

622.831.327

Мальшин Анатолий Александрович, доцент, к. т. н, доцент
Массов Иван Константинович, студент
(КузГТУ, г. Кемерово)

Malshin Anatoly Aleksandrovich, associate Professor,
candidate of technical science, associate Professor
Massov Ivan Konstantinovich, student
(KuzSTU, Kemerovo)

**УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ТЕЛ МЕТОДОМ
ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**INSTALLATION FOR STUDY PARAMETERS ROCK BREAKING
PARTICLES USING PULSED ELECTROMAGNETIC RADIATION**

Процессы релаксации напряженного состояния горных пород (релаксация энергии напряженного состояния), к которым можно отнести любые динамические явления - выбросы, горные удары и прочее – в общем случае могут быть представлены простейшей двухуровневой схемой, состоящей из возбужденного высокоэнергетического (напряженного) состояния и релаксированного (низкоэнергетического) состояния. Возбужденное состояние массива горных пород создается воздействием различных факторов: механическим давлением, наличием газовой и жидкой фазы, электрическими полями, неоднородностью состава и т.д. В результате различных динамических (релаксационных) процессов система (массив) переходит в энергетически более выгодное релаксированное состояние. Переход сопровождается освобождением и трансформацией энергии. При этом возникает электромагнитное излучение горных пород, которое регистрируют в очень широком диапазоне частот от радио- ($10^3 - 10^8$ Гц) до светового излучения ($10^{14} - 10^{18}$ Гц) [1, 2].

Изучение процесса разрушения твёрдых тел требует одновременного исследования как макроскопических факторов (например, деформация или разрушение, внешние условия) так и микроскопических явлений, где формируются начальные очаги разрушения.

Физической основой метода ИЭМИ является генерация электромагнитного импульса, обусловленного возникновением заряда на образующейся при разрушении поверхности микротрещины и механизмы его дальнейшей релаксации. При этом временная зависимость генерируемого импульса отражает временную зависимость скорости движения трещины

[3]. Следовательно, случайный процесс - поток электромагнитных импульсов отражает статистику накопления возникающих в процессе разрушения материалов элементарных повреждений - микротрещин, а параметры временной зависимости отдельных импульсов (амплитуда, длительность, форма) несут информацию о размерах и характере движения отдельных трещин.

Целью данной работы было создание установки для автоматической регистрации импульсного электромагнитного излучения (ИЭМИ) при разрушении исследуемого образца с дальнейшей возможностью обработки базы экспериментальных данных на персональном компьютере.

Измерение импульсов электромагнитной эмиссии проводилось на лабораторной установке, блок схема которой приведена на рис. 1.

В качестве нагружающего устройства использовался пресс КСИМ-40, предназначенный для комплексного определения прочностных и деформационных характеристик горных пород. ЭМИ в радио-диапазоне измерялось с помощью приемной аппаратуры, состоящей из антенны, самостоятельно разработанного предварительного высокочастотного усилителя (рис. 2, 3) при этом проводилась оцифровка сигнала с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) E2-10 с передачей данных в компьютер и записи параметров ЭМИ в электронных таблицах Excel.

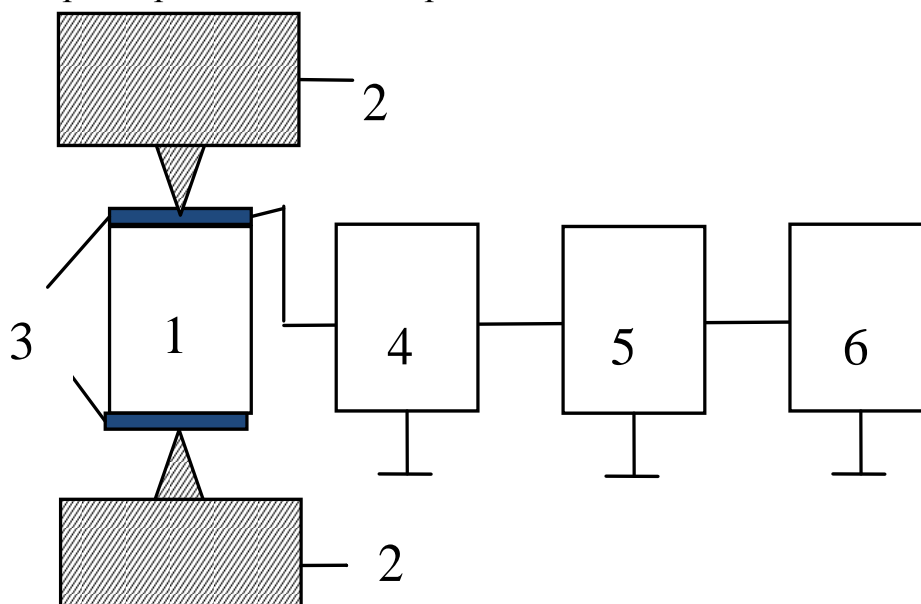


Рис. 1. Блок-схема установки: 1 - образец; 2 – пресс; 3 - антенны; 4 - усилитель; 5 - АЦП; 6 - компьютер

Предварительный усилитель собран из тех частей:

1. Буферный усилитель на основе процессора AD8065, имеет полосу пропускания 154 МГц, входное сопротивление 1 МОм, переменная входная емкость от 5 до 20 пФ, коэффициент усиления 1,5-2,0 (рис.2).

