

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ
РАВНОМЕРНОГО СЖАТИЯ ОБРАЗЦА

Т.В. Шилова

Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Газопроницаемость угля и углевмещающих горных пород является важной характеристикой, которую необходимо учитывать для контроля подземной разработки месторождений угля, при проектировании и проведении мероприятий по дегазации угольных шахт.

В работе приведены результаты определения газопроницаемости угля марки «Ж» на камере, разработанной в лаборатории физических методов воздействия на массив горных пород ИГД СО РАН. Для проведения экспериментов был изготовлен стандартный цилиндрический образец диаметром 30мм и высотой 60мм (рис.1). Эксперименты проводились в условиях равномерного сжатия образца. В первой серии экспериментов давление осевого сжатия и бокового обжатия составляло 10бар, во второй – 20бар. В каждой серии измерения были выполнены при перепаде давления от 0,5бар до 3бар с шагом 0,25бар (в диапазоне от 0,5бар до 1бар) и 0,5бар (в диапазоне от 1бар до 3бар).

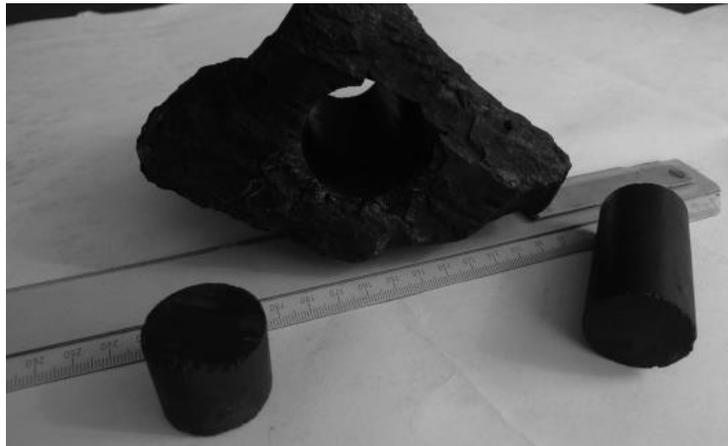


Рис. 1. Образец угля марки «Ж» для проведения экспериментальных исследований

Коэффициент абсолютной газопроницаемости K_r исследуемого образца определяли из условия стационарной фильтрации при линейном направлении потока газа согласно ГОСТ 26450.2-85[1]:

$$K_r = \frac{10^3 \cdot Q \cdot \mu \cdot P_{бар}}{\Delta P (\Delta P / 2 + P_{бар})} \cdot \frac{L}{F},$$

где K_r – коэффициент газопроницаемости, 10^{-3} мкм²; $Q=V/T$ – расход газа, замеренный на выходе из образца (при атмосферных условиях), см³/с; V – объем газа, прошедший через образец см³; t – время фильтрации, с; ΔP – перепад давления на образце между входом и выходом, 0,1МПа; μ – вязкость азота при условиях фильтрации, мПа·с; $P_{бар}$ – барометрическое давление, 0,1МПа; $F=7$ см² – площадь поперечного сечения образца и $L=6$ см – длина образца.

Полученные зависимости коэффициентов газопроницаемости угля от перепада давления азота ΔP при боковых обжатиях образца 10бар и 20бар приведены на рисунке 2. Выявлено, что значения газопроницаемости при боковом обжатии 10 бар, выше, чем при боковом обжатии 20 бар. Следует отметить, что в обоих случаях газопроницаемость образца нелинейно зависит от перепада давления ΔP , при малых значениях ΔP ее значения выше и «нелинейность» более существенна. Возникающая нелинейность зависимости коэффициента газопроницаемости от перепада давления связана с отклонением от закона Дарси, основным источником которого является эффект скольжения газа[1].

Для прогноза газопроницаемости при различных перепадах давления была использована известная методика [2]. Она включает построение и экстраполяцию зависимости коэффициента газопроницаемости K_r от обратной величины к среднему давлению газа в образце $1/P_{cp}$. Линейные тренды полученных зависимостей при давлениях бокового обжатия $P_{бок}$ 10бар и 20 бар представлены на рисунке 3 и описываются уравнениями:

$K_r = 0.0673 / P_{cp} + 0.0475$, с величиной достоверности аппроксимации $R^2=0.9752$ для условий бокового обжатия образца $P_{бок}=10$ бар; $K_r = 0.0623 / P_{cp} - 0.0023$, с величиной достоверности аппроксимации $R^2=0.9752$ для условий бокового обжатия образца $P_{бок}=20$ бар.

