Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.ЖIУ, вып. 1, 1974 г.

МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВЛИЯНИЕМ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Г.Г.Мирзаев, В.И.Вихарев, В.Я.Бриль

Практика показывает, что в рудных шахтах, где для отбойки полезного ископаемого применяются массовые взрывы, поддержание горных выработок вызывает значительные трудности, которые с увеличением глубины разработки возрастают.

Исследования показали [1], что в результате взрыва в очистной камере заряда ВВ, рассредоточенного между отдельными группами скважин, в массиве пород распространяются волны напряжений с интервалами, примерно равными времени принятых замедлений взрывания. Каждая волна, достигнув контура выработки (свободной поверхности), отражается от него в виде волны растяжения. Таким образом, породы контура выработок, кроме статических напряжений, обуславленных весом вышележащих пород, подвергаются действию динамических, вызванных действием прямой волны сжатия и отраженной волны растяжения. Если суммарное значение этих напряжений больше пределов прочности данных пород, они разрушаются. Одновременно с этим в результате действия на свободную поверхность прямой и отраженной волн вдоль выработок распространяются поверхностные волны (волны Реллея). Эти волны деформируют породы и приводят в колебательное движение разрушенную часть контура выработки, создавая при этом динамическую нагрузку на крепь. Таким образом, в результате взрыва заряда ВВ в породах на контуре выработок возникают пульсирующие растягивающие и сжимающие напряжения.

Установлено, что устойчивость горных выработок зависит от большого числа факторов, основными из которых являются физико-механические свойства пород и руд, вес и конструкция зарядов, расположение выработки в пространстве по отношению к элементам залегания рудного тела и эпицентра взрыва, вид и конструкция крепи и глубина разработки. Многообразие факторов усложняет расчеты размеров сейсмически опасных зон и допустимой (безопасной) максимальной величины заряда для взрыва в очистных камерах, которые в настоящее время определяются на основании специальных шахтных исследований.

Авторами разработана и в условиях Текелийского рудника опробована методика наблюдений за влиянием массовых взрывов с помощью специальных постоянно действующих сейсмических станций. Места их установки выбираются в выработках с различными горногеологическими условиями, причем там, где влияние массовых взрывов еще не проявлялось. В нарезных выработках такие станции целесообразно устанавливать сразу после проходки, а