2. Усилитель на основе процессора AD8000, имеет высокий коэффициент усиления в пределах от 1 до 1000, полоса пропускания 1,5 ГГц (рис. 3).

3. RC фильтр с однофазным выходом 50 Ом (для стыковки с E20-10).

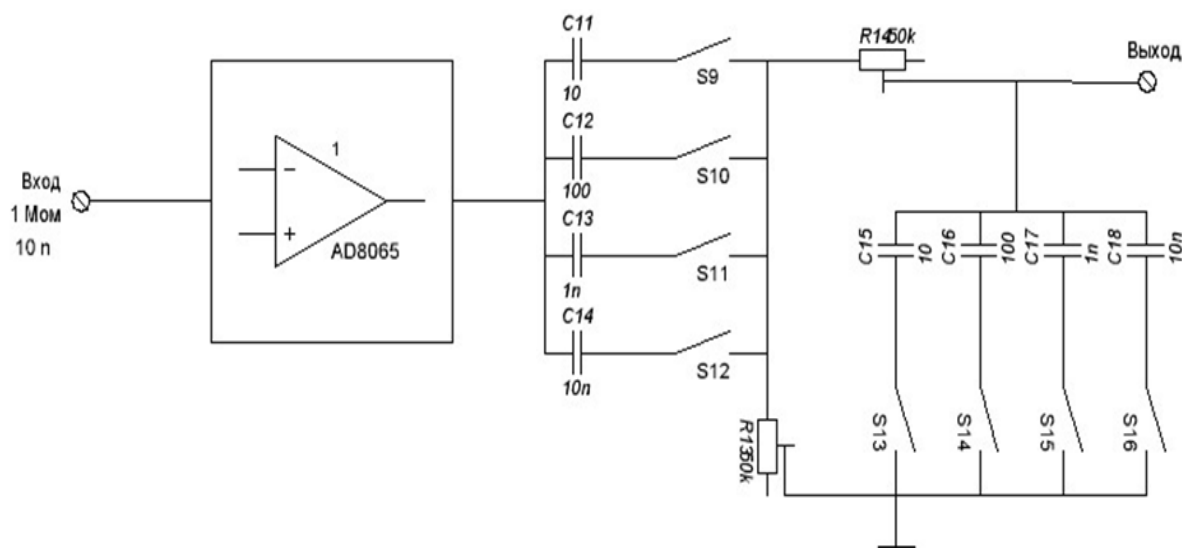


Рис. 2. Блок-схема буферного усилителя на основе процессора AD8065

Сигнал от антенны приходит на операционный усилитель AD8065, который имеет на входе транзистор с большим входным сопротивлением. Далее сигнал идёт на операционный усилитель AD8000. AD8000 имеет высокое быстродействие, что удобно регулировать коэффициент усиления. Далее сигнал проходит через RC фильтр. RC фильтр нужен для того чтобы убирать помехи сигнала. Фильтр нижних частот (ФНЧ) - электрическая цепь, эффективно пропускающая частотный спектр сигнала ниже определённой частоты, называемой частотой среза, и подавляющая сигнал выше этой частоты. Фильтр высших частот (ФВЧ) - электрическая цепь, эффективно пропускающая частотный спектр сигнала выше частоты среза, и подавляющая сигнал ниже этой частоты.

На данной установке, возможно, равномерно деформировать образцы путем одноосного сжатия вплоть до разрушения исследуемых образцов. Регистрировать величину нагрузки и деформации, регистрировать форму сигнала импульсов ЭМИ, сопровождающих разрушение образцов. Регистрировать общее число импульсов и определять их амплитудно-временные параметры в исследуемых образцах горных пород [4].

