

УДК 622.83:681.58:681.32

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В УГЛЕ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ РАСТВОРА ПАВ

Елкин И. С., к.т.н., доцент
Ушаков А. Е., студент гр. МСб-171, IV курс

Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

Аннотация

В работе представлены результаты исследований возникающих напряжений в различных капиллярно пористых твердых телах при фильтрации жидкости. Приведены результаты исследований влияния поверхностно-активных веществ на скорость фильтрации и изменения напряжений в образцах из различных материалов. Для исследований был разработан лабораторный комплекс с использованием восьмибитного микроконтроллера на платформе Atmega328p.

Ключевые слова: уголь, напряжения, фильтрация, смачивание, увлажнение, поверхностно-активные вещества, напряженное состояние, тензометрический датчик, микроконтроллер.

В современных условиях при проведении горных работ актуальным является управление массопереносом в угольном пласте в целях изменения напряженного состояния в краевой части угольного массива, управления газовыделением, газодинамическим состоянием в краевой части угольного массива [1], [2]. В связи, с чем актуальным является исследование возникновения механических напряжений в горных породах при фильтрации газожидкостного флюида, межфазных взаимодействиях на границе раздела уголь-жидкость-газ с целью разработки эффективных способов управления напряженным состоянием в краевой части угольного массива, где вероятность газодинамических явлений наиболее высока.

Целью исследований является изучение возникающих напряжений в угле и других капиллярно-пористых материалах под влиянием межфазных взаимодействий на границе раздела твердое тело-жидкость-газ при фильтрации жидкости.

На основе применения тензодатчиков (тензометрических датчиков) разработана лабораторная установка для исследования напряжений, возникающих в материалах при их расширении под влиянием межфазных взаимодействий при фильтрации жидкости.

Разработанная установка предназначена для исследования деформаций и напряжений, возникающих в твердых телах с максимальными размерами $8 \times 8 \times 8 \text{ см}^3$.

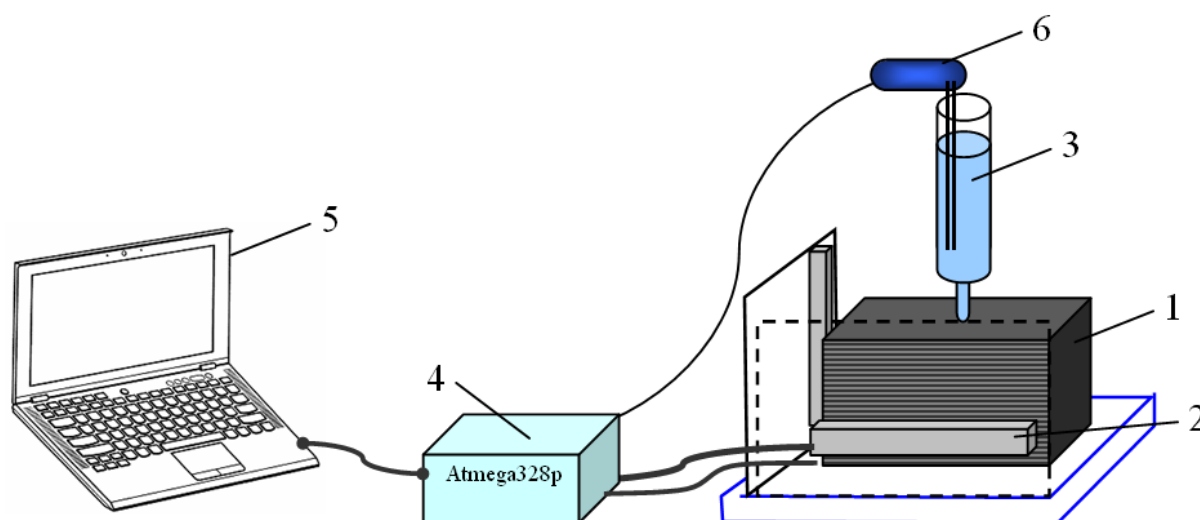


Рис. 1. Схема конструкции установки для исследования напряжений в образцах угля: 1 – исследуемый образец твердого тела; 2 – тензодатчики (тензометрические датчики); 3 – емкость с исследуемой жидкостью; 4 – блок сбора и передачи данных; 5 – компьютер; 6 – датчик уровня жидкости

На рис. 1 приведена схема разработанной лабораторной установки.