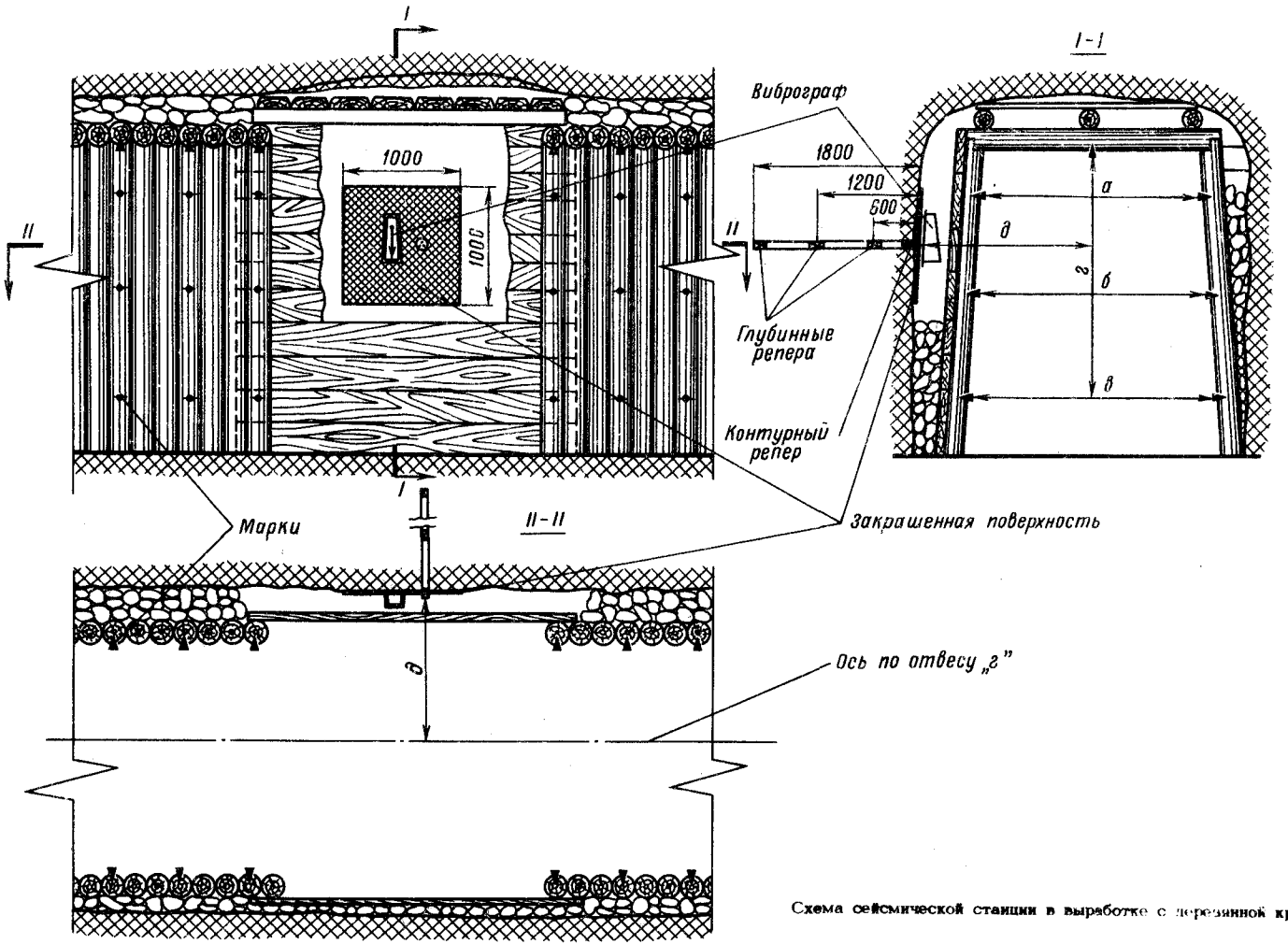


Схема сейсмической станции в выработке с деревянной крепью

в откаточных перед сдачей горизонта в эксплуатацию. Организация систематических наблюдений позволяет получить данные, характеризующие изменение устойчивости выработок по мере развития и затухания влияния очистных работ в районе сейсмической станции.

Каждая станция представляет собой участок выработки протяженностью 8–10 м, в средней части которого оборудуется наблюдательный пост. На всем участке станции через 0,5–1,0 м фиксируются изменения поперечного сечения выработки. Для этого на поверхности крепи наносятся маркшейдерские точки или устанавливаются марки, между которыми до и после массового взрыва снимаются замеры (рисунок). Эти замеры характеризуют механизм деформаций крепи в результате влияния большого числа взрывов.

В центре сейсмической станции, на боковой поверхности контура выработки со стороны очистных камер, выделяется наблюдательная площадка размером 100х100 см. В момент установки станции в пределах наблюдательной площадки фиксируются трещиноватость; углы падения, азимут простирания, модуль (количество трещин приходящихся на единицу длины), величина раскрытия, степень и материал минерализации трещин. Общее число измерений элементов трещин должно быть не менее 15–20, а при большом разбросе данных 30–40.

После зарисовки картины трещиноватости пород наблюдательная площадка покрывается тонким слоем краски, после высыхания которой на закрашенной поверхности получается тонкая хрупкая пленка.

Наличие такой пленки позволяет быстро обнаружить вновь появившуюся трещину или зафиксировать увеличение раскрытия старой. В период работы сейсмической станции до и после каждого взрыва зарисовывается только картина трещиноватости, возникшая на закрашенной поверхности.

