удара.

Специалистов метро-, тоннель- и мостостроения привлекала экспозиция западно-германской фирмы «Вайсс унд Фрайтаг», развившей техническое решение Японии по разработке грунта сильной струей бентонитовой суспензии с тиксотропными свойствами.



Помимо гидроциста, фирмой ФРГ внедрен ряд разработок: установка для транспортирования и выстраивания тубингов непосредственно в тоннеле, однослойная водонепроницаемая сборная обделка из железобетона и тубинговая, предназначенные для участков с подверженными оседанию грунтами. На выставке демонстрировался щит, позволяющий производить полностью механизированную выработку сыпучих пород вращающимся режущим рабочим органом, предотвращать чрезмерную выемку грунта во избежание осадок верхнего его слоя и осуществлять проходку в водонасыщенной среде без применения сжатого воздуха.

Применительно к сыпучим грунтам фирмой разработан способ ведения работ с жидкостной поддержкой лба забоя, а к переменным геологическим условиям — создан агрегат, названный за возможность применения в широком диапазоне пород «микс-щитом» (смешанный щит). Конструкция его рабочего органа позволяет вести демонтаж как под землей, так и на поверхности, благодаря чему можно транспортировать разработанный грунт из забоя «сухим» способом. Особенность всех щитов — в возможности замены резцов при проведении ремонтных работ, удаления отдельных крупных камней в забое и т. д. Для попадания в него необходимо откачать бентонитовую суспензию — поддержку забоя берет на себя сжатый воздух, нагнетаемый по мере откачки.

Например, при строительстве метро в Антверпене применен проходческий щит диаметром 6,56 м; для обделки использованы железобетонные кассетные тубинги. Микс-щит эксплуатировался на прокладке двухпутного тоннеля метро в Лилле с внутренним диаметром 6,8 м и обделкой из сборной железобетонной тубинговой крепи.

Так как твердые частицы пород здесь были мелкими, использовалась сепарационная установка: пульпа сначала поступала на жалюзийный сепаратор, а затем на вибрирующее сито, где она значительно обезвоживалась; происходило также отсеива-

ние и сбрасывание на ленточный транспортер частиц диаметром больше 5 мм. Отделение более мелких и регенерация пульпы до бентонитовой суспензии осуществлялись сначала двумя крупными гидроциклонами  $\varnothing 500$  мм, а затем 44 мультициклонами  $\varnothing 100$  мм с границей сепарирования около 25 мкм.

Сооружение тоннеля под 14 путями железной дороги в Кельне (ФРГ) велось с сохранением движения поездов (рис. 1). Общая длина тоннеля 102,5 м; ширина 13,4—15,4 м; высота 6,8—10,13 м. Работы велись по методу «телескопического впрессования». По всей длине тоннель был разделен на 4 блока. Предварительно приняли меры по обеспечению конструктивных устройств для поддержания рельсов. Затем впрессовали в массив грунта первые два блока. Габариты еще двух блоков — несколько меньше наружных размеров предыдущих, благодаря чему оказалось возможным ввести два последних в первые и впрессовать их в массив, соблюдая конечное проектное положение. Блоки производили по одну сторону тоннеля вне железнодорожного полотна. Там же были установлены контропоры для гидропрессов. Поддержание двух первых путей осуществляли с применением вспомогательных временных стальных мостов, уложенных на железобетонные сваи-опоры. Остальные пути поддерживали специальными металлоконструкциями. Впрессовывание блоков в грунт сопровождалось параллельной выемкой его пластов из забоя. Установка гидропрессов (усилием в 4000 т) производилась между контропорами и торцами блока, а также между элементами. В процессе впрессования под металлическими мостами, служащими для поддержания путей в период проведения работ, их конструкции оказались на перекрытии тоннеля и подпирались им через ребра скольжения. После занятия блоками окончательного положения стало возможным провести демонтаж вспомогательных мостов, а также восстановить насыпь и щебеночное основание пути. Подпорные стены возводят по окончании сооружения тоннеля.

На стендах фирмы экспонировался поставленный в СССР щитовой проходческий комплекс, предназначенный для сооружения участка Люблинской линии Московского метрополитена (рис. 2).

Демонстрировались примеры использования кессонных фундаментов: тоннель в Амстердаме длиной 1039 м с четырьмя полосами для автотранспорта (4 кессона по 3723 м<sup>2</sup> с водолазным колоколом размером 7,5×30 м); метро в Амстердаме (43 кессона); мост через реку Белт; метро в Западном Берлине (4 кессона) и т. д.

Характерным примером строительства тоннеля с применением кессонных фундаментов в качестве опор является метрополитен в Западном Берлине. Часть транспортного тоннеля проходит над канавой ледникового периода, в основании которой залегают торфяники, а ниже — слабонесущие грунты. От верха улицы до несущего основания — около 30 м, поэтому часть обделки опирается на кессонные фундаменты.

Значительный приток подземных вод затруднил установку опускных колодцев: кессонные фунда-

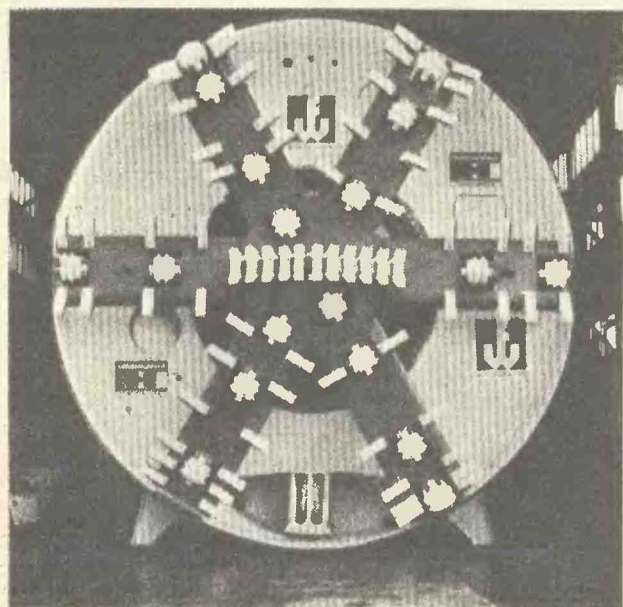


Рис. 2.



