Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LI, вып. 3, 1970 г.

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

А. Н. Ханукаев, В. П. Беляцкий, Г. М. Вестерман, Е. В. Жилкина, А. А. Ионин

Проблема исследования физических явлений при взрыве в настоящее время очень актуальна. Некоторые процессы при взрыве имеют настолько малые длительности, что зафиксировать их способна лишь электронная техника. Наличие у некоторых кристаллов, а также у всех сегнетоэлектриков ярко выраженного пьезоэффекта позволяет разработать малоинерционные методы измерения давлений, в том числе давления ударной волны. Пьезоэлектрические датчики использовались для изучения ударных волн как у нас, так и за рубежом [1—6].

Применяемая в Ленинградском горном институте методика измерения построена на сравнении двух импульсов, амплитуда одного известна. Осциллограммы расшифровываются по формуле

$$P = \frac{C_м U_к}{r} \frac{l_с}{l_к}, \qquad (1)$$

где P — измеряемое давление, *атм*; $C_м$ — масштабная емкость, *пф*; $U_к$ — амплитуда калибровочного импульса, *в*; $l_с$, $l_к$ — амплитуды рабочего сигнала и калибровочного импульса на экране осциллографа, *мм*; r — чувствительность датчика, *пф в/атм*.

Амплитуды $l_с$ и $l_к$ измеряются по фотопленке; r — известна; $C_м$ и $U_к$ устанавливаются при настройке аппаратуры.

Методика отличается простотой расчетных формул, возможностью определения по одной осциллограмме всех параметров ударной волны: давления; длительности «положительной фазы» (по меткам времени); смещений в виде интеграла

$$W = \int_0^{t=\tau_n} v dt, \ см$$

(t — время между появлением импульсов на экране осциллографа; τ_n — длительность положительной фазы, *сек*; v — скорость смещения, *см/сек*); удельного импульса силы ударной волны в виде интеграла

$$J = \int_0^{t=\tau_n} P dt; \ кГ \ сек/см^2;$$

удельной энергии

$$E_{уд} = \frac{\gamma}{g} N \int_0^{t=\tau_n} v^2 dt, \ кГ \ см/см^2$$

(γ — объемный вес, *г/см*^{3}; N — скорость ударной волны, *см/сек*);

полной энергии ударной волны

$$E_п = E_{уд} S, \ кГ \ см$$

(S — поверхность сферы в точке, где измеряются параметры ударной волны, *см*^{2}).

Скорости смещения вычисляются из соотношения

$$P = \frac{\gamma}{g} Nv, \ г/см^2,$$

$$v = \frac{Pg}{N\gamma}, \ см/сек,$$

скорость ударной волны определяется отношением

$$N = \frac{a}{t},$$

где a — расстояние между датчиками.

При такой методике приближенная величина ожидаемого давления должна быть известна до начала измерений. Это и является недостатком метода.

Влияние свойств горных пород, типа взрывчатого вещества и формы зарядов на параметры ударной волны изучали на аппаратуре, показанной на рис. 1. Она может быть использована многократно, отличается безынерционностью, широким пределом измерений, простотой регистрирующего тракта,

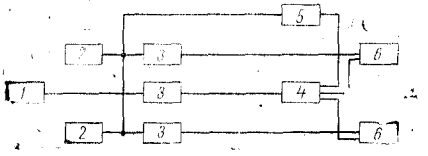


Рис. 1. Блок-схема электронной системы для измерения параметров ударной волны:

1 — датчик-упредитель; *2* — рабочий датчик; *3* — катодный повторитель; *4* — формирующее устройство пусковых сигналов (ФУПС); *5* — генератор калиброванного импульса (ГКИ); *6* — осциллограф

блочностью конструкции. Но при эксплуатации турмалиновые пьезодатчики чувствительны к механическим воздействиям, хрупки, не выдерживают давления, превышающего допустимое для данного датчика. Кроме того, уменьшение сопротивления утечки датчика приводит к нарушению работы катодного повторителя и, следовательно, всей системы. Возможен запуск осциллографа не от пускового сигнала, а от какой-нибудь помехи из-за высокой чувствительности ФУПСа, снизить которую трудно из-за малой величины полезного сигнала. Размеры комплекса аппаратуры значительны, что нежелательно в условиях работы шахт или карьеров.

Выпускаемые нашей промышленностью осциллографы не решают задачи измерения параметров ударной волны. Требуется создать полностью автоматизированный и удобный в работе комплекс аппаратуры и в первую очередь разработать новые пьезодатчики и электронный осциллограф.

Осциллограф, предназначаемый для измерения параметров ударной волны (рис. 2), должен иметь два канала и в каждом из них усилитель вертикального отклонения, который должен усиливать без искажений сигнал прямоугольной формы с длительностью от 10 до 300 *мксек*. Минимальный входной сигнал равен 100 *мв*. Усилитель должен иметь входной аттенюатор и плавную регулировку усиления; входное сопротивление усилителей не должно превышать 300 *ом*. Кроме того, осцилло-

граф должен иметь однократную развертку и генератор меток времени. Длительность развертки должна изменяться в пределах от 0,2 до 30 *мсек*; метки должны накладываться с частотами 1, 2, 10, 20 и 200 *кгц* в виде небольших импульсов малой длительности. Вес осциллографа должен быть минимальным. Запускается он внешним пусковым сигналом положительной полярности.

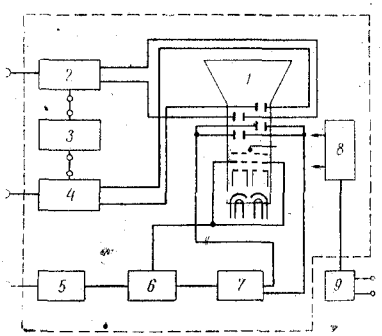


Рис. 2. Блок-схема осциллографа:
1 — электронолучевая трубка; *2* — усилитель первого канала; *3* — генератор меток времени; *4* — усилитель второго канала; *5* — каскад внешнего запуска; *6* — генератор импульса подсвета; *7* — генератор развертки; *8* — высоковольтный выпрямитель; *9* — блок питания

В лаборатории разрушения горных пород действием взрыва освоена технология изготовления сферических датчиков давления на основе текстуры из смеси титаната бария и эпоксидной смолы. Технология их изготовления значительно проще, чем кристаллических датчиков и датчиков из чистой керамики $BaTiO_3$.

Предлагаемые датчики можно изготовить с заданной чувствительностью, повышенным качеством записи импульса давления и механически прочные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мосинец В. Н. Энергетические и корреляционные связи процесса разрушения пород взрывом. Изд-во АН Киргизской ССР, 1963.
2. Нестерихин Ю. Е., Солоухин Р. И. Методы скоростных измерений в газодинамике и физике плазмы. Изд-во «Наука», 1967.
3. Ханукаев А. Н. Энергия волн напряжений при разрушении пород взрывом. Госгортехиздат, 1962.
4. Berets D. J., Greene E. F., Kistiakowsky G. B. J. Amer. chem. Soc., v. 72, 1950.
5. Mooradian A. J., Cordon W. E. J. Chem. Phys., v. 19, issue 9, 1951.
6. Turetric W. Problem des Detonation. Berlin, 1941.