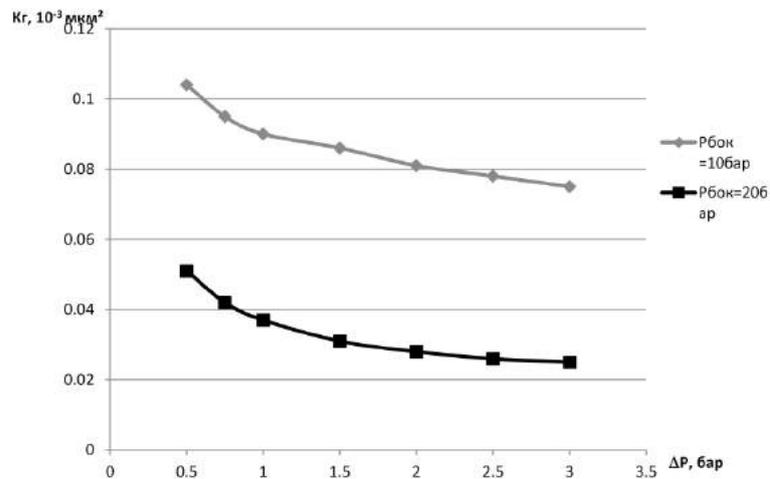


Рис. 2. Зависимость коэффициента газопроницаемости угля от перепада давления газа ΔP при боковом обжиге $P_{бок}$ 10 бар, 20 бар

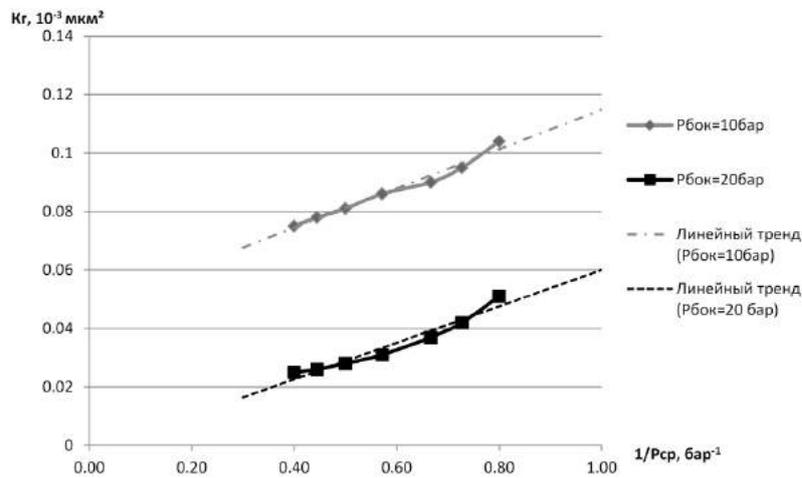


Рис. 3. Зависимость коэффициента газопроницаемости угля от обратной величины к среднему давлению $P_{ср}$ газа в образце при боковом обжиге $P_{бок}$ 10 бар, 20 бар

Полученные зависимости позволяют прогнозировать газопроницаемость угля при малых перепадах давления, которые соответствуют пластовым условиям. Следует отметить, что для получения более точных результатов необходимо провести большее количество измерений при перепадах давления менее 0.5 бар и проанализировать характер изменения зависимости коэффициента газопроницаемости K_g от ΔP в этой области.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики № СП-540.2016.1.

Литература

- ГОСТ 26450.2-85. Методы определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации - М.: Изд-во стандартов, 1985. -17с.
- Песков А.В. Исследование проницаемости горных пород по газу и учёт эффекта Клинкенберга в теории стационарной фильтрации [Электронный ресурс] / А.В. Песков, В.А. Ольховская, В.И. Зенин // Режим доступа: http://www.rusnauka.com/10_DN_2012/Tecnic/10_101792.doc.htm.