

УДК 622.236: 539.375

А.В. Молодецкий, В.Н. Ревва

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЯ

ИФГП НАН Украины

На установці нерівнокомпонентного тривісного стиснення (УНТС) було проведено експериментальні дослідження з моделювання глибини залягання вугільних пластів від 1600 до 2400 м. Встановлено закономірності зміни механічних властивостей вугілля із збільшенням глибини їх залягання.

Ключові слова: *вугілля, глибина залягання, деформування, руйнування, механічні властивості*

A.V. Molodetskyu, V.N. Revva

THE EFFECT OF COAL BED OCCURRENCE DEPTH ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF COALS

Coal bed occurrence depths from 1600 to 2400 m were simulated experimentally using the true triaxial compression machine. Mechanical behavior of coals at various occurrence depths was determined.

Keywords: *coal, depth of occurrence, deformation, fracture, mechanical properties*

Экспериментальные исследования физико-механических свойств углей представляют сложную задачу, что связано с большой изменчивостью этих свойств. Горные породы отличаются от твердых тел и неодинаково ведут себя на сжатие и растяжение. Для получения достоверных результатов необходимо моделировать условия нагружения, максимально приближенные к реальным, – условия объемного неравнокомпонентного сжатия [1].

В последнее время наблюдается тенденция увеличения глубины разработки угольных пластов. Однако при этом возрастает интенсивность проявления горного давления, повышаются газоносность угольных пластов и склонность пород к обрушению и др., что значительно затрудняет условия эксплуатации горных выработок. Поэтому актуально исследование влияния глубины разработки пластов на прочностные и деформационные свойства углей, – характер их разрушения. В связи с этим возникла необходимость в оценке влияния глубины залегания угольного пласта на механические свойства углей на больших глубинах.

Ранее проводились исследования физико-механических свойств на глубинах 800–3000 м [2]. Было установлено наличие некой аномалии изменения физико-механических свойств на глубине 2000 м. Задачей было проверить наличие данной аномалии на угле марки К.

Ниже представлены результаты экспериментальных исследований механических свойств угольных образцов в условиях объемного неравнокомпонентного сжатия, моделирующих глубины залегания пластов от 1600 до 2400 м.

Испытания образцов угля производили на УНТС ИФГП НАН Украины [3], обеспечивающей при замкнутой камере независимое сжатие призматического образца по трем осям. Для испытаний изготавливали образцы кубической формы с ребром 55 мм из угля марки К, пласта d_4 шахты «Красноармейская-Западная №1». Грани куба выполняли таким образом, чтобы одна пара была параллельной системам трещин или прослоям. Испытывали образцы угля с естественной влажностью.

В процессе нагружения давление, передаваемое по каждой оси, регистрировали по образцовым манометрам, а смещения граней образцов – по лазерным индикаторам с точностью до 10^{-5} м. Поддержание необходимого давления по каждой грани достигали путем периодического включения насосов высокого давления или сбросом давления в гидроцилиндрах.

Для получения достоверных данных о поведении угольных образцов в объемном неравнокомпонентном поле сжимающих напряжений и о значениях механических характеристик образцов проводили 5 единичных испытаний для каждого эксперимента.

Моделирование глубины залегания пластов осуществляли следующим образом. Образец, помещенный в рабочую камеру, нагружали сжимающими напряжениями по трем осям одновременно до уровней:

$$\sigma_1 = k\gamma H, \sigma_2 = \sigma_3 = k\lambda\gamma H,$$

где H – глубина разработки, $H = 1600, 1800, 2000, 2200$ и 2400 м; λ – коэффициент бокового распора, $\lambda = 0,5; 0,25; 0,125$; k – коэффициент концентрации напряжений, $k = 2$; γ – объемный вес вышележащих пород, $\gamma = 2,5$ т/м³ (значения λ , k , γ взяты из работы [1] для проверки и подтверждения полученных в ней результатов).

В дальнейшем уменьшали уровень σ_3 до нуля, а уровни σ_1 и σ_2 формировали самопроизвольно за счет деформирования образца и регистрировали по манометру, т.е. моделировали «переход» некоторого элементарного объема угля из нетронутой в призабойную часть пласта.