Принципиальная электрическая схема управления собрана на платформе Atmega328p, а также разработана программное обеспечение на C++ [3].

Особенности конструкции лабораторной установки заключаются в следующем.

В установке использованы тензодатчики CAS типа BCL-20L, датчики силы, измеряют усилия и нагрузки. Конструкция резистивного тензодатчика представляет собой упругий элемент, на котором зафиксирован тензорезистор [4]. Под действием силы (веса груза) происходит деформация упругого элемента вместе с тензорезистором, изменяющим свои электрические свойства. Таким образом, по изменению сопротивления тензорезистора, можно получить информацию о силе воздействия на датчик, а, следовательно, и о нагрузке, весе груза.

Аналоговый сигнал с тензодатчиков поступает на АЦП типа НХ711, представляющий собой прецизионный 24-битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), предназначенный для весовых весов и промышленных систем управления для непосредственного взаимодействия с мостовым датчиком. Затем в виде бинарного кода поступает на микроконтроллер Atmega328p, где после обработки поступает на компьютер посредством COM порта.

Кроме того, для определения объема профильтровавшей жидкости установлен расходомер, разработанный нами на основе датчика давления BMP280. Модуль представляет собой высокоточный цифровой измеритель атмосферного давления на базе микрочипа BMP280 компании BOSCH. Расходомер позволяет определять объем профильтровавшей жидкости с точностью до 0,002 мл. Гидростатическое давление, создаваемое жидкостью при фильтрации можно изменять в широком диапазоне от 0,02 до 2 м.

Используя программное обеспечение SerialMonitor посредством COM порта, на монитор компьютера в реальном времени выводятся показания двух тензодатчиков, измеряющих действующих напряжений в двух взаимно перпендикулярных направлениях при деформациях исследуемого твердого тела, а также показания расходомера.

Для снятия и обработки результатов измерений использовали программное обеспечение, созданное нами в интегрированной среде разработки.

Жидкость в образец поступает за счет гидростатического давления и за счет капиллярных сил смачивания. Величина капиллярных сил определяется смачиваемостью $\sigma \cos \Theta$, где σ – коэффициент поверхностного натяжения; Θ – краевой угол смачивания.

В качестве поверхностно-активных веществ (ПАВ) использовался известный в горной промышленности смачиватель «Эльф» и др.

В результате исследований показано, что на процесс расширения и возникновения напряжений в твердом теле может оказывать существенное влияние ПАВ и его концентрация в растворе.

Автоматизация научного эксперимента в данном случае позволяет в реальном времени отслеживать процессы деформации твердого тела при межфазных взаимодействиях [3].

На рис. 2 приведены результаты измерений напряжений для образца угля марки Д (разрез Пермьяковский). Показано, что возникающие напряжения в угле пропорциональны массе жидкости в угле, заполненности капиллярно-пористой системы угля.

По результатам исследований показано, что ПАВ может оказывать существенное влияние не только на сам процесс фильтрации, скорость увлажнения, а также на его прочностные свойства, изменение напряжений в угле. Под влиянием капиллярных сил, межфазных взаимодействий на границе раздела фильтрация растворов ПАВ приводит к разрушению его структуры вследствие низких его прочностных свойств.

