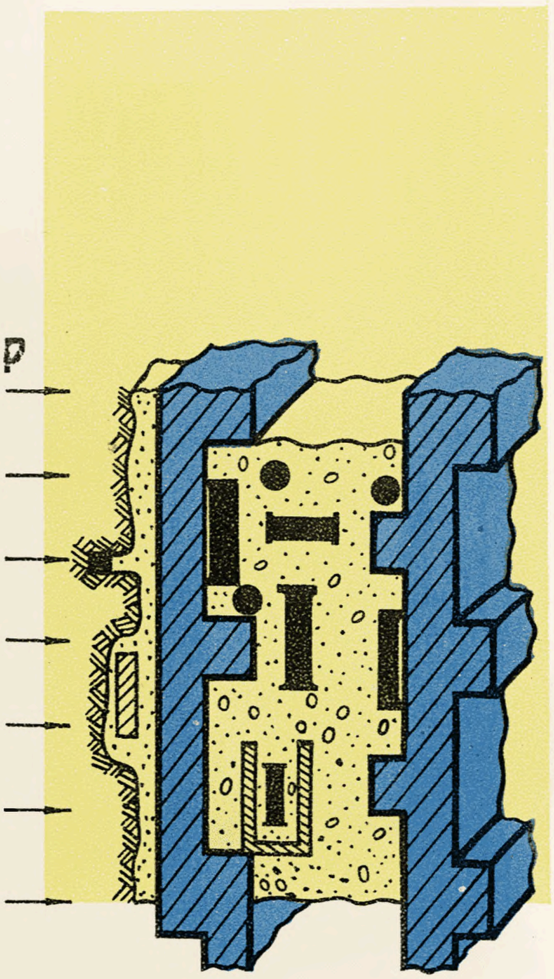


Методические рекомендации по проведению натурных наблюдений в стволах, сооружаемых в сложных горно-геологических условиях

Белгород 1985

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР
Управление горного производства

Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический и проектно-изыскательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу
ВИОГЕМ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
И.Ф.Оксанич
7 мая 1985 года

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В СТВОЛАХ, СООРУЖАЕМЫХ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Белгород 1985

УДК 624.131:622.272.63

В настоящих рекомендациях изложена методика натурных наблюдений в отвалах, сооружаемых в сложных горно-геологических условиях и закрепленных комбинированной многослойной крепью. Приведен перечень необходимой измерительной аппаратуры и датчиков. Показаны методы обработки и анализа результатов натурных наблюдений.

Методические рекомендации рассчитаны на инженерно-технических и научных работников, занимающихся натурными наблюдениями и экспериментальными исследованиями в подземных сооружениях.

Работа составлена докт.техн.наук Д.М.Казикаевым, инженером О.Н.Борисовым, канд.техн.наук С.В.Сергеевым, утверждена секцией НТС "Специальные горные работы, геомеханика и маркшейдерское дело" 5 июля 1983 г.

© Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический и проектно-изыскательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу (ВИОГЕМ), 1985.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Современный этап развития горнорудной промышленности характеризуется усложнением горно-геологических условий добычи полезных ископаемых. В настоящее время эксплуатируется Белозерское, осваивается Яковлевское железорудные месторождения, горно-геологические условия вскрытия которых не имеют аналогов в отечественной горной практике. На Яковлевском месторождении КМА рудное тело залегает под шестисотметровой осадочной толщей, представленной главным образом малопрочными и малосвязными породами, в которых содержится восемь водоносных горизонтов с напором до 5,I МПа. Одной из самых сложных задач, связанных с освоением таких месторождений, является сооружение шахтных стволов.

Эксплуатационно-технические показатели ствола характеризуются состоянием его крепи. Стоимость крепи составляет до 60% стоимости сооружения ствола [I]. При вскрытии месторождений со сложными горно-геологическими условиями требуемая высокая несущая способность крепи достигается применением комбинированных многослойных конструкций. Например, стволы Яковлевского рудника КМА, в зависимости от величины ожидаемого горного давления, закреплены двухслойной (тюбинговая колонна и слой бетона) и трехслойной (внутренняя и внешняя тюбинговая колонны и междуколонный бетон) крепью. При этом особое значение приобретает создание рациональных конструкций крепи, в которых наиболее полно и эффективно используются свойства всех конструктивных элементов и материалов и обеспечивается их совместная работа.

Строительная механика подземных сооружений, оформировавшаяся как новое научное направление, рассматривает крепи горных выработок во взаимодействии их с окружающим массивом горных пород. При этом огромное значение имеют натурные экспериментальные наблюдения, которые позволяют совершенствовать технологию крепления и предложить новые типы крепи. За последние годы в СССР и за рубежом все большее внимание обращают на вопросы экспериментальных исследований непосредственно в подземных сооружениях.

В нашей стране натурные наблюдения в шахтных стволах в основном выполнял институт ВНИМИ [3]. Наблюдения проводились в Донецком, Львовско-Волынском и Карагандинском бассейнах в различных условиях сооружения стволов от относительно простых до сложных с применением способа замораживания пород. В основу натурных исследований ВНИМИ был положен метод прямых измерений нагрузок на крепь динамометрическими баллонами. На основании натурных наблюдений были установ-

лены основные положения механизма взаимодействия крепи стволов с массивом породы, а также разработаны общие методические положения комплексного исследования проблем горной геомеханики [7], в которых наиболее полно освещены современные достижения в данной области и даны научно обоснованные методические рекомендации по постановке и проведению шахтных экспериментальных исследований в области горного давления.

Натурные наблюдения проводились также институтами ЛГИ, МГИ, ДГИ с использованием других методик и иных технических средств с ориентировкой на косвенный метод оценки величины давления по измеренным деформациям элементов крепи.

Наиболее перспективным является комплексный метод проведения натурных наблюдений, который включает измерения величин смещений горных пород в забое ствола в период их обнажения взрывом до установки постоянной крепи; контактного давления на крепь и деформаций всех слоев крепи; температуры крепи и околоствольных пород.

В настоящих Методических рекомендациях обобщен опыт организации и проведения инструментальных измерений в шахтных стволах, сооружаемых в сложных гидрогеологических условиях с широким применением взрывных работ в забое и интенсивным ведением других технологических операций, что накладывает определенный отпечаток на методику и технику натурных исследований. Последовательность изложения разделов отражает последовательность проведения натурных наблюдений в стволе на участке сооружения замерной станции.

В работе использованы материалы и результаты исследований, выполненных в отделе геомеханики института ВНИОГЕМ с 1970 по 1984 гг.

Авторы с благодарностью примут критические замечания и предложения по существу работы.

I. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СМЕЩЕНИЯМИ ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ПОРОД В ПРОЦЕССЕ ПРОХОДКИ

В отечественной и зарубежной горной практике накоплен некоторый опыт по наблюдению за смещениями пород при проходке стволов [5,6]. Однако в настоящее время нет единой методики и технических средств проведения подобных исследований. Они индивидуальны и определяются поставленными задачами, технологией сооружения ствола и отражают, как правило, измерения смещений породных стенок и забоя при ручной выемке замороженной породы. В этих условиях наблюдения можно вести практически непрерывно от момента обнажения породы до установки постоянной крепи.

Применение взрывной отбойки замороженной породы существенно осложняет проведение указанных измерений, так как на определенное время взорванная породная масса ограничивает доступ к стенкам, что исключает возможность установки реперов и наблюдений в период наиболее активного процесса смещений.

Разработанная методика позволяет охватить наблюдениями процесс смещения породных стенок от момента разрушения пород взрывом до сооружения постоянной крепи, не нарушая при этом технологические операции по бурению, погрузке породы и креплению.

При разрушении пород взрывом наибольший интерес представляет величина конвергенции породных стенок ствола непосредственно после взрывной отбойки породы, характеризуемая в этот период, в основном, упругими смещениями околоствольного массива пород.

I.I. Измерение величины конвергенции стенок ствола, вызванной разрушением пород взрывом

Закладка реперов для измерения величины конвергенции осуществляется в период обуривания забоя. Для этого на линии сопряжения стенки с забоем бурятся шесть шпуров диаметром 40 мм глубиной I м под углом 45^0 к стенке ствола, в них забиваются круглые металлические штыри соответствующей длины и диаметра, рис. I.I.

Затем производится измерение расстояния между реперами H, а также по хордам между ближайшими по окружности реперами. Второй цикл измерений H^I производится после взрыва и уборки породы по мере обнажения реперов. По разностям величин $H - H^I$ определяются величины конвергенции стенок ствола по интересующим направлениям.

В табл. I.I приведены примеры результатов наблюдений за величиной конвергенции стенок ствола № 2 Яковлевского рудника на глубине 362 м в замороженных глинах.

Таблица I.I

Номера баз	Величина базы измерений, мм		Величина конвергенции, мм
	до выемки породы H	после выемки породы H^I	
I–4	8850	8815	35
2–5	8722	8685	37
3–6	7875	7835	40

Наблюдения за конвергенцией стенок при разрушении пород взрывом необходимо производить во всех типах вскрываемых стволом пород.