С помощью специально разработанной программы расчета прочностных и деформационных характеристик по данным механических испытаний углей в объемном неравнокомпонентном напряженном состоянии экспериментальные результаты были обработаны на компьютере [4].

Анализ полученных результатов показал следующее. При моделировании глубин залегания угольных пластов от 1600 до 2400 м были установлены закономерности, которые представлены на рис. 1.

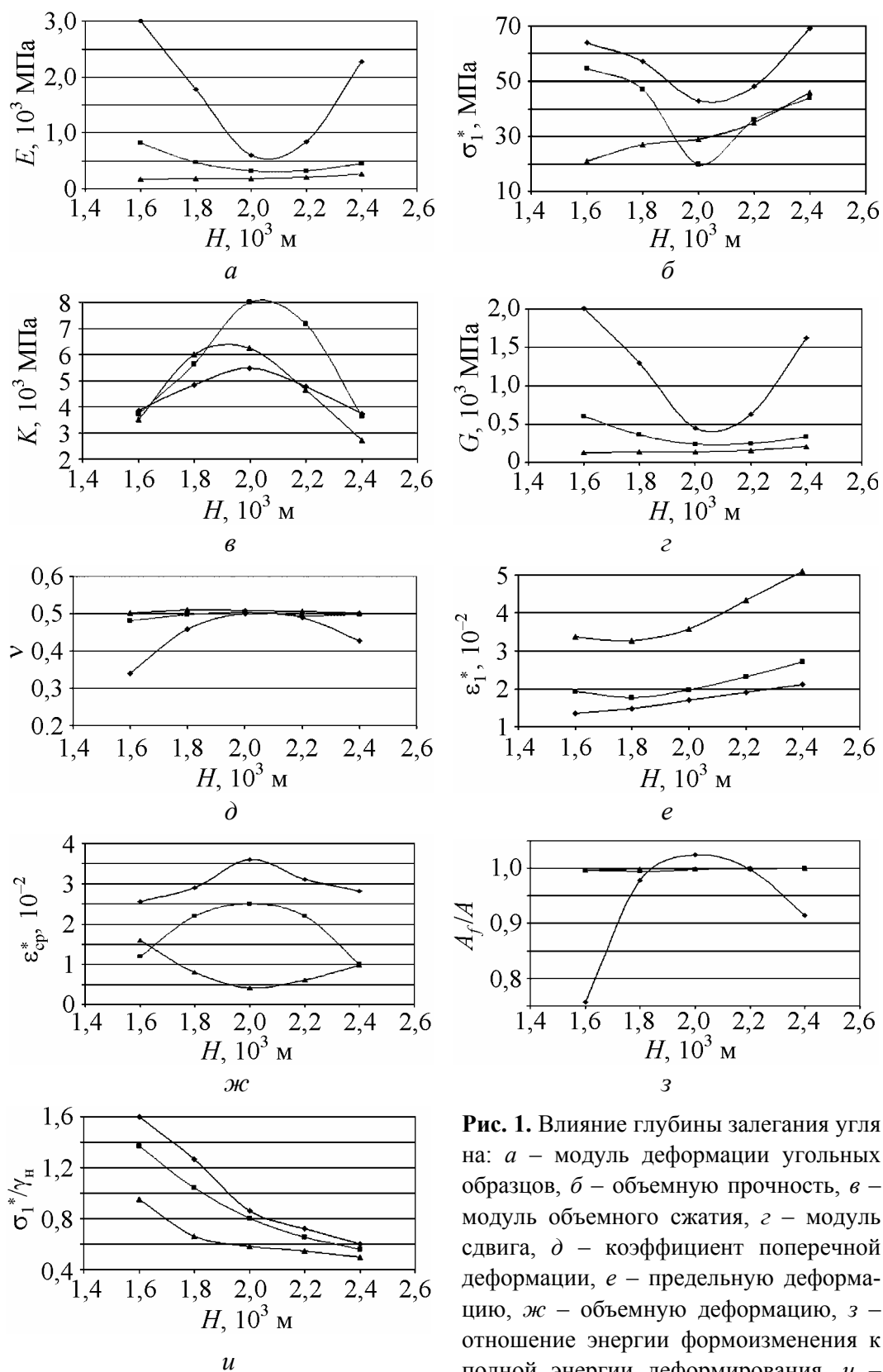


Рис. 1. Влияние глубины залегания угля на: *a* – модуль деформации угольных образцов, *б* – объемную прочность, *в* – модуль объемного сжатия, *г* – модуль сдвига, *д* – коэффициент поперечной деформации, *е* – предельную деформацию, *ж* – объемную деформацию, *з* – отношение энергии формоизменения к полной энергии деформирования, *и* –

коэффициент концентрации напряжений в окрестности горной выработки; λ : \blacklozenge – 0,5, \blacksquare – 0,25, \blacktriangle – 0,125

Модуль деформации и объемная прочность при $\lambda = 0,5$ и $0,25$ в районе 2000 м имеют экстремум (минимум), а при $\lambda = 0,125$ с увеличением глубины монотонно возрастают (рис. 1,а,б).

Модуль объемного сжатия при $\lambda = 0,5; 0,25; 0,125$ имеет экстремум (максимум) в районе 2000 м (рис. 1,в). Модуль сдвига при $\lambda = 0,5$ и $0,25$ в районе 2000 м имеет экстремум (минимум), а при $\lambda = 0,125$ с увеличением глубины монотонно возрастает (рис. 1,г). Коэффициент поперечной деформации при $\lambda = 0,5$ в районе 2000 м имеет некий экстремум (максимум), а при $\lambda = 0,25$ и $0,125$ с увеличением глубины ни возрастает, ни убывает (рис. 1,д). Предельная деформация монотонно возрастает при $\lambda = 0,5; 0,25; 0,125$ (рис. 1,е). Уровень объемной деформации в районе 2000 м при $\lambda = 0,5$ и $0,25$ имеет экстремум (максимум), а при $\lambda = 0,125$ – экстремум (минимум) (рис. 1,ж).

