

И. М. Сердюк^{1,2}, С. В. Сердюков¹, К. А. Райко^{1,2}*

Исследование акустической эмиссии при трехосном испытании дисперсных грунтов

¹ Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация

² Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,
Российская Федерация

*e-mail: ken04588@gmail.com

Аннотация. Проблема контроля нелинейных процессов при нагружении дисперсных грунтов является актуальной для промышленного и гражданского строительства. Один из способов для контроля является регистрация акустической эмиссии, которая возникает в результате перестройки среды. Был разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий производить регистрацию акустической эмиссии при проведении испытаний дисперсных грунтов методом трехосного сжатия. Выполнены тестовые эксперименты для апробации созданного комплекса. В качестве образцов для эксперимента выступал просеянный песок, давление обжима составляло от 10 до 500 кПа. Была установлена взаимосвязь между нагружением образца и регистрируемой мощностью АЭ.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, пески, трехосное сжатие

I. M. Serdyuk^{1,2}, S. V. Serdyukov¹, K. A. Rayko^{1,2}*

Investigation of acoustic emission during triaxial testing of dispersed soils

¹ Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

* e-mail: ken04588@gmail.com

Annotation. The problem of controlling nonlinear processes during loading of dispersed soils is relevant for industrial and civil construction. One of the methods for monitoring is the registration of acoustic emission, which occurs as a result of the restructuring of the environment. A hardware and software complex has been developed that allows recording acoustic emissions during testing of dispersed soils using the triaxial compression method. Test experiments were performed to test the created complex. The samples for the experiment were sifted sand, the crimping pressure ranged from 10 to 500 kPa. The relationship between the loading of the sample and the recorded AE power was established.

Keywords: acoustic emission, sands, triaxial compression

Введение

Основными параметрами, регистрируемыми при моделировании разрушения рыхлых пород, являются (осевое) эффективное сжатие цилиндрического образца, его боковое обжатие, девиатор напряжений, поровое давление, вертикальная (осевая) и объемная деформация [1, 2]. Указанных параметров достаточно

для контроля процесса накопления упругой энергии деформации породного образца. Для оценки влияния нелинейных процессов при разрушении пород дополнительно используют тепловой и акустический мониторинг. Акустическая эмиссия (АЭ) возникает вследствие динамической локальной перестройки структуры среды [3], образования и накопления в деформируемом образце дислокаций, его разрушения. Наличие связей между параметрами источников акустического излучения и характеристиками генерируемых ими сигналов является основой для использования АЭ при неразрушающем контроле сред [4]. Для регистрации и обработки сигналов акустической эмиссии существуют несколько подходов. Это наблюдение полной волновой формы акустических колебаний в широком диапазоне частот, метод подсчета всплесков излучения (импульсов), превышающих заданный амплитудный порог, параллельный анализ – метод регистрации интегральных характеристик (например, средней мощности) излучения в заданных частотных диапазонах, с усреднением по временным отрезкам. Для мониторинга энергии акустического излучения при моделировании разрушения образцов рыхлых пород нами был выбран последний подход ввиду того, что объем регистрируемой и обрабатываемой информации на порядок ниже, чем при изучении полной волновой формы сигнала. Данная работа посвящена разработке технических средств исследования АЭ при испытании дисперсных грунтов методом трехосного сжатия.

Методы и материалы

Испытания дисперсных грунтов методом трехосного сжатия в институте горного дела СО РАН проводят на установке НПП Геотек ГТ 1.3.5, для исследования АЭ в ходе проведения работ был разработан дополнительный блок, который включает в себя акустические пьезокерамические преобразователи, датчик силы и датчик линейных перемещений. В основе регистрирующей аппаратуры лежит крейт и 16-ти разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с быстродействием до 1.25 миллионов отсчетов в секунду производства National Instruments. С учетом 4-х задействованных каналов, это позволяет довести частоту дискретизации данных до 310 кГц, что соответствует полосе пропускания сигналов 0-155 кГц. Этого достаточно, чтобы перекрыть частотный диапазон измерений используемых акустических преобразователей. Управление системой сбора данных выполняет виртуальный прибор, созданный в программной среде LabView, на рисунке 1 показан основной функционал этого прибора.