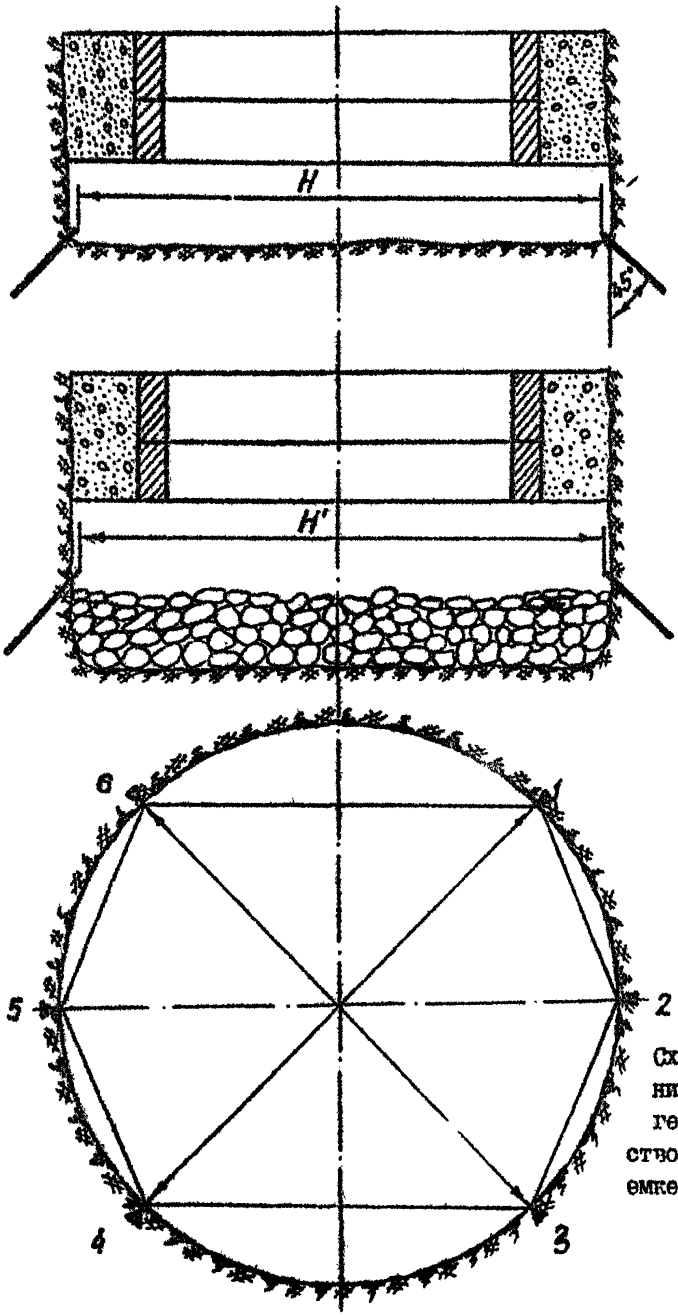


Рис.I.I. Схема измерения конвергенции стенок ствола при выемке пород взрывом

I.2. Наблюдения за смещениями породных стенок ствола в процессе проходки

Измерение радиальных смещений породных стенок является следующим этапом наблюдений и производится, начиная с уборки взорванной породы, по базам между реперами в породной стенке ствола и отвесами, закрепленными на тюбингах последнего кольца заходки крепи, рис. I.2. Закрепление отвесов на чугунных тюбингах производится с помощью магнитов, что позволяет легко и быстро устанавливать и снимать их. В качестве реперов применяются пики от отбойных молотков. Установка реперов производится по мере обнажения стенок ствола на высоту не менее I м от тюбинговой крепи. Сразу же после закрепления реперов и отвесов необходимо промерить начальную базу d жесткой линейкой с миллиметровыми делениями. На линейке закреплен уровень, который ограничивает возможность индивидуальных ошибок в оценке положения линейки.

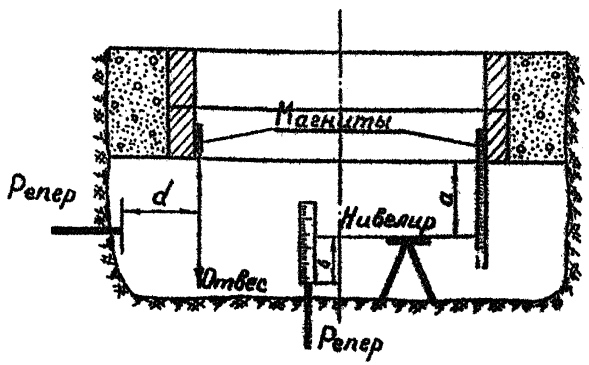


Рис. I.2. Схема измерения смещений породных стенок и забоя ствола

Последующие измерения производятся в зависимости от интенсивности смещений через I-3 ч вплоть до перекрытия участка наблюдений тюбинговой крепью. После навески тюбингов измерение смещений стенок с помощью отвесов становится невозможным и может быть продолжено с помощью специального приспособления, представляющего собой металлический стержень, который пропускается через тампонажное отверстие тюбинга до контакта с породной стенкой. Стержень прижимается к породе специальной пружиной с некоторым усилием, чтобы пред-

отвратить изменение места контакта с породной стенкой от вибраций тюбинговой колонны, вызываемых работой пневмопогрузчика при уборке породы или монтаже тюбинговых колец. При смещении пород происходит движение стержня относительно тюбинговой колонны и отсчетного устройства, закрепленного на ней.

В табл. I.2 приведены результаты измерений величин радиальных смещений породных стенок ствола № 2 Яковлевского рудника на глубине 363 м в замороженных глинах.

Таблица I.2

Номер репера	Величина базы d, мм		Величина смещений, мм
	начальная, 20 ч 24.IO.78	конечная, 2 ч 25.IO.78	
I	840	835	5
2	90I	895	6
3	889	882	7
4	943	930	I3
5	87I	865	6
6	677	670	7

I.3. Наблюдения за смещением пород в забое ствола

Вертикальные смещения пород забоя ствола определяются методом нивелирования. Наиболее удобным временем проведения наблюдений является период перед бетонированием затюбингового пространства. В это время производится засыпка поддонов для бетонирования взорванной породой, по мере которой центр ствола освобождается от породы. На этом месте производится бурение 2-3 шпуров глубиной I м и устанавливаются реперы. Опорной базой для нивелирования служит тюбинговое кольцо предыдущей заходки, к которому подвешивается металлическая рулетка или рейка. После установки реперов и закрепления рулетки нивелиром снимаются начальные показания (см. рис. I.2). При этом фиксируются величины a и b. В дальнейшем показания снимаются по мере обнажения реперов, например, после завершения бетонирования и зачистки забоя от породы. Последние показания снимаются после обуривания забоя перед зарядкой шпуров. В результате смещения пород забоя происходит уменьшение общей величины базы $a+b$. В момент взрыва происходит разрушение реперов. Для дальнейших наблюдений устанавливаются новые.

Абсолютная величина смещения забоя определяется по формуле

$$\Delta = (a+b)-(a'+b'), \text{ мм},$$

В табл. I.3 показаны результаты наблюдений за смещением пород забоя ствола № 2 Яковлевского рудника на глубине 363 м в глинах.

Таблица I.3

Номер репера	Величина базы, мм		Величина вертикального смещения забоя Δ, мм
	начальная $a+\ell$ 19 ч, I.I2.78	конечная $a'+\ell'$ 8 ч, 2.I2.78	
I	I903	I89I	I2
2	I8I3	I797	I6

Как видно из табл. I.3, продолжительность наблюдений составила I3 ч. За это время выполнялись следующие операции проходческого цикла: доведение диаметра ствола в проходке до проектных размеров; уборка породы под тюбинговое кольцо; монтаж тюбингового кольца; укладка бетона.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет наиболее полно исследовать сдвижение пород призабойной зоны в условиях интенсивного ведения операций проходческого цикла.

Полную величину радиального смещения породной стенки в интервале времени от выемки пород взрывом до установки крепи определит суммированием величин конвергенции и радиальных смещений, измеренных от отвеса. Полученные в результате натурных наблюдений величины смещений породных стенок и забоя ствола используются при расчете величин прогиба замораживающих колонок, в расчетах напряженно-деформированного состояния ледопородного цилиндра, при выборе высоты заходки крепления и т.д.

2. СООРУЖЕНИЕ ЗАМЕРНЫХ СТАНЦИЙ В СТВОЛЕ И ПРОВЕДЕНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ

2.I. Размещение датчиков в крепи ствола

При наблюдениях за напряженно-деформированным состоянием многослойных комбинированных конструкций крепи необходимо получать информацию о деформациях каждого из слоев с тем, чтобы вникнуть механизм их взаимодействия в процессе деформирования.

Такие исследования осуществляются на специальных замерных станциях, сооружаемых в крепи на тех участках ствола, которые представляют наибольший интерес с точки зрения характера и величин нагружения.

