

И. М. Сердюк¹✉, С. В. Сердюков¹, Л. А. Рыбалкин¹

Лабораторная установка для моделирования воздействия на угольный пласт

¹Институт горного дела им. Н. А. Чинакала, г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: ken04588@gmail.com

Аннотация. В статье представлена разработанная лабораторная установка для моделирования различных методов физического воздействия на угольный пласт. Созданный комплекс состоит из камеры, которая позволяет проводить исследования на керновых образцах различного размера, в камере моделируется гидростатическое давление с максимальным обжатием в 10 МПа. Разработанный комплекс позволяет проводить различные исследования по моделированию физического воздействия, управляющий программный комплекс реализован в программной среде LabView. Тестовые эксперименты показали перспективность использования разработанной установки для дальнейших исследований.

Ключевые слова: проницаемость, физическое воздействие, дегазация угольного пласта, пневмоимпульсное воздействие

I. M. Serdyuk¹✉, S. V. Serdyukov¹, L. A. Rybalki¹

Laboratory installation for modeling the impact on the coal seam

¹Institute of Mining, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: ken04588@gmail.com

Abstract. The article presents a developed laboratory setup for modeling various methods of physical impact on the coal seam. The created complex consists of a chamber that allows conducting research on core samples of various sizes, and a hydrostatic pressure with a maximum compression of 10 MPa is simulated in the chamber. The developed complex allows conducting various studies on physical impact modeling, the control software package is implemented in the LabVIEW software environment. Test experiments have shown the prospects of using the developed installation for further research.

Keywords: permeability, physical impact, coal seam degassing, pneumatic pulse effect

Введение

Различные факторы влияют на эффективность дегазации угольного пласта: горное давление, объемная плотность и сжимаемость трещин. Также на это влияют конструкции скважин и схемы разбуривания пласта, так как возникает концентрация напряжений на скважине [1, 2], которая приводит к ухудшению фильтрации газа из пласта. Для повышения интенсификации дегазации применяют различные методы физического воздействия на угольный пласт такие как, гидравлический разрыв [3, 4], криогенное воздействие [5, 6], вибрационное [7, 8], импульсное повышение давления в скважине. Однако, данные методы не всегда эффективны в одних пластах и наоборот показывают хорошие показатели в других, это связано с условиями залегания пластов, а также с различными свойствами углей.

Лабораторные исследования, которые направлены на имитацию реальных пластовых условий, использующие реальные образцы с месторождений позволяют повысить эффективность натурных экспериментов. Создание установки, которая позволяет исследовать изменения фильтрационных свойств за счет различных механических воздействий, способствует развитию новых технологий комплексных технологий повышения интенсификации дегазации угольного пласта.

Методы и материалы

Лабораторная установка включает в себя комплекс регистрации и сбора данных, управлением физическим воздействием и самой испытательной камерой. Испытательная камера позволяет проводить исследования на керновых образцах с диаметром от 30 до 50 мм и высотой от 60 до 100 мм. Максимальное рабочее давление в камере составляет 10 МПа, а поровое давление может составлять 5 МПа.

Испытательная камера состоит из герметичного корпуса, внутри которого расположены опорная плита, пресс, направляющие стойки и дренажные каналы (рис. 1)

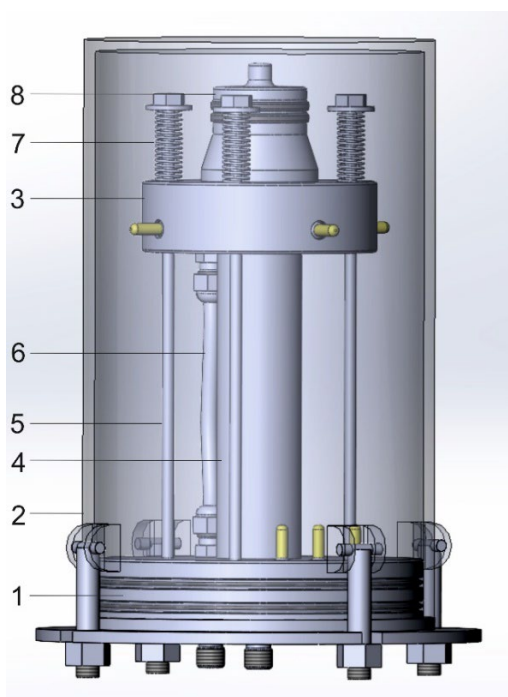


Рис. 2. Испытательная камера:

- 1 – опорная плита; 2 – корпус; 3 – пресс; 4 – изолирующая оболочка;
- 5 – направляющая стойка; 6 – дренажный канал; 7 – прижимной узел;
- 8 – ультразвуковой излучатель

Керновый образец угля помещается в изолирующую оболочку и устанавливается между опорной плитой и верхним прессом, после чего пресс стягивается пружинами и может сдвигаться по оси камеры за счет направляющих стоек,

обеспечивая вертикальное нагружение образца. Давление пресси равно давлению газа, который сдвливает боковую поверхность, тем самым получается гидростатическое нагружение керна. В нижней опорной плите предусмотрены входные каналы дренажной системы, канал ввода давления в камеру, а также гермовводы электрических линий.