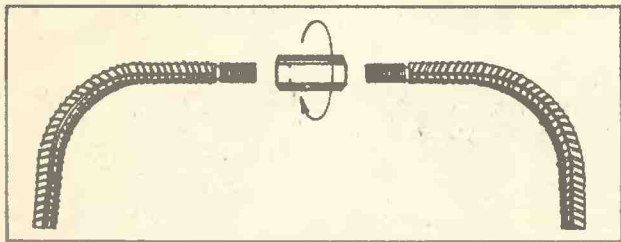


Рис. 3.

менты с шагом 33,2 м должны были выдержать большую нагрузку в процессе ведения работ. Тоннельный ствол принят двухслойным. Между наружным и внутренним слоями уложена гидроизоляция, которая является также электроизоляцией. Кессоны, доставленные на объект в комплекте, опущены с разрывом в 80 см. Во избежание прорыва водяного потока швы заделывались несущими брусчатыми перегородками.

Представлял интерес опыт возведения сооружений методом непрерывного бетонирования с применением скользящей опалубки, обеспечивающей их высокое качество.

Сварка строительных элементов требует рихтовки и закрепления пластин, что усложняет процесс армирования железобетонных конструкций. Фирма «Вайсс унд Фрайтаг» предложила осуществлять стыковку арматуры с пластинами и между собой с помощью резьбовой муфты (рис. 3). С этой целью на конце арматуры (например, периодического профиля) делается резьба, на которую навинчивается муфта. Если соединяется, к примеру, стеновой элемент с горизонтальным (плита перекрытия и т. п.), имеющим аналогичный выпуск арматуры с резьбой на конце, муфта надевается на оба конца, работая на растяжение или (при необходимости) на сжатие. Муфтой и дополнительными гайками закрепляют пластину с раззенкованным в ней отверстием для гайки. К пластине как закладному элементу могут быть приварены на монтаже закладные элементы другой смежной конструкции. Муфта позволяет удлинить арматурные стержни в том случае, когда невозможен их стык внахлестку либо если надо соединить искривленные или изогнутые стержни. Также целесообразно стыковать бетонные конструкции с металлическими.

В развитие метода стабилизации фундаментов посредством инъекций, производимых в Японии, итальянская фирма «Инъектожет» экспонировала собственный способ с одноименным названием. Он заключается в том, что смесь инъецируется в грунт под большим давлением (300—800 кг/м<sup>2</sup>) и с высокой скоростью. Глубина инъекций зависит от геологического строения пород, принятого давления и скорости подачи смеси. Например, при диаметре форсунки 2—4 мм стержень укрепленного грунта имеет также небольшое сечение. В этом случае введение и запрессовка смеси производятся во многих часто расположенных точках. Смеси не дают побочных реакций, не вызывают вибраций вокруг опоры в процессе впрессования. Можно осуществлять инъекции в водонасыщенных грунтах.

Укрепление их вокруг тоннеля методом установки опор изображено на рис. 4.

Оборудование для строительной и горнодобывающей промышленности представила фирма «Дрессер» (США): лесопогрузчики, бульдозеры, гидроэкскаваторы для горных работ, подъемные краны, машины для бурения и планировки, драглайны, самосвалы, скреперы, грейдеры, катки. Погрузчики на колесном ходу выпускаются мощностью на маховике от 59,7 до 820 кВт. Объем ковша механизма «Пэй» 1,05—16,8 м<sup>3</sup>; номинальная грузоподъемность 2—30 т; максимальная высота выгрузки — до 5,69 м; рабочий вес от 7 (наименьшая модель) до 126 т. Бульдозеры оснащены двухскоростным механизмом поворота. Объем ковша погрузчиков на гусеничном ходу 0,76—2,48 м<sup>3</sup>.

Были выставлены также две модели машин для бурения скважин. Они оборудованы независимой гидравлической системой перемещения, которая повышает маневренность, упрощает установку и подготовку машины к работе. При необходимости модели могут быть оборудованы приспособлением для бурения под углом. Одноковшовые экскаваторы имеют объем ковша 5,3—19,5 м<sup>3</sup>. Рычаги управления на шаровом шарнире плавно исполняют различные операции. Рукоятки управления объединены в функциональные группы, легко доступны и просты в использовании.

На открытой площадке выставки демонстрировалась серия кранов шведской фирмы «Хиаб-Фоко», входящей в концерн «Партек» (Финляндия) А/О «Мультилифт». «Ионсеред-700» укомплектован грузозахватными органами для выполнения разных процессов (рис. 5), в частности, извлечения свай. Кран оснащен цилиндрами подъема и складывания двухстороннего действия. Специальная конструкция стрелы способствует его маневренности. Кабина, расположенная над кузовом, благодаря сплошному остеклению обеспечивает оператору хороший обзор. Подающие коммуникации шлаги размещены внутри конструкции стрелы автокрана. Двойная поворотная система работает в масляной ванне. Кран поставляется нескольких модификаций — со стре-

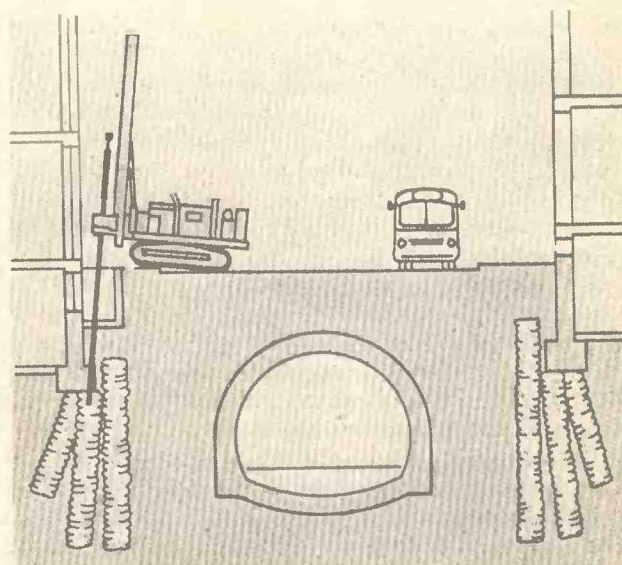


Рис. 4.



