

УДК 622.83:681.58:681.32

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ РАСТВОРА ПАВ В УГЛЕ

Елкин И. С., к.т.н., доцент  
Ушаков А. Е., студент гр. МСб-171, I курс  
Кибко С. В., студент гр. МТб-171, I курс

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

### Аннотация

В работе представлены результаты разработки лабораторного комплекса по исследованию влияния ПАВ на фильтрацию в каменных углях.

**Ключевые слова:** уголь, фракция, фильтрация, смачивание, увлажнение, поверхностно-активные вещества.

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 газовыделения, газодинамическим состоянием в краевой части угольного массива [1], [2]. В связи, с чем актуальным является исследование фильтрационных свойств угля, изменение и управление его свойствами путем применения поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Основные трудности, связанные с изучением фильтрационных процессов, вытекают из сложности структуры капиллярно-пористой системы угля и физико-химических свойств угля.

Капиллярно-пористая структура угля предопределяет не устойчивость картины фильтрации во времени, проявляющаяся в существенной зависимости расхода от времени фильтрации, циклов, давления, процессов изменения структуры вследствие протекания межфазных взаимодействий в угле [2], [3].

Основное уравнение фильтрации описывается уравнением Дарси в виде

$$Q = k_{\phi} \frac{\Delta H}{\Delta x} s,$$

где  $s$  - площадь фильтрации;  $k_{\phi} = \frac{\rho}{\eta} k_{\text{пр}}$  - коэффициент фильтрации;  $\frac{\Delta H}{\Delta x}$  - градиент напора;  $\eta$  - динамический коэффициент вязкости.

Основной характеристикой, описывающей фильтрационные свойства капиллярно-пористого тела при фильтрации жидкости, является проницаемость или коэффициент проницаемости  $k_{\text{пр}}$ .

Особенностью фильтрации в углях малых фракций является неустойчивость соотношения между напором и расходом вследствие протекания одновременно множества процессов вследствие межфазных взаимодействий. При определённых условиях существенным фактором оказывается смачиваемость поверхности твердого тела, определяемая в виде  $\sigma \cos \Theta$ , зависящая от краевого угла смачивания  $\Theta$  и коэффициента поверхностного натяжения  $\sigma$ . Влияние межфазных взаимодействий оказывается существенным при рассмотрении массопереноса в угольном массиве. Что приводит к подробному рассмотрению данного процесса в лабораторных условиях и на моделях.

На разработанной установке можно исследовать влияние ПАВ на процессы фильтрации в угле. Установка предназначена для определения смачивателя для увлажнения угольного массива в целях управления его состоянием.

Гидростатический напор для данной установки является постоянным, не зависит от свойств насосных установок как в аналогичных разработках.

Самостоятельно сконструирована установка на платформе Atmega328 для проведения исследований, а также разработана программное обеспечение на C++ для управления элементами, сервоприводами установки. Основные конструктивные элементы установки имеют определенные оптимальные параметры в целях повышения точности при измерении параметров фильтрации.

В процессе разработки исследовательской установки были сконструированы и изготовлены, разработаны жидкостный электромеханический клапан, датчик уровня жидкости для смесительной емкости и дозатор ПАВ и др. элементы. Разработанный дозатор ПАВ на основе применения шагового 4-х фазного двигателя типа 28BYJ-48-5V с платой управления ULN2003 позволяет дозировать ПАВ с минимальной массой 0,01 г.

Для подачи воды в смесительную ёмкость насоса использовали стандартный насос типа ЭНЦ-4573756032, а также стандартный двигатель для перемешивания раствора при его приготовлении, соединительные трубы из ПВХ.

Общий объем профильтровавшей жидкости определяется положением датчиков уровней жидкости в смесительной ёмкости и дополнительно контролируется электронными весами.

Основным параметром фильтрации на установке является время фильтрации. Время фильтрации является основным показателем при заданных других постоянных: напор жидкости, геометрические параметры объекта исследования. Измеренные величины передавались на компьютер и записывались в текстовом файле. Затем экспорттировались в таблицы Excel. После обработки в программе Excel строились графики, зависимости времени фильтрации от концентрации ПАВ в растворе. Исходя из полученных зависимо-

стей, определялась способность различных ПАВ к увеличению проникающей способности, концентрация при которой осуществляется максимальная фильтрация.

С другой стороны, это удобно для исследования влияния на процесс фильтрации ПАВ и его концентрации в растворе.