На замерной станции размещение датчиков производится 3-мя- 4-мя группами, располагаемыми через равные интервалы по периметру крепи. Датчики деформаций в каждой группе размещаются во всех слоях крепи (в бетоне и на тюбингах) примерно в одном радиальном сечении (рис. 2.I), чтобы уменьшить разброс показаний от неравномерности нагру-

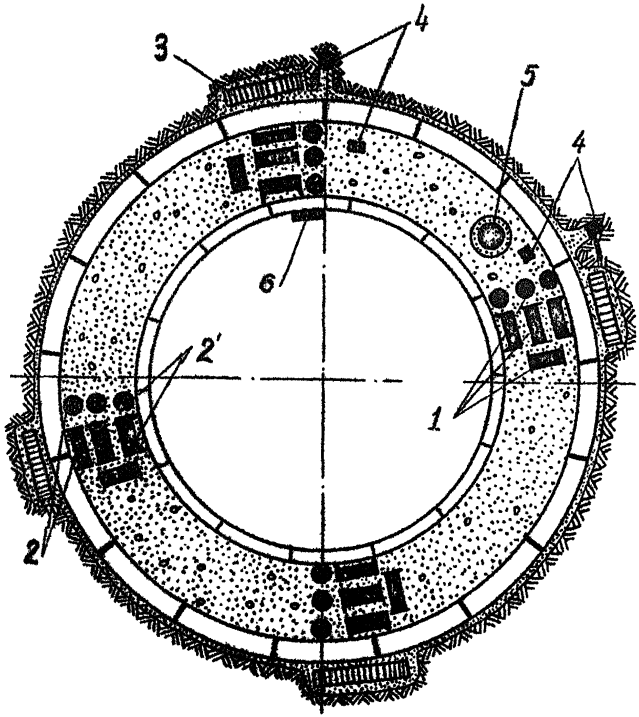


Рис. 2.I. Размещение групп датчиков по периметру крепи ствола:

I – датчики для измерения деформаций бетонной части крепи; 2 и 2' – датчики для измерения деформаций (напряжений) внешних и внутренних тюбинговых колонн; 3 – динамометрический баллон; 4 – датчики температуры; 5 – усадочный цилиндр; 6 – клеммный щиток выводного кабеля

жения крепи. Как видно из рис. 2.1 и 2.2 в бетоне датчики деформаций ориентируются в тангенциальном радиальном и вертикальном на -

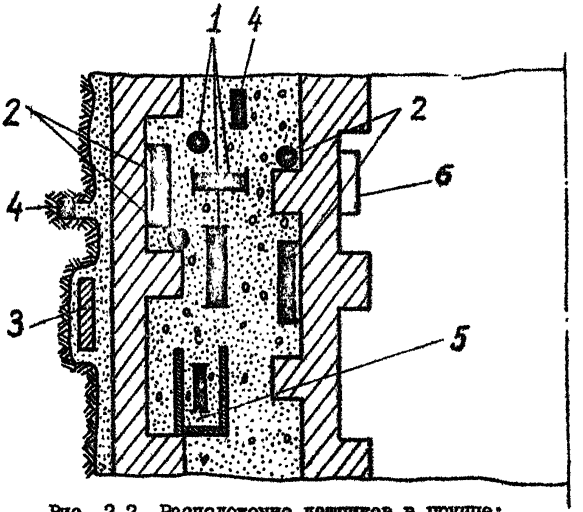


Рис. 2.2. Расположение датчиков в группе:
1 - датчики для измерения деформации бетонной части крепи ; 2 и 2′ - датчики для измерения деформаций (напряжений) внешней и внутренней турбинных колонн; 3 - динамометрический баллон; 4 - датчики температуры; 5 - усадочный цилиндр; 6 - выводной клеммный щиток

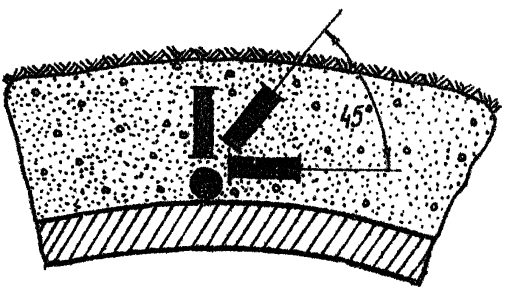


Рис. 2.3. Расположение деформометров в бетоне для определения величин и направления главных деформаций в сечении крепи

правленичк. В случае ожидаемого неравномерного распределения нагрузки по периметру крепи для оценки величины касательных напряжений в бетоне устанавливаются дополнительные датчики деформаций, которые ориентируются в одной плоскости с тангенциальным и радиальным датчиками под углом 45° к ним, рис. 2.3.

По измеренным деформациям ε_θ, ε_R, $\varepsilon_{45°}$ определяются величины главных нормальных и касательных напряжений в сечении крепи (см. разд. 3).

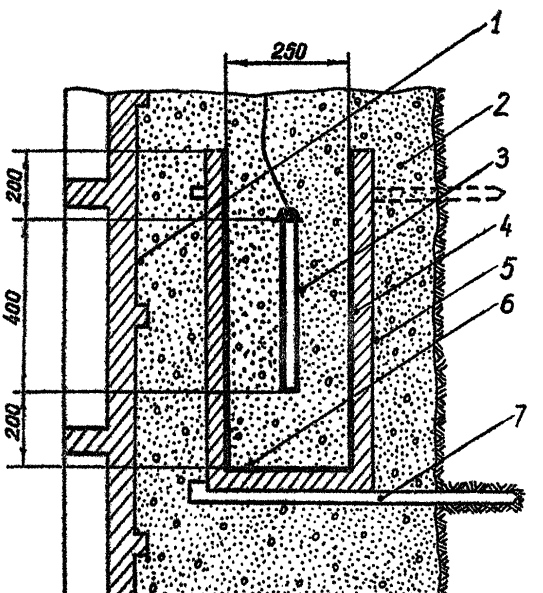


Рис. 2.4. Размещение усадочного цилиндра в бетонной части крепи:
1 – тюбинговая крепь; 2 – бетон; 3 – деформометр; 4 – резиновая оболочка; 5 – металлическая труба; 6 – резиновый подон; 7 – металлический штырь

В стволах, проходимых способом замораживания, немаловажное значение имеют температурные деформации бетона. При ограничении свободы перемещений это свойство бетона влечет за собой появление в нем температурных напряжений, которые необходимо учитывать. Для этого в бетонной части комбинированной крепи необходимо устанавливать усадочный цилиндр, который представляет собой образец бетона, защищенный стальной трубой от окружающего массива бетона, но связанный с ним по площади одного из торцов, рис. 2.4. Датчик, заключенный в усадочный цилиндр, фиксирует все его деформации от изменения температуры и влажности.

Как показывает опыт натурных наблюдений в стволах, одним из наиболее важных факторов, влияющих на формирование нагрузок на крепь, является температура замороженных околоствольных пород. Поэтому в замерных станциях необходимо предусмотреть 2-3 температурных датчика в породном массиве и столько же в бетонной части крепи. Струнные термометры в породе размещаются в шпурах, пробуренных на глубину 20-50 см от породного контура (см. рис. 2.1).

2.2. Основные технические характеристики применяемых приборов и аппаратуры

Для получения надежных экспериментальных данных в замерных станциях применяются серийно выпускаемые датчики деформаций и температур, апробированные при многолетних наблюдениях. Таковыми в настоящее время являются датчики, выпускаемые Киевским специализированным предприятием Спецэнергоавтоматика, ПДДС-40 (преобразователь линейных деформаций струнный) и ПТС-60 (преобразователь температур струнный). Принцип их действия основан на зависимости собственной частоты свободных колебаний струнного резонатора от его натяжения. Резонатор приводится в колебательное движение с помощью возбудителя колебаний, представляющего собой электромагнитное устройство. Оно является обратимым, т.е. используется как для подачи импульса, так и для приема затухающих свободных колебаний (сигналы запроса и ответа передаются по одной и той же линии). Изменение базового расстояния в результате деформации крепи приводит к изменению усилия натяжения струнного резонатора и изменению собственной частоты его колебаний, которая измеряется вторичным регистрирующим прибором. По изменению частоты судят об измеряемой деформации. Зависимость между измеряемой деформацией и выходным сигналом для каждого датчика индивидуальна и определяется градуировочной характеристикой вида

$$y = Ax^2 + Bx + C,$$

где y – значение измеряемой деформации в относительных единицах, определяемое отношением абсолютной деформации к базе датчика; x – значение информативного параметра выходного сигнала (частоты) преобразователя (показание вторичного прибора), Гц; A, B, C – постоянные коэффициенты, определяемые по результатам тарировки датчика на заводе-изготовителе.