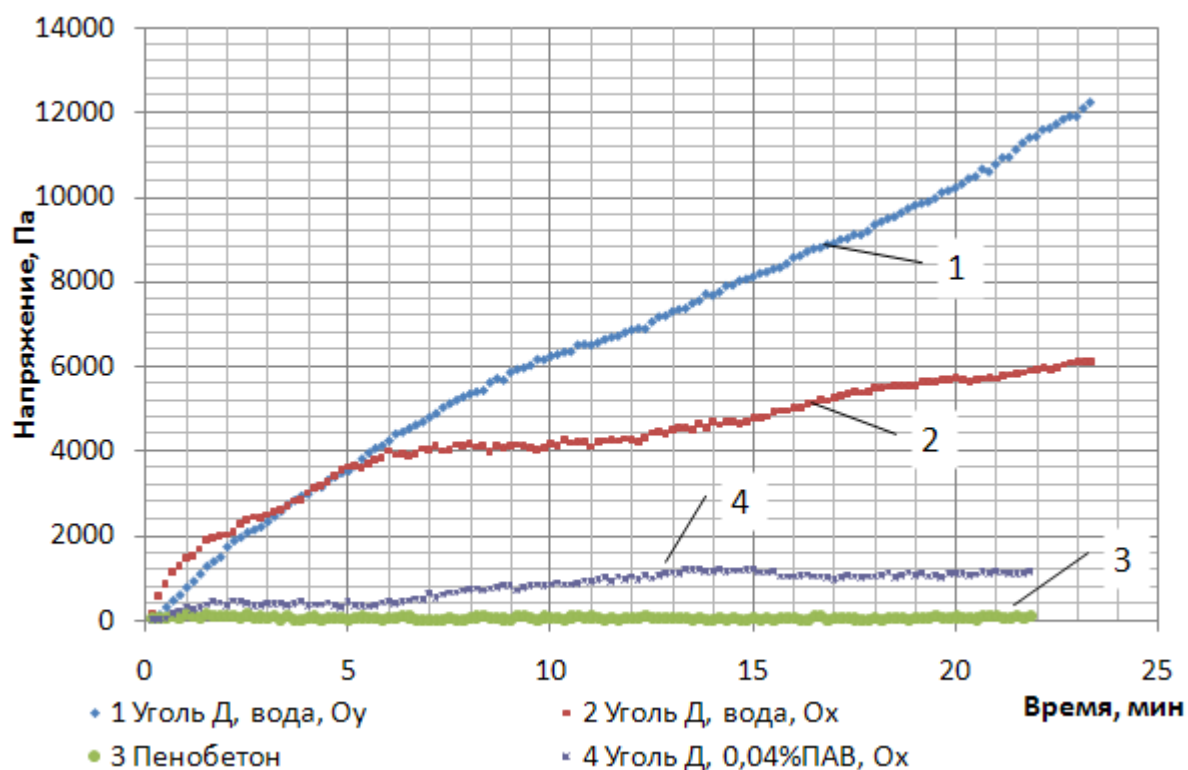


Рис. 2. Изменение напряжений в исследуемом образце

Уголь обладает разветвленной сетью капилляров [2], [5]. За счет капиллярных сил происходит деформация твердого тела. Также было исследовано изменение напряжений при фильтрации в других материалах. Особенностью возникновения напряжений в пенобетоне при фильтрации воды в капиллярной системе заключается в том, что деформации и критические напряжения в твердом теле не возникают, жидкость свободно фильтруясь по капиллярам не вызывает разрушающих критических внутренних напряжений в отличие от протекающих процессов в угле. Причиной этого является высокая пористость пенобетона, равной 26%, и большое значение проницаемости составляющего $2 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$, а также краевым углом смачивания близким к $10\text{--}15^\circ$. Кроме того для пенобетона прочностные свойства выше, чем для угля. Коэффициент прочности Протоdjeяконова: для пенобетона – 3,0 - 3,5; для угля – 1,5.

Разработанная лабораторная установка может быть использована в учебном процессе при изучении влияния межфазных взаимодействий при фильтрации жидкости в капиллярно-пористом теле.

Список литературы:

1. Чернов, О. И. Подготовка шахтных полей с газовыбросоопасными пластами / О. И. Чернов, Е. С. Розанцев. – М. : Недра, 1975. – 287 с.
2. Елкин, И. С. Повышение эффективности низконапорного увлажнения угольных пластов / И. С. Елкин, В. В. Дырдин, В. Н. Михайлов. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2001. – 100 с.

3. Автоматизация лабораторного эксперимента: Учебное пособие по курсу «Автоматизированные системы научных исследований» / С. И. Ковалев, Е. В. Свиридов, А. В. Устинов ; Ред. Г. Ф. Филаретов; МЭИ ТУ . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 40 с.

4. Основы автоматизации эксперимента. Лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие / А. Е. Герман. – Гродно: ГрГУ, 2004. – 150 с.

5. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – М.: Мир, 1979. – 568 с.