В качестве ПАВ использовался смачиватель «Неолас». «Неолас» - хорошо растворимая жидкость, бесцветная, не имеющая резкого запаха. Коэффициент вязкости составляет при температуре 20 °C около 0,21 мПа·с

На рис. 1 приведены результаты проведенных опытов по фильтрации растворов ПАВ на разработанной лабораторной установке для фракции 3-5 мм угля марки К пласта XXVI ш. Березовская.

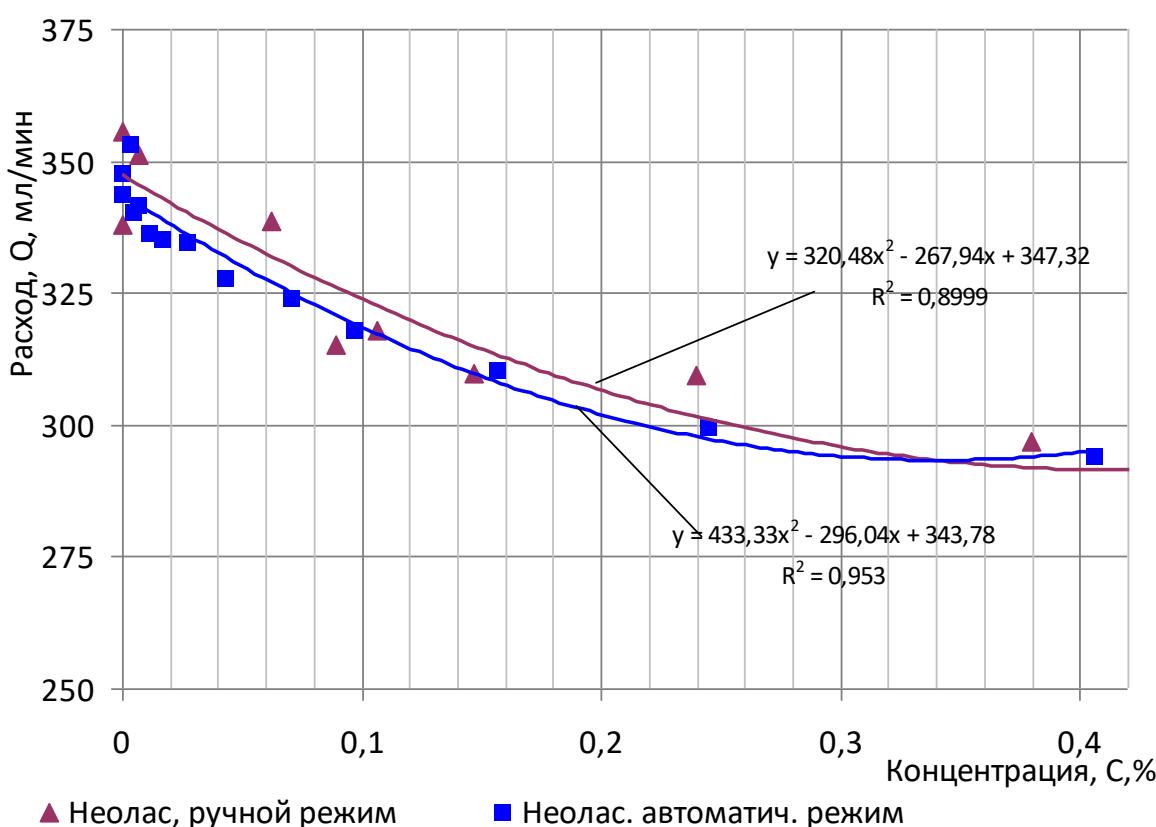


Рис. 1. Изменение расхода жидкости при фильтрации в зависимости от концентрации ПАВ

Исследования, проведенные на разработанной лабораторной установке, показывают, что исключение человеческого фактора, минимизация влияния человека на управление лабораторным экспериментом, измерения, автоматизация лабораторного эксперимента:

- 1) Снижает количество необходимых измерений для определения, например, концентрации ПАВ в растворе для максимальной скорости фильтрации;
- 2) Увеличивает точность в измерениях фильтрационных характеристик в 1,5-2 раза.

### 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: Кузбассвузиздат, 2001. – 100 с.
3. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – М.: Мир, 1979. – 568 с.
4. 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.
5. Основы автоматизации эксперимента. Лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие / А.Е. Герман. – Гродно: ГрГУ, 2004. – 150 с.