Основные технические характеристики преобразователей ПЛДС

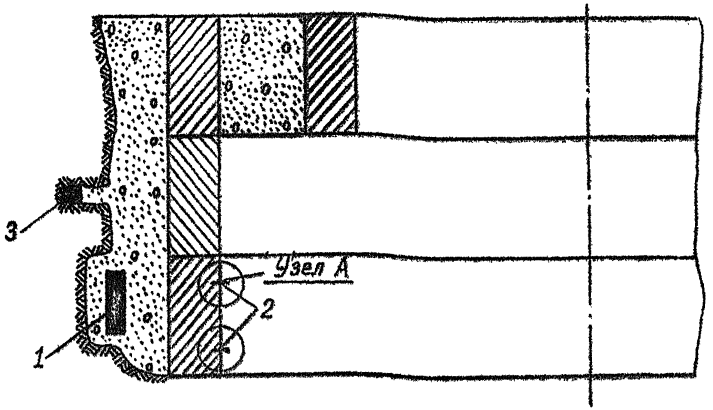
Пределы измерения деформаций, х 10^{-3}	0,5–2,0
датчики преимущественно сжатия	0,5–2,0
датчики преимущественно растяжения	2,0–0,5
Градуировочная характеристика	Индивидуальная
Предел допускаемой основной погрешности, приведенный к диапазону измерений, %, не более	±2
Вариация выходного сигнала, приведенная к диапазону измерений, %, не более	I
Перепад частот при измерении деформации от нижнего до верхнего пределов измерений (девиация частоты), Гц	I000±200
Исполнение преобразователя по отношению к рабочим средам и окружающей среде	Водозащищенный, герметичный
Допускаемое внешнее давление окружающей среды, МПа	3
Исполнение преобразователя по устойчивости к механическому воздействию окружающей среды	Обыкновенное
Параметры импульсов запроса (возбуждения):	
напряжение, В	I50 ± I5
длительность, мкс	0,5 – I
полярность	Любая
Длина выводных проводов (кабеля), м, не менее	0,5
Средний срок службы, лет	I0
Длина (без учета кабеля), см	5I,2
Масса, кг	2,0

По аналогичному принципу работают датчики температур ПТС-60, диапазон измерения которых находится в пределах от минус 20 до плюс 60°С.

Снятие показаний датчиков ПЛДС-40, ПТС-60 производится дистанционно с помощью контрольно-измерительных приборов типа ЦС-5М, ЧСД, "Струна-I0", ПИП-I.

Многослойная комбинированная крепь возводится по совмещенной схеме. Сначала монтируются несколько колец внешней тюбинговой колонны, благодаря чему создается заходка для навески тюбингов вну-

тренней колонны, рис. 2.5. При этом кольца внешней тюбинговой колонны выполняют функцию временной крепи и воспринимают нагрузку, величину которой необходимо измерить. Однако производить замеры струнными датчиками не позволяют взрывные работы. В этом случае рекомендуется применять методику измерения деформаций по замерным базам съемными индикаторными приборами, разработанную ЦНИИС[4].



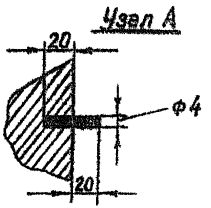


Рис. 2.5. Размещение приборов и замерных баз на внешней колонне в период ее раздельной работы:
1 – динамометрический баллон; 2 – маяки замерной базы; 3 – температурный датчик

Суть методики заключается в том, что в спинки и ребра жесткости тюбингов запрессовываются маяки-стержни, расстояние между которыми (база) периодически, по мере нагружения тюбинга, измеряется специальными индикаторными приборами с точностью до 0,01 мм, рис. 2.6. Разность показаний между измерениями составляет абсолютную деформацию тюбинга $\Delta\ell$. В качестве маяков используются цилиндрические ролики от подшипников диаметром 4 мм и длиной 40 мм (см. рис. 2.5, узел А).

Отверстия под маяки сверлятся пневмодрелью по шаблону. Диаметр

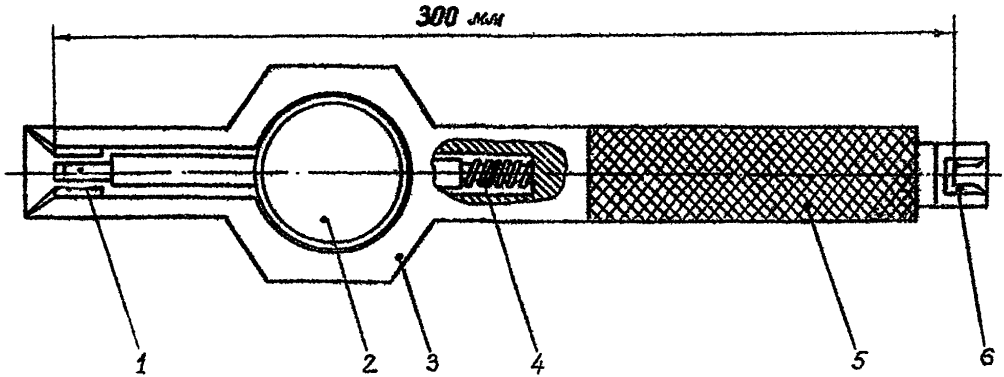


Рис. 2.6. Съемно-индикаторний прибор конструкции ЦНИИС:
I - подвижной нож; 2 - индикатор часового типа; 3 - корпус; 4 - пружина; 5 - ручка;
6 - неподвижний нож

сверла 3,8 мм.

Основное достоинство этого способа измерений – простота, надежность, возможность оперативно и наиболее полно исследовать тот или иной участок крепи установкой необходимого количества (практически без ограничения) замерных баз. Основным недостатком является ограниченное время наблюдения, так как по мере углубления ствола место наблюдения становится труднодоступным.

Измерение контактных нагрузок на крепь производится динамометрическими датчиками (баллонами). В баллоне конструкции НИИГЕМ, заполненном трансформаторным маслом, в качестве измерительного элемента используется струнный датчик давления ПДС, который работает по такому же принципу, как датчики ПДДС и ПТС.

2.3. Монтаж измерительной сети в лабораторных условиях

Монтаж приборов замерной станции перед закладкой их в крепь ствола производится в лаборатории согласно проекту, утвержденному в организации, разрабатывающей проект проходки и крепления ствола. В проекте установки замерных станций должны быть отражены: перечень применяемых датчиков и аппаратуры с указанием завода-изготовителя, требуемого количества, стоимости; расположение измерительных групп и конкретные места установки датчиков в крепи и породе; ориентировочные глубины расположения замерных станций с указанием типа пород.

Монтаж замерной станции в лаборатории начинается с отбора датчиков ПДДС, ПТС, ПДС. Одновременно с этим отбираются паспорта датчиков, в которых приведены их индивидуальные характеристики. Дальнейший состав работ следующий:

1. Отобранные датчики раскладываются по группам согласно проекту установки замерной станции. Например, в двухслойной крепи группа состоит минимум из семи датчиков. В том числе – три деформометра в бетоне (в радиальном, тангенциальном, вертикальном направлениях); два на тюбингах (тангенциальном и вертикальном направлениях); два температурных датчика (один в бетоне, другой – в породе). Таких групп необходимо предусмотреть не менее трех.

2. Маркировка разложенных по группам датчиков, т.е. на корпусе каждого датчика краской наносится номер группы, место расположения, направление измеряемой деформации, например, гр. I, бетон, $\mathcal{E}_в$ или гр. I, тюбинг, $\mathcal{E}_н$ и т.д. При этом в специальный журнал (приложение) заносится номер каждого датчика и все данные маркировки.

3. Наращивание двухжильных кабелей от датчиков в группах к выво

дному многожильному. Длины кабелей от различных групп датчиков выбираются таким образом, чтобы при монтаже замерной станции в стволе группы располагались равномерно по периметру (см. рис. 2.I).

На стыки датчик-кабель одеваются пластмассовые трубки длиной IO см и заливаются эпоксидной смолой.

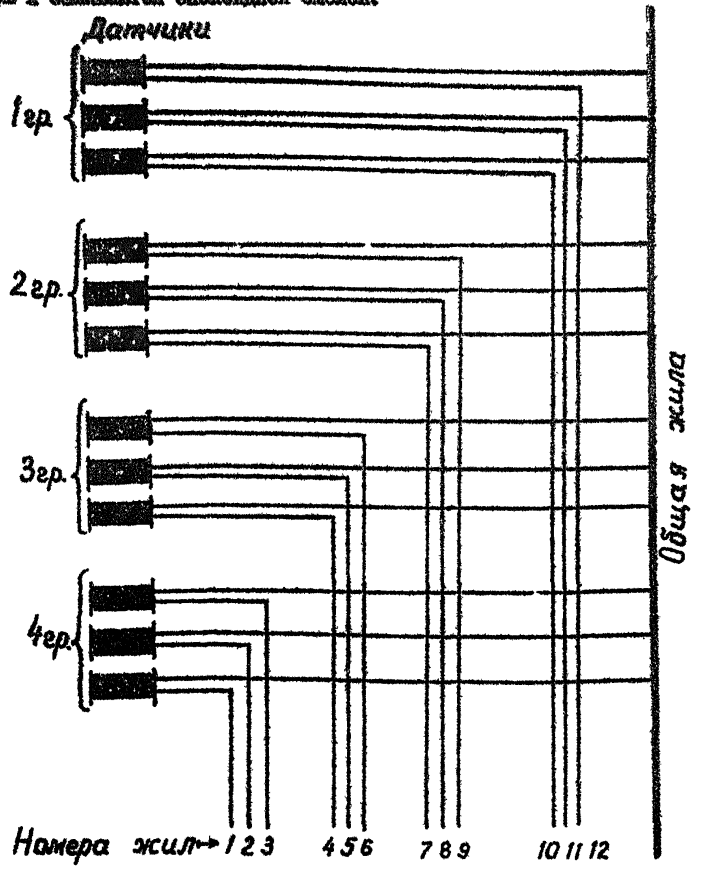


Рис. 2.7. Принцип присоединения датчиков к выводному многожильному кабелю

4. Стыковка соединительных кабелей от групп к выводному многожильному. На рис. 2.7 показан принцип стыковки. Здесь од з из двух жил от датчика идет на общую жилу выводного кабеля, а вторая присоединяется к одной из жил выводного кабеля. При этом номер этого датчика и номер соответствующей ему жилы записываются в специальный журнал (см. приложение). После присоединения всех кабелей от датчиков к выводному на место соединения одевается муфта из пластмассовой трубы диаметром 8–10 см, которая заливается эпоксидной смолой.