Результаты изучения трещиноватости непосредственно на обнаженном контуре выработки, не могут дать полного представления о характере развития трещиноватости в массиве пород, окружающем выработку. Для получения необходимых сведений в центре наблюдательной площадки бурится скважина, в которой устанавливаются три глубинных репера и в устье регистрирующая обойма, включающая в себя три индикатора часового типа, связанные металлическими стержнями (диаметр 4–5 мм) с глубинными реперами. Индикаторы снабжаются специальными приборами, позволяющими фиксировать максимальные величины относительных смещений реперов в момент взрыва. Разница отсчетов по индикаторам, снятых до и после взрыва, характеризует смещение глубинных реперов относительно контура выработки. Для получения истинных смещений одновременно измеряется расстояние от регистрирующей обоймы до центра выработки d (рисунок).

Данные, полученные с помощью глубинных реперов, дают представление о размерах зоны неупругих деформаций и динамике ее развития в результате влияния многократных массовых взрывов.

Для получения представлений о характере изменения напряженного состояния окружающего выработку горного массива в пределах наблюдательной площадки бурится вторая скважина, в которой устанавливаются специальные деформометры [2]. Деформометры устанавливаются на таких же расстояниях от контура выработки, как и глубинные реперы, что позволяет при обработке результатов измерений увязать данные, характеризующие напря -

женное состояние породного массива, с величиной смещений глубинных реперов. Показания деформометров снимаются до и после взрыва, что дает возможность получить сведения об изменениях, которые происходят в окружающем выработку горном массиве в момент взрыва. При необходимости показания деформометров в момент взрыва могут быть записаны с помощью соответствующей электронной аппаратуры и осциллографа.

Кроме указанных приборов, в пределах наблюдательной площадки устанавливается механический виброграф, показания которого регистрируются на специальном планшете. Виброграф фиксирует максимальную величину и направление смещений породного контура в момент взрыва. Обработка этих данных совместно с результатами других измерений позволяет оценить характер влияния массового взрыва на устойчивость выработок, определить размеры сейсмически опасных зон, а также величину допустимого заряда.

Для защиты наблюдательной площадки и установленных приборов от случайных повреждений их закрывают деревянной затяжкой или специальными сборными щитами. При снятии замеров затяжка разбирается.

В момент установки сейсмической станции отбираются пробы пород для определения их физико-механических свойств: удельного и объемного весов, скорости распространения упругих волн, прочности на одноосное сжатие (можно на образцах неправильной формы), контактной прочности. Кроме того, необходимо произвести петрографические исследования: определить структуру пород, их вещественный состав, форму и размеры отдельных зерен и микротрещиноватость.

В выработках Текелийского рудника было установлено более 50 постоянно действующих сейсмических станций, которые зарегистрировали влияние более 200 массовых взрывов. На каждой станции за весь рабочий период произведено более 10000 отсчетов, а на всех станциях рудника более 500000. Результат воздействия каждого взрыва зависит от большого числа горнотехнических и геологических факторов, поэтому для получения окончательных результатов необходимо применять методы математической статистики [3,4] с использованием электронно-вычислительной машины.

Результаты измерений целесообразно обрабатывать по этапам. На первом этапе для каждой сейсмической станции заполняется специальный журнал, в который заносятся все данные о выработке: дата проходки, расположение в пространстве по отношению к элементам залегания рудного тела, вид крепи, размеры поперечного сечения, геологический разрез, глубина заложения, физико-механические и петрографические данные пород, результаты измерений и данные о каждом взрыве (дата, общий вес заряда, количество и вес отдельных зарядов, взрываемых с миллисекундными замедлениями, расстояние от сейсмической станции до эпицентра взрыва, число предшествующих взрывов, вид и мощность ВВ, выкопировка из плана горных работ, составленного на момент взрыва).

На втором этапе выявляются наиболее существенные качественные и количественные факторы, которые влияют на результат измерений. К качественным относятся количественно-неопределимые факторы, например, расположение выработки по простиранию или вкрест простирания, вид крепи и т.п. К количественным относятся факторы, которые могут характеризоваться определенным числом, например, расстояние от эпицентра взрыва, вес заряда, глубина зало-

жения выработки и т.п.

Каждый фактор в свою очередь разбивается на классы. Качественные обычно делятся на два класса, реже на три и более.