лой 8,8; 10 и 12,5 м. Грузоподъемность его при вылете стрелы — 3,6—7,33 т, вес 2,55 т.

Кран-манипулятор, позволяющий загружать автомашины и железнодорожные вагоны, в процессе работы опирается на аутригеры (опоры в трех точках), что значительно снижает нагрузку на машину и повышает его устойчивость и маневренность. Сиденье оператора находится рядом со стрелой. С учетом эргономики расположены и рычаги управления. Сиденье может быть заблокировано и на обе стороны. Это улучшает обзорность объекта строительства.

«Хиаб-Фоко» выпускает серию манипуляторов, которые поставляются оснащенными двумя стрелами с разным вылетом — 5,3 и 7,2 м. В обеих моделях можно применять крюк для подъема тяжелых грузов. Чтобы добиться большего вылета стрелы, кран оборудуют механическим удлинителем. Кроме того, он имеет устройство дистанционного управления (не исключая и ручное).

Краны-манипуляторы с длинной стрелой из отдельных сочлененных секций для ремонта и реконструкции в неудобных местах представила итальянская фирма «Челла» (рис. 6). Опорная часть стрелы располагается в кузове автомашины вблизи кабины водителя. Манипуляторы оборудованы четырьмя аутригерами, обеспечивающими устойчивость крана. Высота подъема стрелы 9—75 м. Гидравлическое устройство и шарнирное сочленение позволяют быстро привести ее в рабочее положение и оперативно собрать при транспортировке.

Для устройства узких траншей либо разрушения старого железобетона при реконструкции сооружений фирма «Компейр Холмаи» (Англия) выпускает пневмооборудование: переносные воздушные компрессоры винтового типа с дизельным приводом; буровые насадки на гусеничном ходу для открытой разработки; буровые станки для устройства водозаборных скважин; ручные пневмоинструменты и пневмомолотки (рис. 7), бурильные пневмомолоты на опорах для разработки твердой породы.

Производительность переносных компрессоров 2,5—24 м<sup>3</sup>/мин, в диапазоне давления 7—17 бар. Колонковые и роторные молотки ДТХ бурят с поверхности взрывные скважины Ø 75—170 мм. Станки используются со специальным раствором, воздухом или пеной, являются автономными блоками и могут быть установлены на базовой машине либо прицепе. Ручные пневмоинструменты изготавливаются с наружным покрытием из полимеров. Благодаря сцеплению последних со сталью ими можно работать и на морозе. Полимерная облицовка снижает вибрацию и глушит шум от двигателя. Ручным пневмоинструментом весом 8,75—11 кг фирмы «Зитек» можно выполнять отверстия Ø 20—40 мм. Для большего диаметра изготавливают модели весом до 28 кг. Предусмотрены сменные насадки для разработки бетона, камня и др.

На стендах фирмы «Вафиоз Машиненфабрик ГМБХ» (Западная Германия) было представлено оборудование для производства проволоочной сетки с ячейками в виде шестигранника, предназначенной для крепления каменных откосов, берегов озер, рек, каналов, траншей. □



Рис. 5.

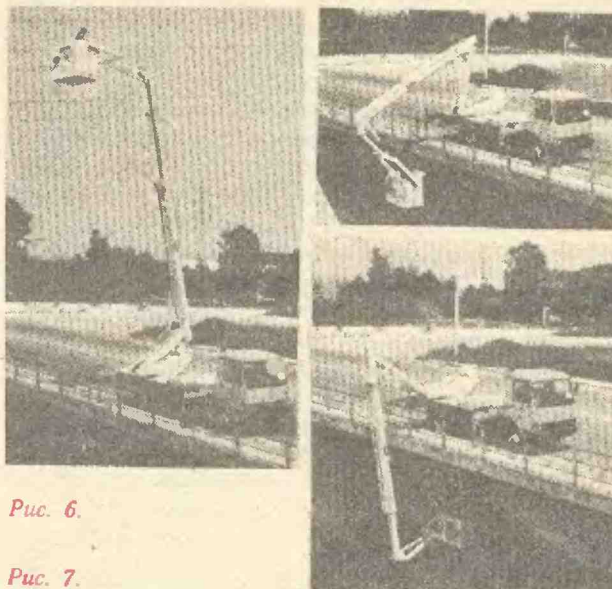
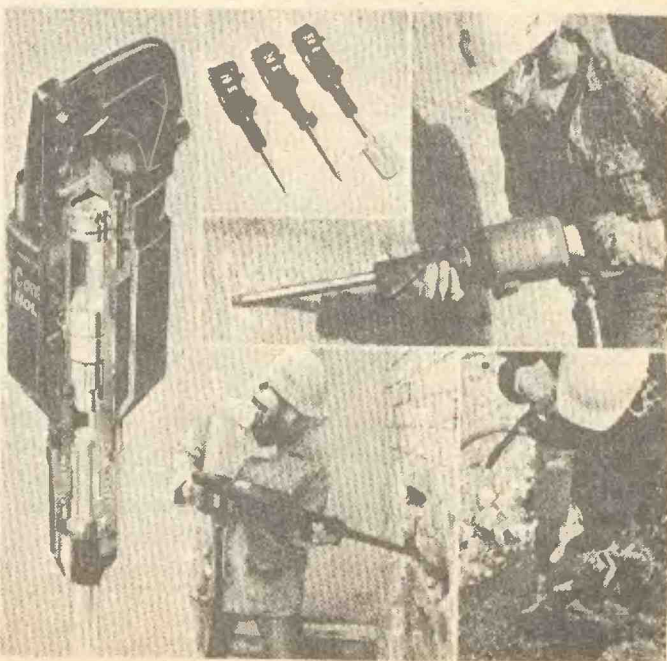


Рис. 6.

Рис. 7.





