

ПРОГНОЗ И КОНТРОЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ МАССИВА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СОСТОЯНИЯ ПОРОД В ПРИКОНТУРНЫХ ЗОНАХ

Очікувані прогностні змінення контура виробки в зонах штучної зміни пружно-пластичних властивостей порід носять експоненціальну залежність від її межі текучості, простору напружень в результаті дії гірського тиску та часу експлуатації виробки, а також лінійно залежать від кута падіння пласта. Величина змінь визначається емпіріоаналітичною залежністю, яка дозволяє отримати вихідну інформацію для вибору типу кріплення при підтримуванні виробок в зонах штучної зміни пружно-пластичних властивостей гірських порід.

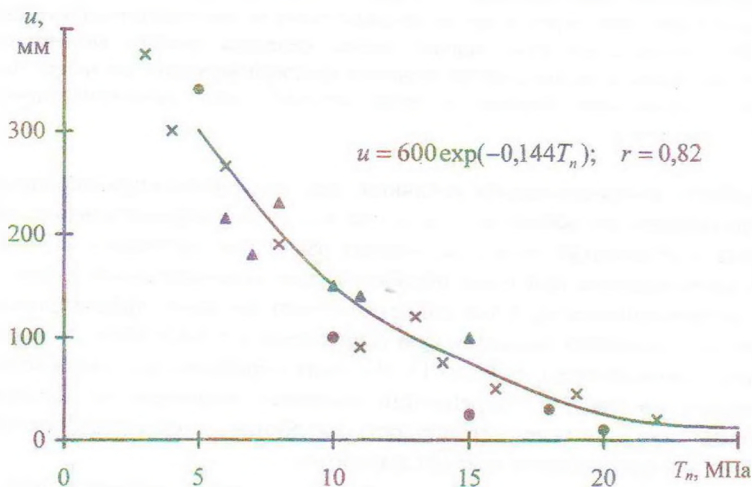
При разработке выбросоопасных угольных пластов действенным мероприятием по предотвращению выбросов угля и газа является профилактическая обработка пласта у обнажений путем нагнетания различных растворов. Изменение свойств, происходящее при такой обработке, дает положительный эффект в устранении выбросоопасности, о чем свидетельствует контроль эффективности мероприятий по измерению давления газа (снижается с 1,5-4,0 МПа до нуля), выходу штыба (уменьшается с 5-25 до 1). Но такая обработка при увлажнении сильно ослабляет массив, при закреплении устраняет естественную податливость, а в общем случае снижает устойчивость выработок, о чем свидетельствует интенсивное деформирование контура выработок.

На рис. 1 представлены данные шахтных наблюдений за конвергенцией в выработках, подверженных искусственному направленному изменению свойств и состояния слоев пород: при увлажнении и обработке полимерными, гелевыми растворами и растворами смол; уплотнение анкерами с подхватами при различной их длине и плотности, усилиях сопротивлений; щелевая разгрузка в почве, кутках, боках и т. п. Основным показателем, характеризующим изменение свойств, был принят показатель – предел текучести пород.

Анализ представленных данных показывает, что между приведенными характеристиками существует экспоненциальная зависимость вида $u = A \exp(-BT_n)$. Следует отметить, что полученные величины смещений наблюдаются в первые дни после проходки выработки, с течением времени они растут и для малых значений T_n могут достигать значений 1000-1500 мм. Представленная закономерность может быть использована для прогноза устойчивости массива при изменении его упруго-пластических свойств.

В общем случае определение показателя T_n не вызывает затруднений. Исходя из его классического определения, T_n – предельная величина напряжений, при которых в породах начинают проявляться стабильные неупругие деформации. По диаграммам деформирования пород “напряжение-деформация”, характер которых представлен на рис. 2, величине T_n соответствует точка отклонения диаграммы от прямолинейного участка со стабильным (близким к асимптоте) деформированием [1] (точка А на диаграммах). Следовательно, для оценки ве-

личины предела текучести, как характеристического показателя пластичности, необходимо в зонах обработки пород (увлажнения или укрепления как профилактического мероприятия по изменению упруго-пластических свойств) отобрать пробы, изготовить образцы и испытать их на сжатие. По результатам испытаний построить диаграммы или получить их непосредственно при испытаниях и по точкам типа А (рис. 2) установить величину T_n .