После завершения этих операций вторичным прибором ЦЦИ-I производится проверочное снятие показаний через жилы выводного кабеля.

Одновременно с указанным монтажом датчиков в производственных мастерских изготавливаются приспособления, необходимые при монтаже замерных станций в стволе: клиновые щитки для закрепления жил выводного кабеля, металлическая и резиновая трубы для усадочного цилиндра, кронштейны для закрепления датчиков деформаций в затюбинговом пространстве в тангенциальном, радиальном и вертикальном направлениях. Для выведения из-за крепи многожильных кабелей от датчиков деформаций и динамометрических баллонов необходимо просверлить по оси две тампонажные пробки. Диаметр отверстий должен быть на 2-3 мм больше диаметра многожильного кабеля.

Подготовка замерной станции заканчивается заливкой трансформаторного масла в динамометрические баллоны и проверкой их работоспособности снятием показаний с датчиков давления ЦДС, устанавливаемых в баллонах. После этого все датчики и аппаратура укладываются в ящики для транспортировки к месту установки.

2.4. Установка замерной станции в стволе

Монтаж замерной станции на участке предполагаемой двухслойной тюбинг-бетонной крепи начинается после обнажения породной стенки перед навеской тюбингов. После спуска в ствол датчиков и аппаратуры производится их раскладка в забое по периметру ствола и обозначение конкретных мест расположения в крепи. Сначала на породной стенке размещаются динамометрические баллоны. Они закрепляются анкерами, установленными в шурах, пробуренных в породной стенке, и производится их присоединение к отдельному выводному многожильному кабелю. Далее, в местах расположения датчиков деформаций бурятся шуры и в них закрепляются специальные кронштейны, на которых устанавливаются датчики. После ориентировки по направлениям они жестко привязываются проволокой к кронштейну. Часть температурных дат-

чиков устанавливается в породе в горизонтальных шурах, которые забиваются промасленной ветошью, чтобы исключить проникновение к датчикам жидкого бетона. Датчики температур для бетона прикрепляются к кронштейнам вместе с деформометрами. Усадочный цилиндр устанавливается в породной стенке ствола вертикально, чтобы при бетонировании заходки бетон свободно заполнял цилиндр (см. рис. 2.4).

Фиксация деформометров на спинке тюбингов производится электросваркой в период монтажа тюбингов в кольце.

Одновременно с навеской тюбингов производится вывод много - жильных кабелей от динамометрических баллонов и деформомет - ров в специально просверленные тампонажные пробки тюбингов. Затем производится закрепление к этим пробкам клеммных щитков и присоединение жил кабелей к клеммам. После завершения монтажа тюбингов в кольце производится контрольное измерение показаний по установленным в стволе датчикам. Следующий замер (начальный) - после бетонирования затюбингового пространства. В период бетонирования на спинках и ребрах закрепленных тюбингов наносятся замерные базы (см. рис. 2.2) для дублирования показаний струнных дистанционных датчиков.

Монтаж замерной станции в трехслойной тюбинг-бетон-тюбинговой крепи производится в два этапа. Первый этап - установка динамометрических баллонов и датчиков температуры в околоствольном массиве пород. После выемки пород на заходку крепления производится навеска на породной стенке динамометрических баллонов и вывод их кабелей через тампонажные отверстия тюбингов внешней колонны. Одновременно с этим в породе (в шурах) устанавливаются датчики темпера - туры, кабели от которых также выводятся в ствол через тампонажные отверстия тюбингов. После навески тюбингов внешнего ряда, в период заполнения бетоном зазора между тюбинговым кольцом и породой, производится нанесение на тюбинги внешней колонны замерных баз для измерения деформаций крепи в период ее раздельной работы. После бе - тонирования продолжаются работы по выемке пород и креплению еще нескольких колец внешней колонны, создавая тем самым заходку для крепления тюбинговыми кольцами внутреннего ряда (см. рис. 2.5). В этот период наблюдение за давлением пород и деформацией крепи производится по динамометрическим баллонам и замерным базам.

Второй этап - монтаж датчиков на тюбингах внешнего и внутреннего ряда и в межколонном пространстве (см. рис. 2.2). Перед началом навески тюбингов внутреннего ряда производится фиксация свар-

кой датчиков деформаций к горизонтальным и вертикальным ребрам жесткости тюбингов внешней колонны. К болтам тюбингов внешней колонны привариваются специальные кронштейны, на которых в вертикальном, радиальном, тангенциальном направлениях жестко закрепляются датчики для измерения деформаций в бетонном заполнении. Одновременно с этим производится соединение кабелей от датчиков температуры и динамометрических баллонов, установленных за внешней колонной, с выводным многожильным кабелем. После завершения этих работ начинается монтаж тюбингов внутренней колонны. В этот период оставшиеся датчики деформаций фиксируются сваркой к спинкам соответствующих тюбингов внутренней колонны и производится вывод многожильных кабелей от динамометрических баллонов и струнных датчиков из-за крепи через отверстия в тампонажных пробках. После закрепления клеммных щитков и присоединения к ним жил снимаются показания по всем установленным в крепи датчикам. Одновременно на нескольких тюбингах внутреннего ряда закрепляются маяки для замерных баз, которые дублируют показания датчиков на внутренней колонне тюбингов. После навески тюбингов внутренней колонны по периметру крепи в забое устанавливается поддон и бетонируется пространство между тюбинговыми колоннами. Затем снимаются показания по всем датчикам и замерным базам. При этом для датчиков, установленных в бетоне и на тюбингах внутренней колонны, показания будут начальными, а для датчиков, установленных за внешней колонной, продолжаются измерения, начатые на первом этапе установки замерной станции.

Работы по закладке замерных станций завершаются тщательным измерением радиусов крепи от центрального отвеса. Впоследствии, на этих отметках радиусы должны быть измерены неоднократно в период гидроизоляции и армирования. Полученные величины изменений радиусов ствола позволяют определять характер формирования нагрузок на крепь по периметру ствола.

2.5. Проведение наблюдений на замерных станциях

Трудность организации натурных наблюдений в вертикальных стволах заключается в том, что по мере углубления ствола места наблюдений становятся труднодоступными. Применять многожильный кабель для дистанционного снятия показаний в первое время не удается по той причине, что при взрывных работах он будет нарушен. Присоединение к выводному клеммному щитку магистрального кабеля возможно только после удаления забоя от установленных в крепи замерных станций на 20-30 м. За этот период (примерно около месяца) формирова-

ние нагрузок на крепь, в основном, будет завершено. Поэтому, чтобы не упустить информацию о деформировании крепи в начальный период, показания датчиков сначала необходимо снимать с проходческой бадьи. Потом, когда ствол будет углублен на 10-15 м, показания приборов снимаются с проходческого полка. Затем сверху по стволу прокладывается или навешивается на тросе многожильный магистральный кабель, что позволяет в дальнейшем проводить измерения с поверхности земли.

Частота проведения замеров по датчикам, установленным в крепи, определяется характером нагружения крепи. В период активного роста нагрузок показания необходимо снимать через 2-3 дня. После стабилизации нагрузок - один раз в месяц.

3. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЯ

3.1. Обработка результатов наблюдений

Все результаты наблюдений заносятся в специальный журнал (см. приложение).

Вторичный прибор ИПП-1 выдает периоды колебания струны в микросекундах (мкс), по которым находят соответствующие величины частот колебаний струн датчиков. Затем, по индивидуальным тарировочным характеристикам (см. рис. 2.2) определяют соответствующие величины деформаций, температуру и давление. Частные значения деформаций крепи определяют как разность

$$\varepsilon_i = \varepsilon_n - \varepsilon_o, \qquad (3.1)$$

где ε_i - величина деформаций крепи на n - е сутки после установки датчиков; ε_o - начальные показания датчиков после установки в крепь; ε_n - показания датчиков на n - е сутки работы.

При определении деформаций бетонной части крепи необходимо учитывать собственные температурно-усадочные деформации бетона. При этом из измеренных в бетоне деформаций вычитаются деформации датчика, установленного в усадочном цилиндре со своими знаками, т.е.

$$\varepsilon_{бет} = \varepsilon_{изм} - \varepsilon_{усад}, \qquad (3.2)$$

где $\varepsilon_{бет}$ - деформации бетонной крепи; $\varepsilon_{изм}$ - измеренная в крепи общая величина деформации; $\varepsilon_{усад}$ - измеренные в усадочном цилиндре собственные деформации бетона.

