

УДК 622.02:531

**А.П. Аверин, Д.И. Блохин**

## **ЛАБОРАТОРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ГЕОТОМОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

*Описан лабораторный комплекс для тестирования технических средств системы геотомографического мониторинга газоносных угольных пластов. Представлены результаты синхронной регистрации параметров сейсмоакустических и терморadiационных измерений при одноосном деформировании образцов угля. Сделан вывод об эффективности комплексирования эмиссионных измерений различной физической природы для диагностики локальных проявлений негативных динамических явлений в разрабатываемом угольном массиве.*

*Ключевые слова: газоносный угольный пласт, геотомографический мониторинг, динамические процессы, сейсмоакустические и терморadiационные измерения, лабораторное моделирование.*

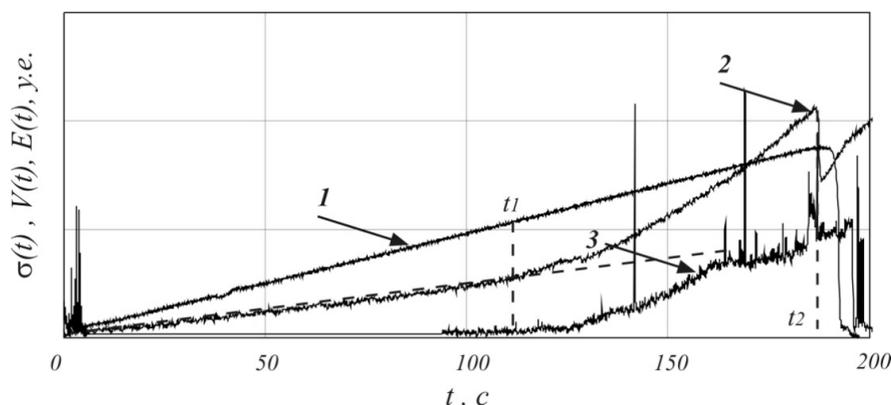
**О**беспечение безопасности при освоении подземного пространства горнодобывающих предприятий в значительной степени зависит от своевременной идентификации критических изменений напряженно-деформированного состояния разрабатываемого геомассива. Одним из способов получения такой информации является использование в современных системах геомониторинга физических методов, основанных на регистрации и измерениях характеристик излучений различной природы (электромагнитные, акустические и т.д.), сопровождающих динамические процессы в горных выработках [1 — 4].

Указанные методы в свою очередь имеют модификации, которые позволяют решать широкий круг задач, связанных с горным производством и в частности с оценкой напряженно-деформированного состояния массива, прогнозированием мест локализации и размеров очагов критических деформаций и т.д. [1 — 4]. Вместе с тем, характерной особенностью при-

меняемых на практике методик геофизического мониторинга является сложность и неоднозначность физических моделей, связывающих вариации определяемых величин и непосредственных результатов измерений. Одним из путей, позволяющих частично преодолеть обозначенные трудности, является разработка методик, основанных на комплексном использовании различных физических эффектов, сопровождающих активизацию негативных динамических процессов в разрабатываемых массивах [1 — 4].

В настоящем сообщении, описывается лабораторный комплекс, предназначенный для тестирования технических средств, используемых в системе геотомографического мониторинга газоносных угольных пластов, разрабатываемой в ООО «Инситу».

Разработанные технические средства геотомографического контроля позволяют регистрировать следующие физические параметры, сопровождающие опасные геодинамические



**Рис. 1. Пример экспериментальных результатов измерений выходных сигналов комплекса геотомографического мониторинга:** 1 —  $P(t)$  — изменения нагрузки во времени (1); 2 —  $V(t)$  — изменения интенсивности ИК — излучения во времени (2); 3 —  $E(t)$  — изменения энергии сейсмоакустических импульсов во времени (3)

процессы при разработке газоносных угольных пластов:

- сейсмическую вибрацию в диапазоне частот от 1 Гц до 200 Гц с интенсивностью излучения от  $10^2$  до  $10^8$  Дж;
- сейсмоакустическую эмиссию в диапазоне частот от 28 Гц до 2 КГц с интенсивностью излучения от 0,1 до  $10^2$  Дж;
- терморadiационную эмиссию в диапазоне 20 ТГц до 150 ТГц с интенсивностью излучения от 2 до 200 Вт/м<sup>2</sup>.

Необходимым методическим элементом тестирования и проверки эффективности технических средств измерений является получение в модельных опытах синхронных записей эволюции во времени функций, непосредственно связанных с изменениями во времени механических напряжений и соответствующих записей акустических и терморadiационных (ИК –) сигналов.

В состав лабораторного комплекса входит испытательный стенд, созданный на базе испытательной машины

INSTRON 300 DX, обеспечивающий выполнение следующих функций:

- моделирование проявлений горного давления в угольном пласте;
- синхронное измерение изменений во времени сейсмических, сейсмоакустических, терморadiационных и механических параметров при испытаниях образцов, моделирующих объемы газоносного угля;
- обеспечение приема — передачи, хранения и визуализации регистрируемых данных.

В выполненных экспериментах использовались образцы угля, отобранные с шахт Воркутинского угольного бассейна. На рис. 1 для одного из испытывавшихся образцов представлены зависимости от времени сигналов сейсмоакустического и терморadiационного датчиков и датчика нагрузки. Анализ полученных записей сигналов позволяет выявить некоторые особенности деформирования исследуемого образца.