# ОПЕРЕЖАЮЩАЯ КРЕПЬ В НЕУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ

Л. МАКОВСКИЙ,  
канд. техн. наук

**П**РИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях, преодолении ограниченных зон тектонических разломов, участков слабоустойчивых грунтов все большее распространение получает опережающая крепь. Частичное или полное закрепление тоннельной выработки до ее раскрытия обеспечивает стабилизацию окружающего массива, позволяет механизировать основные проходческие операции, повысить безопасность ведения работ.

В зависимости от свойств пересекаемых пород и степени их устойчивости применяют различные виды опережающих крепей, отличающиеся конструктивными особенностями и технологией возведения. В нарушенных скальных, полускальных и мягких грунтах используются экраны из труб, опережающая бетонная крепь, анкеры и нагели. При этом в водопроницаемых грунтах с коэффициентом фильтрации не более 10 м/сут., а также в трещиноватых скальных с притоком подземных вод более 50 м<sup>3</sup>/ч можно применять искусственное замораживание.

В слабых водоносных породах ненарушенной структуры с коэффициентами фильтрации 0,3—10 м/сут., кроме песков, содержащих более 3—4% по массе глинистых частиц или карбонатов, эффективно химическое закрепление.

В трещиноватых и кавернозных скальных и полускальных грунтах, а также крупнообломочных гравелисто-галечниковых отложениях используют тампонаж. В зависимости от размеров трещин и пор, от скорости движения подземных вод его производят цементным раствором (цементация), глинистым (глинизация) или битумной эмульсией (битумизация).

В последние годы в практике тоннелестроения для устройства опережающей крепи в неустойчивых грунтах стали применять струйную цементацию: по контуру будущего тоннеля с определенным интервалом в грунт погружают мониторы с насадками, через которые под большим давлением (до 70 МПа) подают воду и цементный раствор. Окружающий массив разрушается струей воды и интенсивно перемешивается с раствором. Постепенно извлекаемая монитором из скважины, создают области закрепленного грунта.

В мелкодисперсных глинах, которые плохо поддаются цементации, применяют несколько видоизмененную технологию, подавая в скважины водо-воздушную смесь.

Ориентируя соответствующим образом насадку, можно создавать области закрепленных пород в виде вертикальных или наклонных стен, а вращая монитор в скважинах, — отдельно расположенные или взаимно пересекающиеся столбы.

Радиус закрепления зависит от сочетания свойств и типа данного грунта, композиции цементного раствора, давления нагнетания, размеров насадки, скорости извлечения и вращения монитора и изменяется от 0,2 до 0,4 м и более. При предварительном разрушении грунта водо-воздушной смесью радиус можно увеличить до 1 м.

Диаметр насадки обычно составляет 1—1,5 мм, скорость вращения монитора — 10—20 мин.<sup>-1</sup>; то же, его подъема — 20—70 см/мин., расход закрепляющей смеси 1—3 л/сек., давление нагнетания — 20—50 МПа.

В Италии фирмой «Родио» разработана технология струйной цементации и создано специализированное оборудование, которое

включает в себя буровые агрегаты, автоматические растворосмесители, высоконапорные насосы для подачи воды (до 60 МПа) и цементного раствора (до 12 МПа), компрессоры и различные инъекционные устройства (мониторы, насадки и пр.).

В зависимости от глубины заложения тоннеля и способа его сооружения закрепление грунта осуществляется с поверхности земли через вертикальные или наклонные скважины или непосредственно из забоя через горизонтальные или слабонаклонные скважины.

При строительстве тоннелей мелкого заложения по контуру выработки создают сплошную завесу из взаимно пересекающихся столбов закрепленного грунта, опуская мониторы с поверхности. Таким способом устраивали опережающую крепь на 4 участках тоннелей метрополитена наружным диаметром 6,6 м общей протяженностью 367 м в Сингапуре. Их сооружали щитовым способом в перемежающихся неустойчивых песчаных и глинистых отложениях, подстилаемых мягкими осадочными породами. Уровень грунтовых вод расположен на глубине 2 м от поверхности земли. На участках, проходящих в непосредственной близости от автомагистралей и зданий, во избежание деформаций использовали струйную цементацию. Для этого над сводовой частью тоннеля забурили вертикальные скважины через 0,6—0,8 м и заинъектировали в грунт

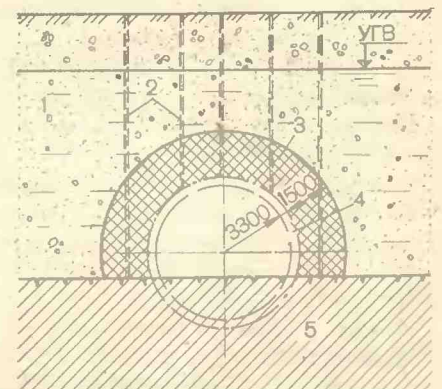


Рис. 1. Схема закрепления грунта по контуру тоннеля в Сингапуре:

1 — неустойчивые песчано-глинистые отложения; 2 — скважины; 3 — опережающая крепь из закрепленного грунта; 4 — контур тоннеля; 5 — мягкие осадочные грунты.



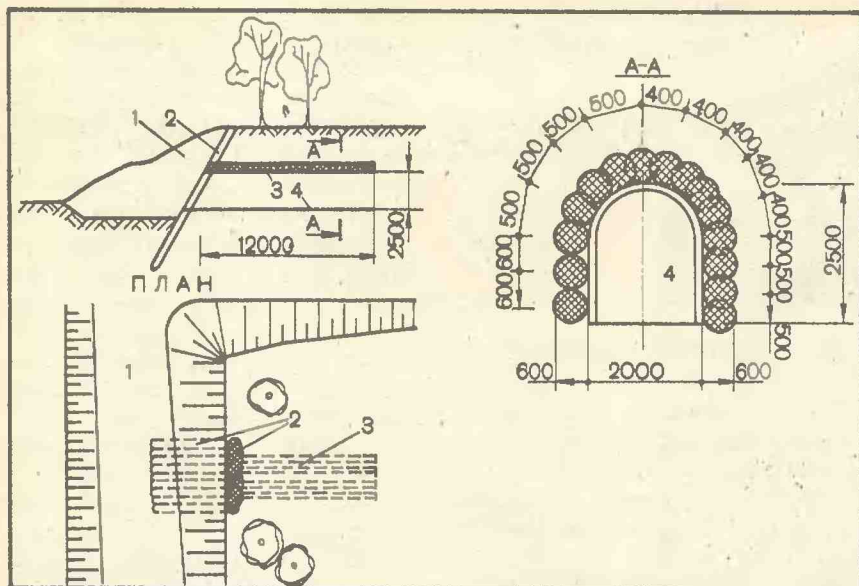


Рис. 2. Схема закрепления грунта на припортальном участке тоннеля: 1 — предпортальная выемка; 2 — наклонная крепь; 3 — опережающая крепь; 4 — тоннель.