точки – экспериментальные данные при:

● – уплотнении массива анкерами; ▲ – увлажнении массива;

Рис. 1 – Закономерность изменения смещений в выработках в зависимости от показателя T_n

Для упрощения представленного процесса можно воспользоваться упрощенными методами, например, непосредственно в шахтных условиях (экспресс-метод) на основе разработок [2,3]. Они заключаются в испытаниях образцов в виде пластинок пород бесформенного типа определенной толщины до 15 мм на раскалывание путем внедрения индентора в виде острого конуса с углом при вершине 60° .

Для экспресс-определения необходимо 5-9 образцов в виде пластинок толщиной 12 ± 2 мм. Прибор с габаритами $345 \times 60 \times 130$ мм весит 2 кг, имеет пределы измерений по усилиям 0,5-10 МПа, по деформациям внедрения 0-14 мм при погрешности соответственно 4 % и 1 %.

В результате многочисленных сопоставительных измерений разработанным в ИГТМ НАН Украины прибором [2] установлена связь усилия и глубины внедрения индентора с учетом толщины образца с показателем пластичности – пределом текучести аргиллита и алевролита при сжатии по ГОСТ. Связь представляет собой эмпирическую закономерность, приведенную на рис. 3. Она

может быть использована как определяющая для оценки пластических свойств пород в зонах профилактической обработки массива.

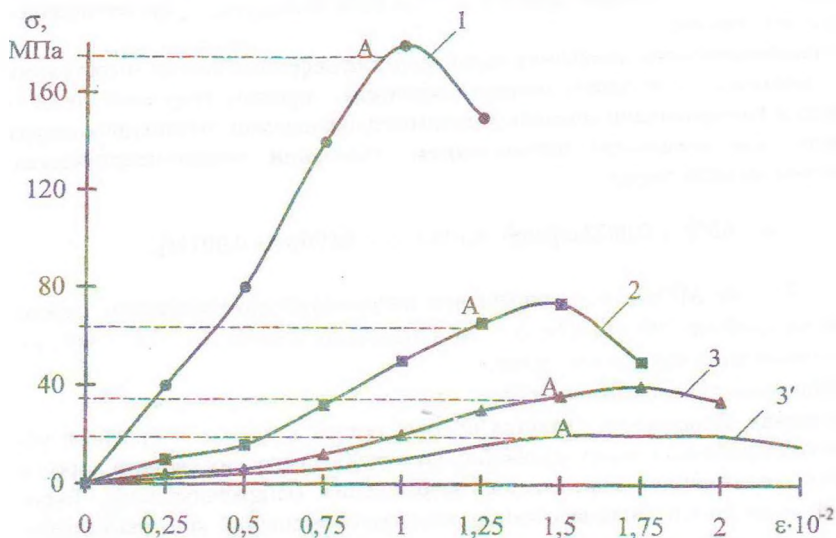


Рис. 2 – Характерные диаграммы деформирования песчаника (1), аргиллита (2) и алевролита (3, 3') по пробам пород шахт ЦРД

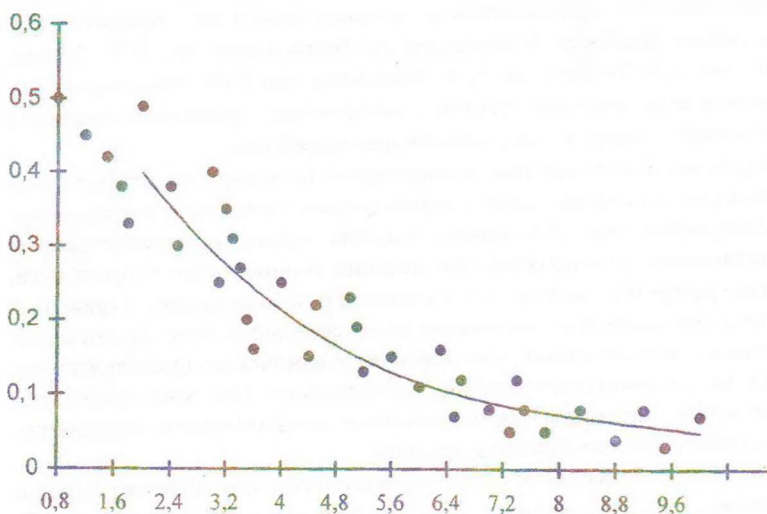


Рис. 3 - Зависимость параметров внедрения индентора от показателя пластичности породы