Анализ изменения энергетических характеристик с глубиной позволил получить следующее. При $\lambda = 0,5$ значение отношения энергии формоизменения к полной энергии деформирования в районе 2000 м имеет экстремум (максимум), а при $\lambda = 0,25$ и $0,125$ с увеличением глубины ни возрастает, ни убывает (рис. 1,з). Коэффициент концентрации напряжений в окрестности горной выработки при $\lambda = 0,5; 0,25; 0,125$ монотонно убывает (рис. 1,и).

Таким образом, на основании экспериментальных исследований на установке неравнокомпонентного трехосного сжатия установлены некоторые закономерности изменения механических свойств углей в зависимости от глубины их залегания.

С ростом глубины залегания угольных пластов повышаются жесткость и предельная прочность углей, уменьшается коэффициент концентрации напряжений в окрестности горной выработки и появляется тенденция к более вязкому разрушению углей.

На наш взгляд, при шаровом тензоре, соответствующем глубине 2000 м, изменение физико-механических свойств происходит ввиду физико-химических превращений в угле.

1. Ревва В.Н., Стариков Г.П., Алексеев А.Д. Изменение механических свойств углей с увеличением глубины их залегания // ФТВД. – 1991. – Т. 1. – № 3. – С. 43–46.
2. Алексеев А.Д., Ревва В.Н., Рязанцев Н.А. Характер разрушения углей с увеличением глубины разработки пластов // Физика и техника высоких давлений: Сб. научн. трудов / ДонФТИ АН УССР. – Киев: Наук. думка, 1989. – №32. – С. 49–52.
3. Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений / Алексеев А.Д., Ревва В.Н., Рязанцев Н.А. – Киев: Наук. думка, 1989. – 168 с.
4. Докукин А.В., Чирков С.Е., Норель Б.К. Моделирование предельно напряженного состояния угольных пластов. – М.: Наука, 1981. – 152 с.

Статья поступила в редакцию 22 мая 2009 года