товой массив цементный раствор под давлением 40 МПа, образовав опережающую крепь толщиной 1,5—3 м (рис. 1). За 4 мес. пробурили более 1500 скважин и закрепили около 9400 м<sup>3</sup> грунта. При проходке тоннеля под опережающей крепью производили систематические измерения горизонтальных и вертикальных смещений грунтового массива. По данным измерений его осадки не превышали 20 мм; нарушений сплошности закрепленного грунта не зафиксировано.

Если строительство ведется под плотно застроенной территорией в условиях интенсивного уличного движения, а также при глубоком заложении тоннеля, опережающую крепь возводят из предпортальной выемки непосредственно из забоя выработки или специальных камер, пройденных по трассе.

Первый опыт устройства такой конструкции с помощью струйной цементации из предпортальной выемки имел место в Варалло Помбия (Италия). Здесь по контуру тоннеля сводчатого поперечного сечения пролетом 2 и высотой 2,5 м забурили 15 горизонтальных скважин глубиной 12 м с шагом 0,4—0,6 м и создали опережающую крепь из закрепленного грунта (рис. 2).

Аналогично с помощью 10 наклонных столбов соответствующим образом обработанного грунта за-

крепили лобовой откос подходной выемки. После этого прошли припортальный участок в неустойчивых песчаных грунтах. Существенных деформаций окружающего массива не зафиксировано; осадки не превышали нескольких миллиметров, а подъем поверхности земли составил 10 мм, несмотря на небольшую глубину заложения тоннеля. Наблюдались незначительные нарушения сплошности опережающей крепи там, где шаг скважин составлял 0,6 м.

Струйную цементацию успешно применили на строительстве двухпутного железнодорожного тоннеля пролетом 12 м в Моджио Удинезе на северо-востоке Италии в обломочных и несвязных слабоустойчивых породах с включениями известняковых фрагментов размерами до 20 см и илстых прослоек. На припортальном участке

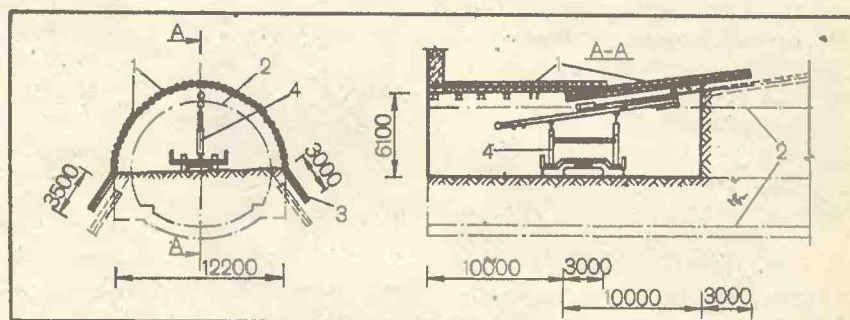


Рис. 3. Схема проходки тоннеля Моджио Удинезе: 1 — опережающая крепь; 2 — контур обделки; 3 — столбы из закрепленного грунта; 4 — буровой агрегат SR-500.

по контуру калоттного профиля пробурили 40 горизонтальных скважин диаметром 76 мм и глубиной 13 м с шагом 0,5 м. Для этого использовали вначале обычную буровую раму SR-41, затем заменили ее специально созданной установкой SR-500 на гусеничном ходу, обеспечивающей быстрое и точное позиционирование бурильных молотков. Система гидравлических домкратов создает возможность вращения стрелы манипулятора на 180° и бурения скважин под углом до 15° к горизонту. С помощью автоподатчика можно одной штангой забуривать скважины глубиной до 16 м.

Вторую и третью секции опережающей крепи устраивали конической формы с таким наклоном к горизонту, чтобы перекрыть соседние секции на 3 м (рис. 3).

Для повышения устойчивости крепи в пятых сечениях свода устраивали столбы из закрепленного струйной цементацией грунта глубиной 3 м. Каждую секцию возводили за 4 суток. Проходку под защитой созданной крепи осуществляли с опережающей калоттой. По мере разработки грунта экскаватором устанавливали поддерживающие стальные арки сначала с шагом 1 м, затем — 2,5 м. В связи с высокой несущей способностью опережающей крепи большинство их оказалось ненагруженным.

Работы на участке тоннеля длиной 150 м вели со средней скоростью 1,5 м/сут.

Струйную цементацию неустойчивых грунтов применили также на строительстве в центре Милана двухпутных перегонных тоннелей третьей линии метрополитена. Конструкции подковообразного поперечного сечения пролетом 10,5



# ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ

Посвящен новым конструктивным решениям узлов щитов и комбайнов, направленным на повышение скоростей проходки. Раздел ведут С. ЧЕРНЯХОВСКАЯ и М. КАРАМЫШЕВ.