Классы качественных и количественных факторов, которые влияют на результат показаний приборов сейсмических станций, для Текелийского рудника

Фактор	Деление факторов на классы				
	I	II	III	IУ	У
К а ч е с т в е н н ы е ф а к т о р ы					
Расположение выработки относительно элементов залегания горных пород	По простиранию	Вкрест простирания			
Период службы горных выработок	До ввода горизонта в эксплуатацию	Эксплуатация горизонта	С момента ввода в эксплуатацию нижележащего горизонта		
Вид крепи	Металлическая арочная податливая	Сплошная деревянная	Железобетонная	Железобетонная штанговая с торкретированием кровли и боков	Без крепи
Категории устойчивости пород	Известняк, пиритовые руды, кварцевый сланец. Предел прочности на сжатие σ = =900–2800 кг/см^2. Модуль трещиноватости 5–15	Крупнообломочный крупно- и среднеслоистый углисто-глинистый сланец. σ = 600–1200 Модуль 10–30	Тонкослоистый углисто-глинистый сланец, σ =250–800 кг/см^2. Модуль 25–45	Углисто-глинистый сланец с большим содержанием углистого вещества. σ = 2–200 кг/см^2. Модуль 40–60	
К о л и ч е с т в е н н ы е ф а к т о р ы					
Размер площади поперечного сечения, м^2	4,6	5,2	6,0	7,2	11,2
Глубина заложения выработок горизонтов, 7–11, м	420	470	520	570	620
Число взрывов n до момента наблюдений	$0 \leq n \leq 100$	$101 \leq n \leq 250$	$251 \leq n \leq 500$	$500 \leq n \leq 1000$	$1001 \leq n$ и более
Вес заряда q, кг	$0 \leq q \leq 300$	$301 \leq q \leq 500$	$501 \leq q \leq 750$	$751 \leq q \leq 1000$	$1001 \leq q$ и более
Расстояние от эпицентра взрыва до сейсмической станции r, м	$0 \leq r \leq 50$	$51 \leq r \leq 100$	$101 \leq r \leq 150$	$151 \leq r \leq 200$	$201 \leq r \leq 350$

Количественные факторы обычно делятся на большее число классов, в каждый из которых попадают значения, лежащие в некотором условно выделенном диапазоне (таблица). Число классов, на которые делятся количественные факторы, зависит от требуемой точности. Для повышения надежности результатов необходимо увеличивать количество измерений на сейсмических станциях, а также число станций. Если объем измерений не изменяется, то увеличение числа классов уменьшает количество соответствующих измерений, от-

носящихся к данному классу, а следовательно, и надежность результатов обработки. При делении каждого количественного фактора на классы следует принимать во внимание, что с увеличением числа классов резко возрастает объем вычислительных работ.

Третьим этапом обработки материалов наблюдений является работа по составлению первичных таблиц, которые объединяют группу результатов, выделенных согласно качественным и количественным факторам. По результатам измерений, попавшим в первичную таблицу, определяется среднее их значение и оценивается достоверность.

Четвертым, заключительным, этапом обработки является получение экспери - ментальных зависимостей, характеризующих степень устойчивости выработки при различных горнотехнических и геологических условиях. Для удобства использования полученных эмпирических зависимостей при решении практических задач основные из них объединяются в номограммы.

В результате проведенных по изложенной выше методике исследований на Текелийском руднике были установлены размеры сейсмически опасных зон, сделаны рекомендации по определению максимально допустимого веса заряда для взрыва с одним замедлением. Полученные результаты исследований используются также при решении вопросов по выбору мест заложения откаточных выработок и способов их поддержания.

Литература

1. Мирзаев Г.Г. Устойчивость откаточных выработок, подверженных влиянию массовых взрывов. Горный журнал, 1968, № 8.

2. Мирзаев Г.Г., Кораблев Г.А. Методика изучения напряженного состояния в массиве горных пород и в конструкциях. Материалы к симпозиуму "Экспериментальные исследования инженерных сооружений", вып. П, 1965.

3. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. "Недра", 1971.

4. Смирнов Н.В., Белугин Д.А. Теория вероятностей и математическая статистика в приложении к геодезии.