Для моделирования вибрационного воздействия камера может устанавливаться на вибрационную платформу. За счет ориентации камеры (горизонтальная или вертикальная) на платформе можно задавать вектор колебаний. Также лабораторная установка позволяет проводить измерение сейсмических скоростей в образце угля в разные периоды физического воздействия на испытуемый образец, за счет установленного во внутрь камеры пьезоэлектрического излучателя. Дополнительно на герметизирующую оболочку акустические пьезоэлектрические преобразователи для оценки энергии акустического излучения (АЭ).

Управление системой сбора данных, а также управление органами физического воздействия на испытуемый образец выполняет виртуальный прибор, созданный в программной среде LabView. Основой системы сбора данных служит многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с высокой скоростью быстрого действия, что обеспечивает нормальную работу всей системы. Система оценки энергии АЭ устроена следующим образом: сигнал потупивший сигнал на АЦП конвертируется в программе, после чего рассчитывается его спектральная мощность, а затем вычисляется мощность в определенной частотной полосе, на следующем этапе обработки полученных результатов рассчитывается плотность энергии в полосе частот. Проницаемость образцов определяется в режиме нестационарной линейной фильтрации газообразного азота. Описание методики и используемых технических средств приведено в [3].

Результаты и их обсуждение

Апробация разработанной установки и аппаратно-программного комплекса проводились на керновом материале, выбуренном из крупногабаритного угля. В условиях гидростатического сжатия керна моделировали пневмоимпульсное воздействие, сжатие угля составляло от 1,5 до 7,5 МПа. Воздействие на уголь было циклическое с воздействием на образец импульсами давления, которое составляло от 20 до 70 % от сжатия образца. Было установлено, что наиболее эффективный диапазон давления импульса составляет от 60 до 70 % от сжатия образца и дает прирост проницаемости более чем в 30 раз, в то время как при малых давлениях импульса никакого эффекта практически не наблюдается. Также при проведении испытаний на установление влияния порового давления образца на изменение фильтрационных свойств было установлено, что при низком значении порового давления эффект от циклического сжатия образца может приводить к снижению проницаемости угля.

Полученные результаты по физическому воздействию на угольный образец показали перспективность разработанной лабораторной установки для тестирования и оптимизации параметров воздействия на угольный пласт.

Заключение

Разработанная лабораторная установка позволяет проводить тестирования как существующих, так и новых перспективных методов физического воздействия для повышения интенсификации дегазации угольных пластов. Установка позволяет определять оптимальные параметры воздействия вибрационными методами, циклическим нагружением угольной матрицы, импульсным повышением давления.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта НИР (номер госрегистрации 126021217128-9)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Huang X, Lu Y, Xia B and Luo Y (2024) Permeability evolution of fractured coal subject to confin-ing stress and true triaxial stress loading: experiment and mathematical model. *Front. Earth Sci.* 12:1395372. doi: 10.3389/feart.2024.1395372
2. Lu J, Fu X, Kang J, Cheng M and Wang Z (2021) Characterization of Full Pore and Stress Com-pression Response of Reservoirs With Different Coal Ranks. *Front. Earth Sci.* 9:764853. doi: 10.3389/feart.2021.764853.
3. Патутин А. В. и др. Устойчивость развития трещины гидроразрыва между двумя параллельными скважинами //ФТПРПИ. – 2022. – №. 2. – С. 34.
4. Сластунов С. В. и др. Гидорасчленение угольных пластов для их эффективной дегазационной подготовки через подземные скважины //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – №. 6-1. – С. 15-25.
5. Сердюков С.В., Рыбалкин Л.А., Сердюк И.М., Шилова Т.В. Влияние обработки жидким азотом на фильтрационно-емкостные свойства угля // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. -2025. -№ 5. -С. 15-27.
6. Разумов Ю. А. Обзор методов интенсификации дегазации угольных пластов // Наука, образование и культура. -2020. -№5 (49). -С. 10.-12.
7. Павленко М. В. Управление процессом метаноотдачи из низкопроницаемого угольного пласта на основе вибрационного воздействия // ГИАБ. – 2016. -№7.— С. 306 – 312.
8. Курленя М.В., Сердюков С.В. Реакция флюидов нефтепродуктивного пласта на вибросейсмическое воздействие малой интенсивности // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. -1999. -№. 2. -С. 11 -17.

© И. М. Сердюк, С. В. Сердюков, Л. А. Рыбалкин, 2026