**ДЛЯ ПРОХОДКИ** станционных и перегонных тоннелей предназначен новый комплекс фирмы «Херренкнехт» (ФРГ), функционирующий на сооружаемом участке Лондонского метрополитена<sup>1</sup>. Он разработан на базе механизированного щита диаметром 5,39 м для тоннелей с железобетонной блочной обделкой (обжатой на грунт — в жесткой глине или с болтовыми связями — в обводненном речном аллювии). Экскаваторный исполнительный орган усилием на кромке 300 кН имеет шарнирно-рычажную стрелу с механизмом поворота на 360° (вокруг горизонтальной оси). На ней предусмотрена возможность монтажа автоподатчика бурильной машины для опережающей разведки инженерно-геологических условий или инъектирования грунта. Высокая точность управления обеспечивается рукояточной системой с усилителем. Для крепления лба забоя установлены четыре поворотные секторные пластины. Укладчик обделки — кольцевой с вакуумным захватом. Система, подающая к нему элементы, состоит из тельферной эстакады с двумя вакуумными захватами и лоткового питателя возвратно-поступательного действия (вмещающего комплект блоков на кольцо обделки). Массивный лотковый блок с путевым бетоном заводской готовности опускается на место двумя электрическими тальями, а клиновой блок обжатой обделки устанавливается вручную. Усилие гидроцилиндров —

151 кН, ход — 1,3 м; общая масса щита — более 100 т, техническая скорость проходки — 15 м/сут.

Этим комплексом будут сооружены и боковые станционные тоннели. После выхода в камеру описанный щит с помощью специального обустройства объединят соосно с кольцевой металлоконструктивной наружной диаметром 7,75 м и массой 120 т (ее собирают из 12 элементов в монтажной камере), переключат гидрокommуникации (на привод внешнего щита), нарастят стрелу экскаваторного органа и захват укладчика. По окончании работ начнут проходку очередного перегона, а кольцо демонтируют и задействуют на следующей станции.

Японскими инженерами предложена конструкция двухсводчатого двухпутного перегонного тоннеля колонного типа. Для его проходки сразу на полное сечение фирма «Хитачи дзосэн» разработала механизированный щит<sup>2</sup>. Переход на новое очертание позволяет уменьшить площадь поперечного сечения выработки на 13%; материалоемкость: по сборным элементам — на 18%, монолитной рубашке — на 11%, путевому бетону — на 81%. Запроектирована железобетонная обделка, включающая по 4 нормальных блока (при массе каждого 2,6 т) левого и правого колец Ø7,3 м; верхний и нижний блоки-ригели (2,5 т); стальную колонну (1,3 т). Ширина секции — 1 м, толщина — 0,3 м плюс 0,1 м рубашки.

Агрегат оборудован роторными исполнительными органами и системой гидравлической пригрузки забоя. Планшайбы щелевого типа расположены со смещением относительно друг друга на 1,32 м вдоль оси выработки. Левая и правая призабойные камеры изолированы перемычкой, что упрощает управление технологическим процессом.

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЩИТА:

диаметр планшайб, мм	7420
общая ширина, мм	12190
длина оболочки, мм	9000
усилие гидроцилиндров, кН:	
в сводовой части	2000
в лотковой	3000

<sup>1</sup> «Tunnels and Tunnelling», 1988, т. 20, № 3, с. 18.

<sup>2</sup> «Тоннелю то тина», 1988, т. 19, № 1, с. 13—19.

и высотой 8,5 м заложены в гравийно-песчаных отложениях с тонкими прослойками ила и глины. Учитывая такие сложные условия, проходку вели с пилот-тоннелем шириной 3 и высотой 3,2 м под защитой опережающей крепи, из забоя которого по контуру верхней части бурили наклонные скважины глубиной 9 м с шагом 0,4 м и устраивали конические своды из закрепленного грунта толщиной 0,7 м (рис. 4). После проходки пилот-тоннеля из него забурили веерные скважины для создания цементационной завесы вокруг основного тоннеля.

Анализ опыта применения струйной цементации для устройства опережающей крепи тоннелей свидетельствует, что такая технология достаточно универсальна и может успешно использоваться для закрепления широкого класса

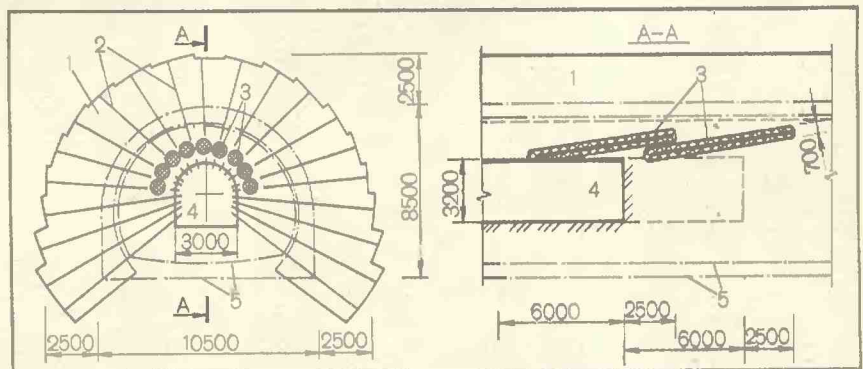


Рис. 4. Схема закрепления грунта по трассе перегонного тоннеля метрополитена:

1 — цементационная завеса; 2 — веерные скважины; 3 — опережающая крепь; 4 — пилот-тоннель; 5 — контур перегонного тоннеля.

грунтов — от несвязных крупнообломочных до мелкодисперсных глинистых независимо от степени их проницаемости. Она имеет существенные преимущества по сравнению с традиционными методами

искусственного замораживания и химического закрепления грунтов и представляется эффективной при строительстве тоннелей различного назначения в неустойчивых породах. □



общее количество гидроцилиндров	44
управление ими — раздельное по 14 группам	
общее усилие передвижки, кН	101000
удельная нагрузка планшайб на забой, МПа	1,32
вращающий момент на каждой, кНм:	
нормальный	4668
максимальный	7003
частота вращения, об/мин	0,43/0,86
уплотнение хвостового зазора — щеточное, в 3 ряда с интродуцированием консистентной смазки	

При описанной компоновке возникает специфическая проблема, связанная с ведением щита по заданной трассе: асимметрия корпуса и исполнительного органа вызывает повышенную нестабильность курса и закручивание. Для выработки принципов оптимального управления проводились лабораторные испытания (на модели в масштабе 1:25 в ящике с песком)<sup>3</sup>, позволившие сделать следующие выводы:

усилие подачи планшайб для предотвращения развития отклонения курса в сторону опережающей из них следует выдерживать пропорционально площади контакта с забоем (в данном случае — в соотношении 1,32), а вращающий момент — пропорционально длине открытого контура (1,35);

возникающее из-за разности вращающих моментов на планшайбах закручивание корпуса щита можно компенсировать путем своевременного реверсирования последних.