Так, при монотонном возрастании нагрузки в четко фиксируемой по виду графика ИК — сигнала точке  $t_1$

происходит резкое изменение скорости изменения этого графика, т.е. интенсивность ИК — излучения в этой точке начинает возрастать быстрее, чем это следует из соотношений для линейной термоупругости [5]. При возрастании уровня нагрузки, когда деформации материала образца выходят за пределы упругости, внутри него начинают развиваться нелинейные диссипативные процессы, в условиях которых возрастание температуры и, соответственно, приращения интенсивности ИК — излучения оказывается более значимыми, чем в упругой области [6]. Указанный нелинейный участок, соответствующий деформациям образца за пределом упругости, заканчивается резким падением значений интенсивности теплового излучения (точка  $t_2$ ), которое, по — видимому, соответствует разуплотнению образца при его дезинтеграции. Сопоставляя графики изменений нагрузки и интенсивности ИК — излучения можно сделать вывод, что момент времени, соответствующий указанному выше «обрыву» графика ИК — сигнала пределу прочности образца. Также можно предположить, что момент времени  $t_1$ , соответствующий изменению наклона графика соответствует пределу упругости образца.

Резкое возрастание значений вариаций теплового излучения за некоторое время до достижения предела прочности может служить прогностическим признаком приближающихся катастрофических (необратимых) деструктивных процессов в газоносных угольных пластах.

Рассмотрим поведение графика  $E(t)$  в зависимости от времени при синхронном изменении нагрузки, показанном также на рис. 1. Сильный

всплеск энергии сейсмоакустических импульсов при малых нагрузках («пригрузке») вызван, по-видимому, притиркой элементов нагрузочного устройства к горизонтальным поверхностям образца, далее значения  $E(t)$  незначительны и практически стационарны вплоть до момента  $t_1$ , по-видимому, соответствующему концу линейно-упругой зоны деформирования. Далее следует участок резкого роста значений  $E(t)$  вплоть до момента  $t_2$ , соответствующего достижению напряжением в образце предела прочности.

Таким образом, показано, что совместный анализ графиков изменений во времени показаний сейсмоакустического и терморadiационного датчиков позволяет идентифицировать зависимости от времени изменений напряжений в образцах угля не только в зоне линейного деформирования, но и при нагрузках, близких к разрушающим.

Не вызывает сомнений, что построение системы мониторинга, использующей одновременную регистрацию сигналов сейсмоакустических и терморadiационных измерений, позволит использовать в одной и той же системе преимущества и дополнительные возможности каждого из указанных методов. Такое комплексирование не только определяет возможность взаимного тестирования результатов диагностики, но и открывает пути к повышению достоверности предсказаний возможной активизации негативных динамических процессов в газоносных угольных пластах.

Исследования выполнялись в ходе реализации Государственного контракта № 16.515.12.5003 от 22.09.2012 г. по теме «Исследование и разработка геотомографических

методов контроля и прогноза устойчивости системы «газоносный угольный пласт — горная машина» для снижения рисков техногенных аварий при добыче угля» в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приори-

тетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007—2013 годы» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз и предотвращение горных ударов на рудниках / Под ред. Петухова И.М., Ильина А.М., Трубецкого К.Н. — М.: Издательство АГН. — 1997. — 376 с.
2. Курленя М.В., Вострецов А.Г., Кулаков Г.И., Яковицкая Г.Е. Регистрация и обработка сигналов электромагнитного излучения горных пород. — Новосибирск: Издательство СО РАН. — 2000.
3. Блохин Д.И., Кубрин С.С., Шейнин В.И. Опыт и перспективы применения методов и средств ИК — радиометрической диагностики для геомеханического мониторинга разрабатываемого массива горных пород // Уголь. — 2008. — № 10. — С. 26 — 27.
4. Кубрин С.С. Комплексный синтезирующий геофизический мониторинг горного массива // Горный информационно — аналитический бюллетень. — 2012. — № 5. — С. 145 — 152.
5. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. Т. 2. — М.: Мир. 1969.
6. Балужева М.А., Блохин Д.И., Саваторова В.Л., Талонов А.В., Шейнин В.И. Моделирование влияния микротрещин в геоматериалах на изменения их температуры при деформировании // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2009. — № 6. — С. 65 — 70. **ГИАС**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Аверин Андрей Петрович — кандидат технических наук, главный инженер ООО «Инситу», e-mail: mos.insitu@gmail.com,  
Блохин Дмитрий Иванович — кандидат технических наук, доцент, e-mail: dblokhin@yandex.ru. Московский государственный горный университет,



---

#### ГОРНАЯ КНИГА-2012



#### Проектирование и организация взрывных работ

Б.Н. Кутузов, В.А. Белин

Год: 2012

Страниц: 416

ISBN: 978-5-98672-283-2

UDK: 622.233:622.235

Приведены основные положения проектирования взрывных работ в горнодобывающей промышленности, гидротехническом, промышленном и гражданском строительстве, в сельском и лесном хозяйстве, на болотах и реках, при ремонтах доменных и мартеновских печей, разрушении металлических конструкций. Изложены данные по расчету опасной зоны, параметров расположения рядов, а также подготовке проектной документации.