Для реализации подхода по изучению АЭ была произведена разбивка каждого акустического канала на 10 параллельно соединённых виртуальных суб-приборов, которые на входе получают общую мощность входного сигнала в пределах заданного диапазона частот. После чего происходит оценка текущей плотности энергии акустического излучения в точке приема по зарегистрированным данным, однако для общей оценки энергии АЭ необходимо суммировать полученные плотности по частотным полосам и интегрировать по времени длительности акустического процесса.

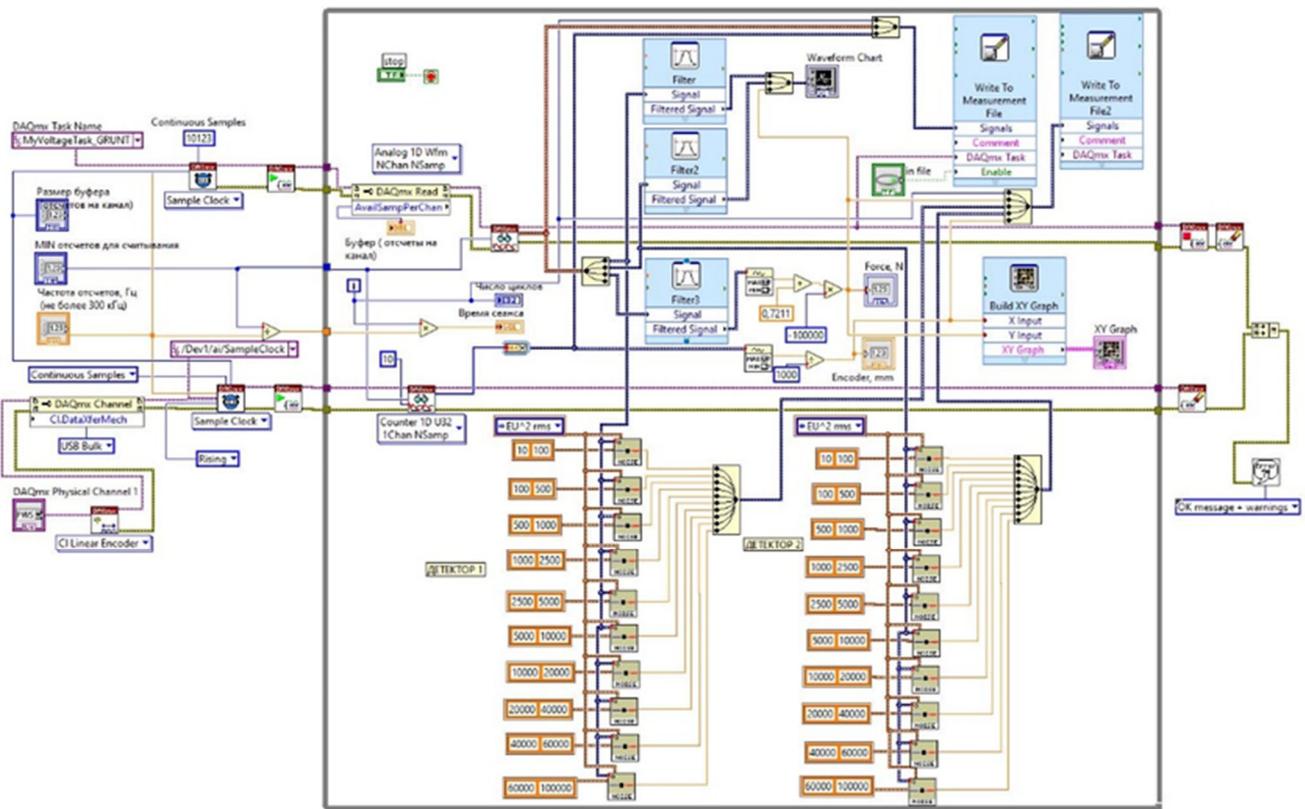


Рис.6 G-код виртуального прибора системы регистрации сигналов дополнительного блока датчик

Экспериментальные исследования

Для апробации полученного комплекса были проведены серии экспериментальных работ по моделированию разрушению дисперсных грунтов. Работы проводились на просеянном речном песке мелкой, средней и крупной фракции. Объем дисперсного грунта формировался в цилиндрический образец диаметром 50 мм и высотой 100 мм. Эксперименты проводились с боковым обжатием образца 10, 100 и 500 кПа при постоянной скорости нагрузки 1 мм/мин. Результатами проведенных исследований являются графики зависимостей мощности, выделяемой АЭ, от прилагаемых нагрузок. На рисунке 2 показан график мощности акустического излучения со стадиями деформирования образца при боковом обжатии 100 кПа.