Впервые комплекс применен в этом году на отрезке в 620 м железнодорожного тоннеля Кёбаси в Токно глубиной 23—26 м в плотном ледниковом песке. Высота гидростатического уровня над центральной осью щита — 13—15 м. Минимальный радиус кривых — 400 м.

В перспективе — создание аналогичного агрегата с тремя планшайбами для проходки на полное сечение трехсводчатой колонной станции метрополитена.

Высокие требования к скорости сооружения (1 км/мес) предъявлены к механизированным щитам фирм «Джеймс Хоуден» (с распорной хвостовой секцией) и «Роббинс-Кавасаки» (с оборудованном для гидравлической или грунтовой пригрузки забоя). Они задействованы в служебной штольне подводного участка под проливом Ла Манш.<sup>4</sup> Их роторные исполнительные органы и породопогрузочные системы традиционны, а в конструкцию укладчиков для обеспечения указанной скорости проходки внесены усовершенствования. У первого монтаж шестиблочной обжатой на грунт железобетонной обделки производится верхним и нижним гидравлическими рычажными укладчиками. Они имеют независимое управление, в котором с целью повышения точности выполнения рабочих операций применены электронные устройства (для поддержания гарантированной технической скорости проходки одно кольцо обделки должно монтироваться за 18 мин). Поскольку щит может перемещаться без упора в готовое цельное кольцо обделки, укладчики одновременно монтируют лотковую часть очередного кольца и сводовую предыдущего. Усилия с гидроцилиндров, необходимые для поддержания и обжатия блоков, передаются с помощью вставных металлических штанг. Уже в первые месяцы достигли 14 м/сут. при максимальной выработке 5 м/ч (проектная скорость предусматривает 1,5 м/ч). «Роббинс-Кавасаки» оборудован для монтажа шестиблочной железобетонной обделки с болтовыми связями сдвоенным укладчиком кольцевого типа с независимым управлением его рабочими органами. Захваты — вакуумные, площадью поверхности контакта 4 м<sup>2</sup> и грузоподъемностью 10 т при разрежении 28 кПа. Время сборки кольца — 15 мин.

Особенностью щита «Хоуден» является предусмотренная на случай непредвиденного входа его в обводненный тектонический разлом автоматизированная система герметизации зоны забоя, рас-

считанная на внешнее гидростатическое давление до 1 МПа. При нажатии любой из аварийных кнопок (рассредоточенных в щите) породопогрузочный конвейер убирается назад и проем для него закрывается герметичным затвором. Водоотливные насосы переключаются на режим усиленной подачи. Давление в контуре гидроцилиндров повышается до уровня, обеспечивающего постоянное прижатие планшайбы к забою. Незакрепленный участок выработки за хвостовой оболочкой перекрывается выдвижными шандорами. Зазор между щитом и породой уплотняется гидравлическим торцовым устройством. Все перечисленные операции выполняются автоматически — за 20 сек.

#### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АГРЕГАТОВ:

	«Джеймс Хоуден»	«Роббинс-Кавасаки»
наружный диаметр, м	5,48	5,72
длина, м	15	11
длина защитного комплекса, м	165	300
мощность привода планшайбы, кВт	4×190	7×126
усилие гидроцилиндров, кН	8×2590	20×2000

Щит большого диаметра (12,66 м), работающий на проходке железнодорожного тоннеля Уэно-1 в Токио,<sup>5</sup> оборудован семью экскаваторными органами (два производительностью по 45 м<sup>3</sup>/ч, два — по 37 м<sup>3</sup>/ч, два — по 22 м<sup>3</sup>/ч — шнековыми со встроенным скребковым транспортером и один — 80 м<sup>3</sup>/ч). Крепление лба забоя осуществляется тридцатью гидроцилиндрами усилием по 500 кН с решетчатыми прижимными плитами, шестью выдвижными площадками, восемью обычными шандорами и одиннадцатью самозабуривающимися. Последние внедряются в забой гидроцилиндрами усилием по 1000 кН, одновременно разрабатывая грунт шнековыми бурами частотой вращения 18,46 об./мин и моментом 5,4 кНм. Общее усилие поддержания породы этими механизмами составляет 40000 кН (318 кН на 1 м<sup>2</sup>), а усилие перемещения щита гидроцилиндрами — 40×3000 кН (953 кН на 1 м<sup>2</sup>).

Для монтажа одиннадцатиблочной железобетонной (ключевой блок — чугунный) обделки толщиной 40 см и массой блока до 4,3 м с соединениями в паз на шпильках щит впервые оборудован полностью автоматизированным укладчиком кольцевого типа. Он без участия человека выполняет операции съема элемента обделки с блоковозки, грубой установки его в проектное положение и точной доводки по фактическому положению соседних блоков. Частота вращения укладчика — 0—0,13/0,39 об./мин, вращающий момент — 550 кНм. Его рабочий орган оборудован следующими гидроцилиндрами:

	Усилие, кН	Ход, мм	Количество, шт.
Радиального подъема	172/116	1350	2
Осевой подачи захвата	40/22	550	2
Точной доводки (I)	27/19	90	2
Точной доводки (II)	70/48	70	2
Точной доводки (III)	110/75	50	2
Захвата	110/88	120	1
Точной доводки захвата	11/10	140	1

Новой разработкой фирмы «Роббинс» является механизм перемещения двухсекционного щита, предназначенный для работы в неоднородных грунтах<sup>6</sup>. Впервые такой механизм применен на комплексе диаметром 5,5 м с шарошечным оснащением и мощностью привода планшайбы 6×149 кВт. Он используется на проходке коллекторного тоннеля глубокого заложения длиной 13,7 км в Мельбурне (Австралия) в глыбистом базальте прочностью на одноосное сжатие до 250 МПа с прослойками мя-

<sup>3</sup> «Кансацу но кикайкан», 1987, № 5, с. 51—57.