На рис. 3.1. показаны графики $\varepsilon = f(t)$ для усадочных и измеренных деформаций бетонной крепи ствола № 2 на глубине 17 м. Оба дат-

чика работают на растяжение. В результате расчета по формуле (3.2) получим $\varepsilon_{бет} = (2,7 - 6)\ 10^{-5} = -3,3 \cdot 10^{-5}$, т.е. бетонная крепь работает на сжатие (девятнадцатые сутки наблюдения).

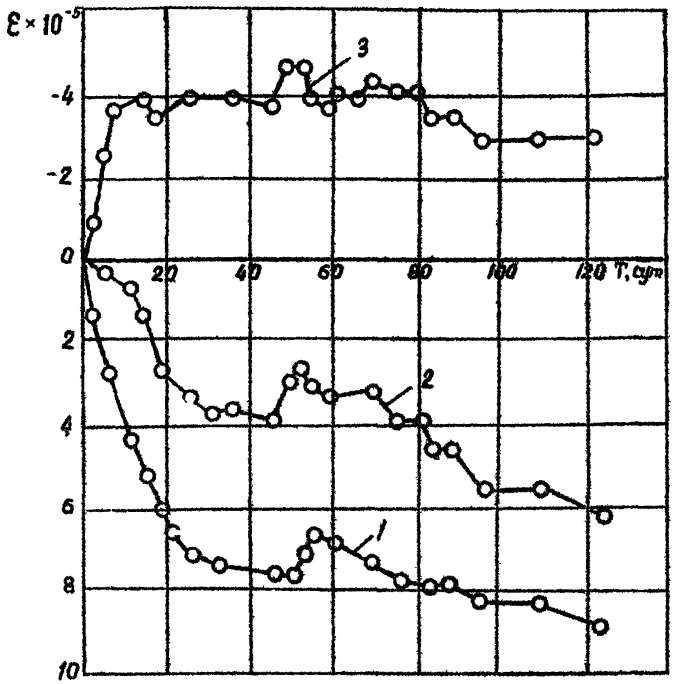


Рис. 3.I. Графики деформаций бетонной крепи в стволе № 2:
I – температурно-усадочные; 2 – измеренные общие; 3 – от приложенной к крепи нагрузки

Из рис. 3.I. наглядно видна роль учета усадочных деформаций бетона в крепи при натурных наблюдениях.

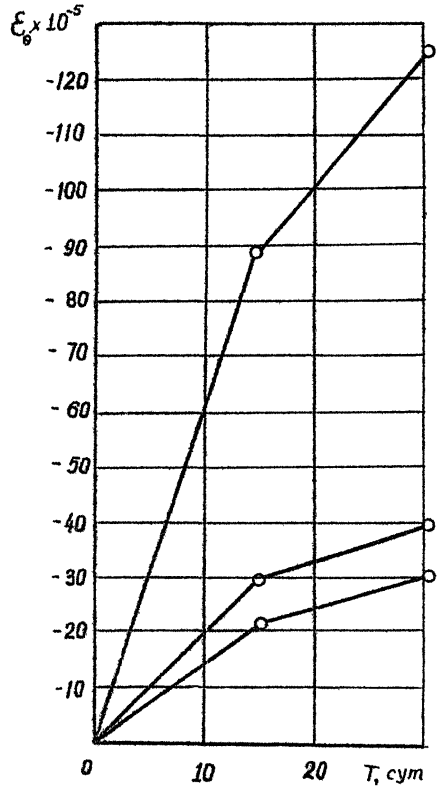


Рис. 3.2. Графики деформаций тюбингов внешней колонны в период совместной работы колонн на глубине 496 м (ствол № 2)

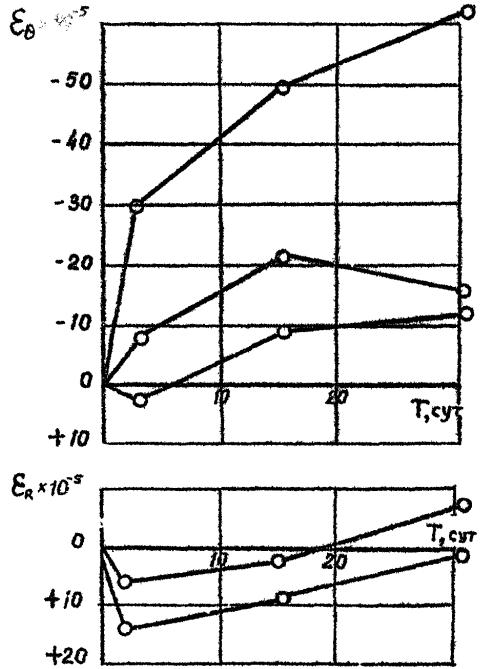


Рис. 3.3. Графики деформаций межколонного бетона на глубине 496 м (ствол № 2)

По измеренным в крепи параметрам необходимо построить графики деформаций $\varepsilon = f(t)$, давлений $P = f(t)$, температур $T = f(t)$. На рис. 3.2 – 3.4 показаны графики $\varepsilon = f(t)$ для замерной станции на глубине 496 м в стволе № 2 Яковлевского рудника.

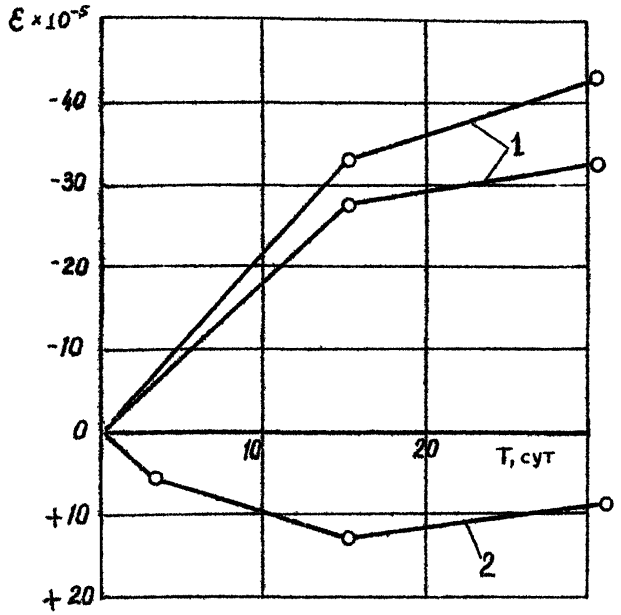


Рис. 3.4. Графики деформаций внутренней колонны на глубине 496 м (отвол № 2):
I – тангенциальные деформации ε_θ ; 2 – вертикальные деформации $\varepsilon_н$

Обработка результатов измерений по замерным базам производится следующим образом. Начальные показания по замерным базам снимаются после монтажа тюбинга в стволе, последующие – с проходческого полка или с бадьи.

В табл. 3.I приведены результаты измерения деформаций на тюбинговом кольце № 350 в стволе № 3. Средняя величина ε по трем приведенным датам составила соответственно $80{,}6 \cdot 10^{-5}$; $106{,}6 \cdot 10^{-5}$; $0{,}114 \cdot 10^{-5}$.

Таблица 3.I

Номер тюбинга	30.09.80	8.I0.80		2I.I0.80		3I.I0.80	
	начальное показание индикатора	показание индикатора	$\Delta\ell$, мм	показание индикатора	$\Delta\ell$, мм	показание индикатора	$\Delta\ell$, мм
2	2,62	2,80	0,I8	2,85	0,23	2,87	0,25
6	3,59	3,84	0,25	3,90	0,3I	3,92	0,33
7	6,44	6,68	0,24	6,77	0,33	6,80	0,36
8	I,90	2,I8	0,28	2,30	0,40	2,32	0,42
9	2,06	2,32	0,26	2,39	0,33	2,42	0,36
Средние величины	-	-	0,24	-	0,32	-	0,34

Из табл. 3.I. видно, что абсолютные деформации крепи находятся вычитанием показаний, измеренных на i -е сутки, от начальных величин, измеренных до начала нагружения крепи. Величины относительных деформаций определяются делением абсолютных деформаций на величину базы измерений, т.е. на 300 мм.

Следующий этап обработки результатов – вычисление напряжений по измеренным деформациям. Предварительно необходимо усреднить величины деформации крепи, измеренные в одном направлении, но в различных местах по периметру ствола.