На графике отчетливо заметно, что для первой стадии нагружения характерно отсутствие акустической эмиссии, на второй стадии появляются всплески АЭ, что говорит об возникновении разрывных нарушений среды. Для отдельных стадий нагрузки характерна непрерывная мощность акустического излучения. Завершение нагружения связано с резким снижением АЭ, что дает нам возможность при интерпретации полученных данных выделять стадийность нагрузки не только по изучению особенностей деформационной кривой, но и по акустическому излучению.

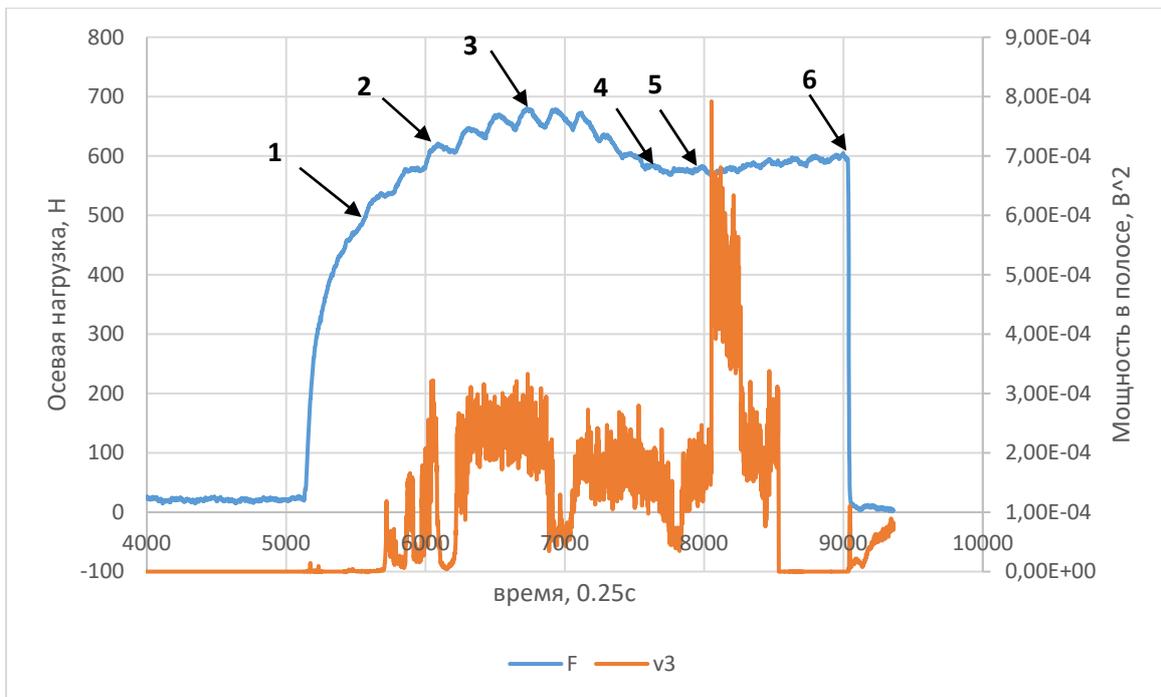


Рис. 7 Временные графики изменения осевой нагрузки образца и мощности вертикальной компоненты акустического сигнала в частотной полосе [500; 1000] Гц

Заключение

Были разработаны аппаратно-программный комплекс и методика мониторинга энергии акустического излучения при моделировании разрушения рыхлых горных пород. В ходе проведения тестовых экспериментов была установлена взаимосвязь между нагружением образца и регистрируемой мощностью АЭ. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение АЭ при различных состояниях дисперсных грунтов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12248-2410. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости // Стандартиформ, 2011. – 78с.
2. ГОСТ 12248.3-2020. ГРУНТЫ. Определение характеристик прочности и деформируемости методом трехосного сжатия. // Стандартиформ, 2020. – 29с.
3. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В.В. Ключев, Ф.Р. Соснин, Ковалев А. В. // Машиностроение, 2005. - 656 с.
4. Алешин, Н. П. Методы акустического контроля металлов / Алешин Н. П., Белый В. Е., Вopilкин А. Х. // Машиностроение, 1989. -455 с.

© И. М. Сердюк, С. В. Сердюков, К. А. Райко, 2024