<sup>4</sup> «Tunnels and Tunneling», 1987, т. 19, № 12, с. 15—18.

<sup>5</sup> «Тоннелю то тика», 1988, т. 19, № 3, с. 29—37.

<sup>6</sup> «Tunnels and Tunneling», 1987, т. 19, № 10, с. 31—34.



кой глины. В сочленении между двумя секциями агрегата — 12 гидроцилиндров, обеспечивающих подачу головной секции вместе с планшайбой на забой с максимальным усилием 22000 кН и ходом 1,2 м. Они смонтированы не параллельно оси выработки, а парами под углом к ней и имеют индивидуальное управление. В условиях смешанного забоя такая компоновка, сохраняя соосную равнодействующую усилия перемещения щита, упрощает корректирование отклонений курса, крена и закручивания. Точность ведения агрегата лазерной системой TG2C фирмы «ЗЕД Инструментс» (Великобритания) составляет  $\pm 20$  мм, максимальная скорость проходки — 20 м/смен., 181 м/нед.

На объекте с глубиной ствола 35 м применена автоматизированная система управления подъема вагонеток с наземным опрокидывателем. Теперь этот цикл занимает около 4 мин. (в ручном режиме — 7 мин). В результате за час работы на поверхность выдается до 120 м<sup>3</sup> породы.

Ряд новых бесщитовых проходческих агрегатов, максимально ускоряющих крепление призабойной зоны выработки (при бесперебойной механизированной разработке породы), создан для сооружения тоннелей в малоустойчивых скальных грунтах. Так, для проходки штреков на угольных шахтах Великобритании с пятиблочной железобетонной обделкой наружным диаметром 5,6 м и толщиной 250 мм фирма «Андерсон Стрэтклайд» выпускает комбайны избирательного действия RH1/4 в специальном исполнении: телескопический кран-блокоукладчик, устанавливающий кольцо обделки непосредственно у лба забоя, монтируется на выдвижной площадке над исполнительным органом<sup>7</sup>. На лотковый блок укладывается панель плоского настила, по которому комбайн может перемещаться вперед. В качестве сменного навесного оборудования (крана) используется гидравлический штанговый грейфер для подборки породы с боковых зон подошвы выработки на приемный лоток породопогрузочного органа. Предусмотрена также возможность установки на технологическую площадку бурового манипулятора для опережающего крепления забоя наклонными анкерами.

Другая английская фирма — «Доско Оверсис» — на базе серийного комбайна избирательного действия создала проходческий агрегат STM5, защищающий короткий призабойный участок выработки распорным щитовым козырьком с поворотными секторными пластинами (для крепления лба забоя). За ним с ходовой части агрегата может монтироваться арочная или блочная крепь круглого сечения без прекращения работы исполнительного и породопогрузочного органов<sup>8</sup>.

Для проходки отрезка длиной 1,8 км гидротехнического тоннеля глубокого заложения Кассино в Италии диаметром 6 м в условиях высокого горного давления фирмой «Баде унд Теелен» (ФРГ) сконструирован и изготовлен бесщитовой проходческий агрегат TVM-600-LS/SP. Он имеет экскаваторный исполнительный орган активного действия, кольцевой укладчик, позволяющий устанавливать железобетонную обделку толщиной 500 мм в призабойной зоне; оборудование для транспортировки и подачи блоков — кран, конвейер, стол. Необходимость в таком техническом решении обусловлена тем, что оболочка механизированного щита неизбежно заклинивалась бы из-за быстрого развития подвижки породы. В передней части агрегата установлено пять лап, которые в раздвинутом положении обеспечивают устойчивый распор на грунт и торцы обделки во время работы экскаваторного органа, а в сложенном — являются направляющими для перемещения укладчика в призабойную зону. В хвостовой части щита предусмотрен дополнительный радиальный распор в обделку<sup>9</sup>. □

<sup>7</sup> «Mine and Quarry», 1988, т. 17, № 1/2, с. 31.

<sup>8</sup> «Construction Today», 1988, № 34, с. 30.

<sup>9</sup> «Tunnels and Tunnelling», 1987, т. 19, № 8, с. 13.

## ВНИМАНИЮ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ

Для проектирования метрополитена в г. Алма-Ате

## ТРЕБУЮТСЯ СПЕЦИАЛИСТЫ,

имеющие соответствующий  
практический опыт.

●  
ИНОГОРОДНИМ  
ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ  
ЖИЛАЯ ПЛОЩАДЬ.

Обращаться по адресу:

480016, г. Алма-Ата, ул. Пушкина,  
д. 2, институт «Алмаатагипро-  
транс».

Телефон: 33-98-81  
(отдел кадров)

На 1-й стр. обложки: проходчик СМУ № 10 Мос-  
метрострой Николай Иванович Поронько.

Художественно-технический редактор Е. К. Гарнухин  
Фото Е. П. Политова

Сдано в набор 01.08.88. Подписано в печать 06.09.88.  
Л-53152. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная  
№ 2. Гарнитура новогазетная и литературная. Печать  
офсетная. 4,0 печ. л. 5,19 уч.-изд. л. Тираж 3153 экз.  
Заказ 2681. Цена 40 коп.

Адрес редакции: 103031, Москва, К-31, Кузнецкий  
мост, 20, 2-й этаж, телефоны: 925-86-02, 923-77-72.

Орден «Знак Почета» типография издательства  
«Московская правда», 123845, ГСП, Москва, Д-22,  
ул. 1905 г., д. 7.



---

# **ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА**

---

**НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК**

# **МЕТРОСТРОЙ**

## **на 1989 год**

---

На страницах сборника «Метрострой» освещаются достижения и передовой опыт строительства метрополитенов и тоннелей различного назначения в нашей стране, публикуются зарубежная информация о технике метростроения и материалы по эксплуатации отечественных и зарубежных метрополитенов.

Подписка принимается без ограничения общественными распространителями печати, агентствами «Союзпечати» и в почтовых отделениях.

**Индекс сборника «Метрострой» по всесоюзному  
каталогу — 70572**

**ПОДПИСНАЯ ЦЕНА НА ГОД — 3 руб. 20 коп.  
(8 номеров).**

---