Напряжения в тюбингах определяются по диаграмме $\varepsilon = f(\sigma)$, полученным на заводе-изготовителе тюбингов в результате испытания образцов из чугуна соответствующей марки. Напряжения в бетонной части крепи вычисляются с учетом объемного напряженного состояния бетона по зависимостям [8,I0]

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_\theta &= \frac{1}{E}\left[\sigma_\theta - \mu(\sigma_R + \sigma_H)\right];\\ \varepsilon_R &= \frac{1}{E}\left[\sigma_R - \mu(\sigma_\theta + \sigma_H)\right];\\ \varepsilon_H &= \frac{1}{E}\left[\sigma_H - \mu(\sigma_\theta + \sigma_R)\right]. \end{aligned}\right\} \qquad (3.3)$$

Окончательные выражения для определения напряжений в бетоне при постоянном значении $\mu_{бет} = 0,I67$ имеют вид:

$$\sigma_\theta = \frac{E}{}\left[\varepsilon_\theta + 0,25(\varepsilon_\theta + \varepsilon_R + \varepsilon_H)\right];$$

$$\left.\begin{aligned}\sigma_R &= E\left[\varepsilon_R + 0{,}25(\varepsilon_\theta + \varepsilon_R + \varepsilon_H)\right];\\ \sigma_H &= E\left[\varepsilon_H + 0{,}25(\varepsilon_\theta + \varepsilon_R + \varepsilon_H)\right].\end{aligned}\right\} \qquad (3.4)$$

Определение величин и направлений главных деформаций в горизонтальном сечении бетонной крепи производится по формуле [5]:

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{\varepsilon_\theta + \varepsilon_R}{2} \pm \sqrt{(\varepsilon_\theta - \varepsilon_{45^\circ})^2 + (\varepsilon_{45^\circ} - \varepsilon_R)^2};$$

$$tg\,2\varphi = \frac{2\varepsilon_{45^\circ} - (\varepsilon_R + \varepsilon_\theta)}{\varepsilon_\theta - \varepsilon_R}, \qquad (3.5)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – главные деформации в сечении крепи; $\varepsilon_\theta, \varepsilon_R, \varepsilon_{45^\circ}$ – измеренные деформации в крепи; φ – угол наклона главной оси деформаций к тангенциальному направлению в сечении крепи, отсчитываемый против часовой стрелки.

Величины касательных деформаций γ и напряжений τ определяются соответственно по формулам:

$$\gamma = 2\varepsilon_{45^\circ} - (\varepsilon_\theta + \varepsilon_R); \qquad \tau = G\gamma. \qquad (3.6)$$

После определения напряжений во всех слоях крепи необходимо переходить к оценке и анализу величин контактных нагрузок на крепь.

3.2. Анализ результатов натурных наблюдений

Для сравнительного анализа результатов измерений в различных элементах крепи (внешней и внутренней тюбинговых колоннах и междуколонном бетоне) необходимо определять вызвавшие их нагрузки на наружную поверхность внешней колонны.

Из теории упругости известно, что в цилиндрических оболочках при равномерном внешнем нагружении наибольшими являются тангенциальные напряжения σ_θ. Поэтому, при расчете величин контактных нагрузок на крепь по измеренным в крепи напряжениям необходимо использовать измеренные величины ε_θ.

Расчет нагрузок производится по формулам, полученным на основании общих соотношений метода расчета многослойных систем проф.Н.С. Булычева [1,2,9].

При этом для трехслойной тюбинг–бетон–тюбинговой крепи расчет ведется в два этапа. На первом этапе – по деформациям, измеренным только на внешней колонне в период ее раздельной работы, на втором-

по деформациям всех слоев в период их совместной работы

Исходными данными для расчета на первом этапе являются радиусы слоев внешней колонны R_4, R_5, R_6 (см.); размеры горизонтель - них ребер жесткости и вертикального межреберного расстояния a_5, δ_5.

Начальные радиальные нагрузки определяются по формуле

$$P_{нач} = \frac{\sigma_\theta\big|_{r=R_5}}{m_{1(2)} - K_{0(6)}\, m_{2(2)}}, \qquad (3.7)$$

где σ_θ - напряжение в спинке тюбингов внешней колонны в период ее раздельной работы, МПа; $m_{1(2)}$, $m_{2(2)}$ - коэффициенты, характеризующие геометрические параметры внешней колонны; $K_{0(6)}$ - коэффициент передачи нагрузок через спинку внешней колонны в период раздельной работы.

Второй этап расчета - совместное деформирование всех слоев крепи. Исходными данными на этом этапе являются (рис. 3.5) высота горизонтальных ребер жесткости a_1, a_3, a_5 (см); радиусы слоев крепи R_6, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6 (см); высота межреберного расстояния δ_1, δ_3, δ_5 (см); модуль упругости материалов слоев крепи $E_{чуг}$, $E_{бет}$ (МПа); коэффициенты Пуассона материалов слоев крепи $\nu_{чуг}$, $\nu_{бет}$.

Расчет контактных нагрузок на внешний контур крепи производится по напряжениям, измеренным во внешней тюбинговой колонне в период совместной работы $\sigma_\theta\big|_{r=R_4}$, в междуколонном бетоне $\sigma_\theta\big|^{бет}_{r=R_4}$, во внутренней колонне тюбингов $\sigma_\theta\big|_{r=R_3}$ по следующим формулам [I,2,9]:

$$P' = \frac{\sigma_\theta\big|_{r=R_4}}{K_{0(6)}\left[\left(1-\rho_5\frac{\delta_5}{a_5}\right)m_{1(5)} - m_{2(5)}K_{0(5)}\right]};$$

$$P'' = \frac{\sigma_\theta\big|^{бет}_{r=R_4}}{K_{0(6)}K_{0(5)}\left(m'_{1(4)} - K_{0(4)}m'_{2(4)}\right)}; \qquad (3.8)$$

$$P''' = \frac{\sigma_\theta\big|_{r=R_3}}{K_{0(6)}K_{0(5)}K_{0(4)}\left[\left(1+\beta_3\frac{\delta_3}{a_3}\right)m_{1(3)} - K_{0(3)}m_{2(3)}\right]},$$

где P', P'', P''' - соответствующие нагрузки на внешний контур крепи; $K_{0(6)}$, $K_{0(5)}$, $K_{0(4)}$, $K_{0(3)}$ - коэффициенты передачи нагрузок через 6-й, 5-й, 4-й, 3-й слой крепи (см. рис.3.5,Б); $m_{1(5)}$, $m_{2(5)}$ - коэффициенты, характеризующие геометрические параметры 5-го слоя крепи; $m'_{1(4)}$, $m'_{2(4)}$ - то же, 4-го слоя крепи; $m_{1(3)}$, $m_{2(3)}$ - то же.

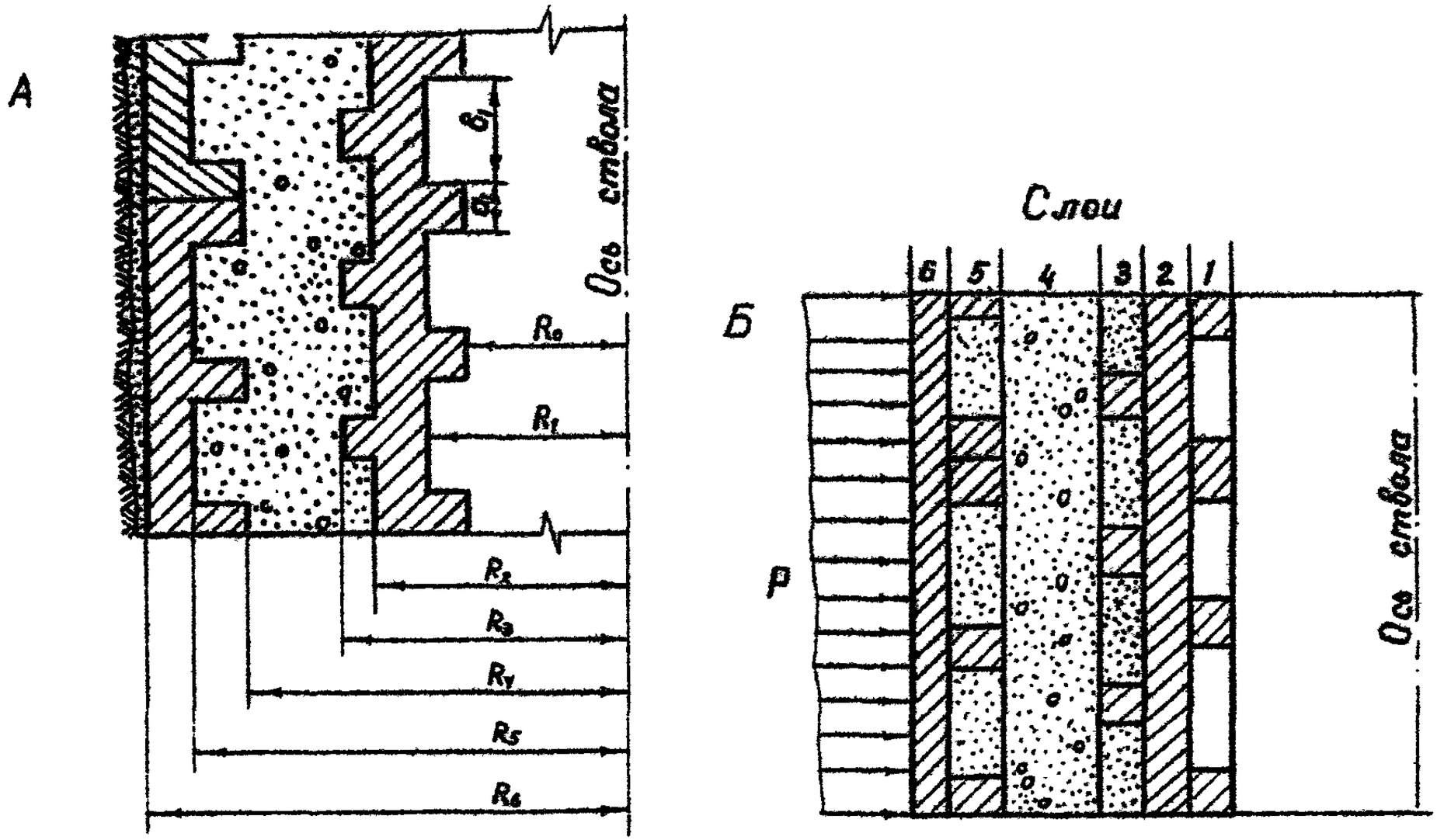


Рис. 3.5. Фактическое сечение тюбинг-бетон-тюбинговой крепи (А) и ее расчетная схема (Б)

3-го слоя крепи; ρ_3, ρ_5 - коэффициенты, характеризующие неодно - родность 3-го и 5-го слоев крепи.