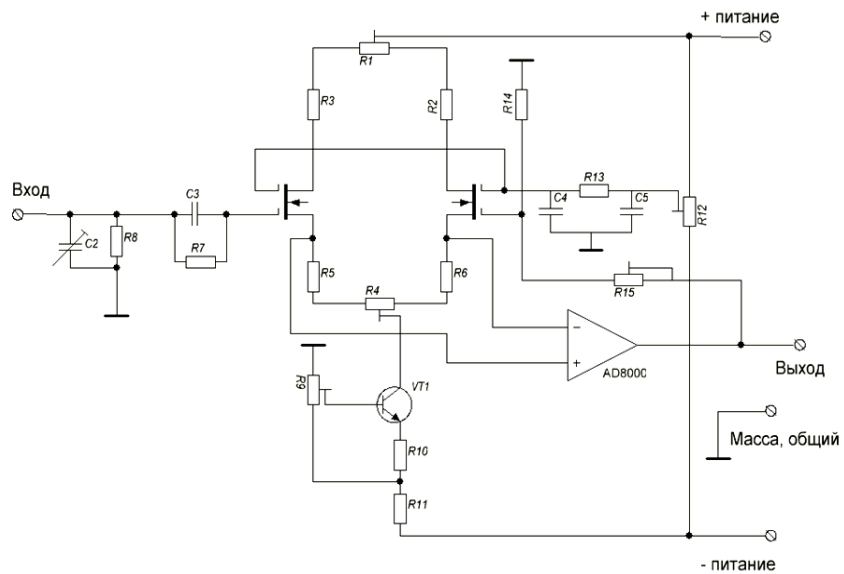


Рис. 3. Блок-схема усилителя на основе процессора AD8000

Методика изучения кинетики накопления трещин, включает экспериментальное измерение параметров ИЭМИ в режиме механического деформирования образцов, физико-химический анализ структуры пород и статистический корреляционный анализ полученного массива данных.

На рис 4 представлены результаты измерений количества импульсов

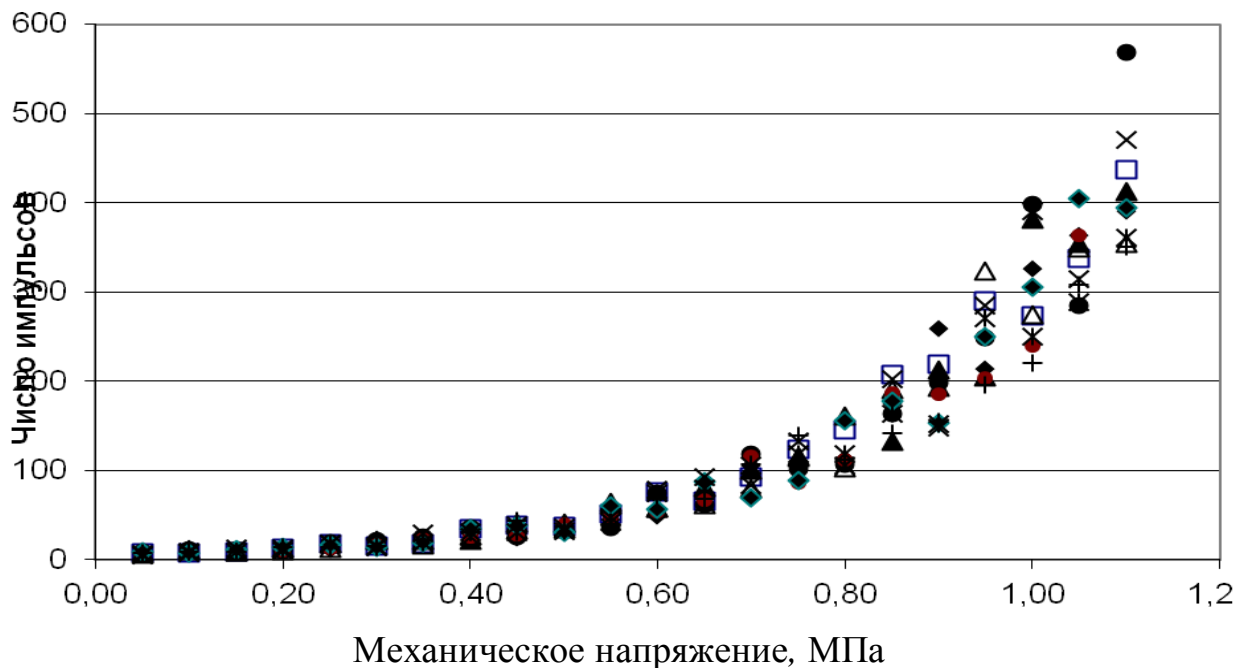


Рис. 4. Зависимость числа импульсов от механического напряжения

в зависимости от приложенной нагрузки для песчаника. Конец каждой кривой соответствует разрушению образца. Однако количество импульсов и характер выделения их для различных пород неодинаковы. Кинетика выделения импульсов является характеристикой процесса разрушения горных пород разного состава.

Список литературы

1. Алексеев, Д.В., П.В. Егоров, В.В. Иванов, А.А. Мальшин and А.Г. Пимонов, 1993. Херстовская статистика временной зависимости электромагнитной эмиссии при нагружении горных пород. Физико-техн. пробл. разработки полез. ископаемых, 5: 45-49.
2. Kazunina, G. A. and A. A. Mal'shin, 2008. Study of the kinetics of damage accumulation in loaded materials based on impulse electromagnetic and photon emission Russian Physics Journal, Springer New York, .52 (6): 598-601.
3. В.В. Дырдин, А.А. Мальшин, Т.И. Янина 2010. О характеристиках электромагнитного излучения при деформировании и разрушении твёрдых тел. Вестник КузГТУ. – 2010. – № 1. – С. 22–24.
4. А.С. Дочкин, А.А. Мальшин, 2015. Определение стадий деформационного разрушения горных пород по данным электромагнитного излучения. Вестник КузГТУ. – 2015. – № 5. – С. 15–18.