Полная нагрузка на крепь представляет собой сумму начальной и основной нагрузки:

$$P_{полн} = P_{нач} + P_{осн}. \qquad (3.9)$$

Основная нагрузка $P_{осн}$ - среднеарифметическая величина нагрузок, полученная расчетом по формулам (3.8),

$$P_{осн} = \frac{P' + P'' + P'''}{3}. \qquad (3.10)$$

В табл. 3.2 приведены некоторые результаты натурных наблюдений и расчета контактных нагрузок по ним для ствола № 2 в интервалах крепления ствола трехслойной крепью.

Таблица 3.2

Глубина, м	Продолжительность наблюдений, сут	Внешняя колонна в период разделительных работ		Совместная работа всех слоев							$P_{полн}$, МПа
				Напряжения в крепи, МПа			Нагрузка на крепь, МПа				
		$\sigma_\theta\|_{r=R_4}$, МПа	$P_{нач}$, МПа	$\sigma_\theta\|_{r=R_4}$	$\sigma_\theta^{бет}\|_{r=R_4}$	$\sigma_\theta\|_{r=R_5}$	P'	P''	P'''	$P_{осн}$	
471	60	90	2,08	70	12,5	80	6,35	6,44	6,21	6,3	3,38
496	34	146	3,94	50	11,0	57	4,55	5,65	4,43	4,9	8,84
541	152	130	3,12	65	10,7	68	5,91	5,50	5,28	5,6	8,72

Полученные косвенным методом полные величины контактных нагру - зок сравниваются с величинами давлений, измеренными динамометрическими баллонами. Следует отметить, что существующие типы конструкций динамометрических баллонов при больших величинах давлений на крепь выходят из строя. Так, в стволе № 2 Яковлевского рудника динамометрические баллоны конструкций ВНИМИ зафиксировали давление 1,8 МПа. В стволе № 1 баллоны конструкции ВНИМИ зафиксировали нагрузку 3 МПа, в то время как наибольшая величина нагрузок по измерениям в крепи деформациям составила 12 МПа. Таким образом, в шахтных стволах, сооружаемых в сложных горно-геологических условиях, наиболее надежным методом проведения натурных наблюдений является измерение деформаций слоев крепи. Применение динамометрических баллонов существующих в настоящее время конструкций возможно на глубине до 300 м.

Анализ результатов измерений необходимо производить с учетом температурного режима околоствольных пород. При этом соответствующие графики нагрузок и деформаций сопоставляются с температурными графиками. Наряду с натурными наблюдениями необходимо в лабораторных условиях изучать прочностные и реологические свойства соответствующих типов замороженных пород.

При анализе результатов натурных наблюдений необходимо применять ЭВМ. В настоящее время наиболее корректной является программа РК-2, разработанная в Тульском политехническом институте. При расчете по этой программе тюбинг-бетонная крепь представляется как многослойный цилиндр, включающий периодические неоднородности (см. рис. 3.5, Б).

4. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛАХ ШАХТ

Проведение натурных наблюдений в стволах производится только на основании проекта, который должен быть утвержден в организации, выполняющей общий проект сооружения ствола, и согласован с непосредственным исполнителем работ по проходке и креплению стволов. Лица, проводящие наблюдения, должны быть ознакомлены с этим проектом, а также пройти соответствующий инструктаж по технике безопасности на шахтостроительном участке. При проведении работ по монтажу датчиков в стволе, наблюдению за смещением пород должны соблюдаться Единые правила безопасности при сооружении вертикальных выработок. Особое внимание следует обратить на момент съемки показаний по струнным датчикам с поверхности. При этом в ствол подается импульс 150В. Поэтому при заряжении шпуров в забое категорически запрещается производить снятие показаний по струнным датчикам, так как это может привести к преждевременному взрыву установленных в шпурах зарядов ВВ.

Все работы по монтажу датчиков в крепи должны выполняться шахтостроителями под непосредственным руководством представителя НИИ. Сборку тюбингов в кольцо с закрепленными на них датчиками необходимо производить таким образом, чтобы не вывести из строя сами датчики. Все монтажные провода, растянутые по периметру ствола, анкерами закрепляются к породной стенке ствола.

Лица технического надзора обязаны производить периодический осмотр клеммных щитков и при обнаружении их разрушения поставить в известность представителя НИИ для проведения восстановительных работ.

Литература

1. Булычев Н.С., Абрамсон Х.И. Крепь вертикальных стволов шахт. М., Недра, 1978, 300 с.

2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. М., Недра, 1982, 272 с.

3. Взаимодействие массивов горных пород с крепью вертикальных выработок. М., Недра, 1966, 314 с. Авт.: Г.А.Крупенников, Н.С.Булычев, А.М.Козел и др.

4. Гельман Я.Г., Бодров Б.Н. Напряженное состояние сборных тоннельных обделок метрополитена. – Сб.статей Всесоюзн.научн.исслед. института транспорт.строительства, № 31. М., 1959, с. 48-59.

5. Мищенко А.Д. Техника замораживания горных пород при проходке шахтных стволов в ПНР. Рефер. информ. о передовом опыте. Серия У , вып. 10 (136), 177. М., ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1977, с.23-27.

6. Репко А.А. Исследование напряженного и деформационного состояния глинистых пород вокруг призабойной зоны при проходке вертикальных шахтных стволов (на примере Южно-Белозерского месторождения). Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд.техн.наук. Л., ЛГИ, 1970, 24 с.

7. Общие методические положения комплексного исследования проблем горной геомеханики. – В сб.: Горное давление, сдвижение горных пород и методика маркшейдерских работ, вып. 81. Л., ВНИМИ, 1970, 334 с.

8. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. М., Высшая школа, 1970, с.288.

9. Сергеев С.В. Исследование работы крепи вертикальных стволов шахт в сложных горно-геологических условиях (на примере стволов Яковлевского рудника КМА). Автореф. дисс. на соиск. уч.степ. канд. техн. наук. Л., ЛГИ, 1981, 26 с.

10. Тимошенко С.П., Гере Д.Ж. Механика материалов. М., Мир, 1976, 670 с.

ФОРМА ЖУРНАЛА НАБЛЮДЕНИЙ

Номер группы	Расположение датчиков в кровле		Номер датчика	Номер жилы	Начальные показания			Вторичные показания				Показания			
	слой	направление измерения деформаций			ИЩ, мкс	f, кГц	ε, х 10^{-5}	ИЩ, мкс	f, кГц	ε_i, х 10^{-5}	$\Delta\varepsilon_i$, х10^{-5}	ИЩ, мкс	f, кГц	ε_i, х10^{-5}	$\Delta\varepsilon$, х10^{-5}

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Общие положения 3

I. Наблюдения за сдвижениями околоствольных пород в процессе проходки 4

I.I. Измерение величины конвергенции стенок ствола, вызванной разрушением пород взрывом 5

I.2. Наблюдения за смещениями породных стенок ствола в процессе проходки 7

I.3. Наблюдения за смещением пород в забое ствола 8

2. Сооружение замерных станций в стволе и проведение наблюдений 9

2.I. Размещение датчиков в крепи ствола 9

2.2. Основные технические характеристики применяемых приборов и аппаратуры I3

2.3. Монтаж измерительной сети в лабораторных условиях . I7

2.4. Установка замерной станции в стволе I9

2.5. Проведение наблюдений на замерных станциях 2I

3. Методы обработки и анализа результатов наблюдений . . . 22

3.I. Обработка результатов наблюдений 22

3.2. Анализ результатов натурных наблюдений 28

4. Меры безопасности при проведении натурных наблюдений в вертикальных стволах шахт 32

Литература 33

Приложение 34

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В СТВОЛАХ,
СООРУЖАЕМЫХ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Научный редактор канд. техн. наук Ю.А.Лаухин
Литературный редактор М.П. Елинсон
Технический редактор А.Г.Воронцова
Корректор М.П. Елинсон

Подписано к печати 7 мая 1985 г.
Объем 1,9 уч.-изд.л. Тираж 190 экз. Заказ № 450.
Ротапринт НИИГЕМ, Белгород, Б.Хмельницкого, 86.
Цена 29 коп.

gost.e-ecolog.ru