Следует отметить, что многочисленные испытания пород на сжатие, выполненные как другими исследователями [4-6], так и авторами, показывают, что с погрешностью 5-15 % можно принять $T_n = (0,92-0,98)\sigma_{сж}$ ($\sigma_{сж}$ – предел прочности пород на сжатие).

По закономерностям изменения характеристик деформирования и состояния пород в зависимости от пластического показателя – предела текучести пород – установлена эмпириоаналитическая зависимость ожидаемых смещений контура выработок при локальном направленном изменении упруго-пластических свойств вмещающих пород

$$u = 600[1 + 0,062\Delta\alpha] \exp[-0,144T_n(1 + 0,15\Delta\sigma) + 0,0011t],$$

где $0 < T_n < 40$ МПа; $\Delta\sigma$ – приращение напряжений, превышающих горное давление на глубине 700 м, МПа; α – угол залегания пласта, $40^\circ < \alpha < 80^\circ$; t – время эксплуатации выработки, сутки.

Коэффициент корреляции $r \approx 0,75$.

Полученная зависимость является определяющей в оценке и прогнозе устойчивости выработок в зонах изменения упруго-пластических свойств пород в результате увлажнения, упрочнения, разрыхления (гидравлического, буровзрывного и др.) и т.п. Зная величины ожидаемых смещений контура выработок, можно по действующим нормативным документам реализовать выбор крепи для поддержания выработок в условиях искусственного направленного изменения свойств пород в сечении выработки.

С целью апробации правомерности и работоспособности полученных результатов выполнен комплекс исследований в условиях шахт ГХК “Артемуголь” в Центральном районе Донбасса. В основном это были шахты им. В.И. Ленина, “Комсомолец”, им. А.И. Гаевского, им. К.А. Румянцева, им. Ю.И. Гагарина. Испытания проходили в зонах вскрытия пластов с применением дренажных скважин и других мероприятий, а также в подготовительных выработках.

Анализ результатов выполненных исследований позволяет представить схематичный механизм поведения пород с измененными свойствами в приконтурных зонах в следующем виде. В условиях больших глубин применение различных профилактических мероприятий при ведении горных работ (упрочнение, гидрообработка, разгрузка щелями и т.п.) приводит к локальному изменению упруго-пластических свойств и наложению на естественную зону пластического деформирования искусственной, что приводит к изменению предельного состояния пород, их пластического течения и разрушения. При этом вблизи обнажений изменяются параметры формирующихся зон различного деформирования, что сказывается на устойчивости массива.

Установленные закономерности связи характеристик пластичности пород с деформированием и состоянием пород в приконтурных зонах, их анализ, обобщение и апробация в натурных условиях позволили разработать метод прогноза устойчивости массива горных пород, отражающий реальные механизмы прояв-

лений горного давления, и предложить классификацию пород по устойчивости в зависимости от предела текучести и приращения напряжений (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация устойчивости пород, вмещающих выработки

Значение показателей		Смещения контура выработки до момента ее закрепления, мм	Породы
предел текучести T_n , МПа	приращение напряжений, $\Delta\sigma$, МПа		
до 5	не существенно	свыше 500	сильно неустойчивые
5-7	до 2	200-400	неустойчивые
7-12	2-8	100-200	среднеустойчивые
свыше 12	более 8	менее 100	устойчивые

По установленному классу пород с учетом современных разработок по поддержанию выработок определяется рекомендуемый тип крепи.

Применение для поддержания выработок крепления с увеличенной несущей способностью в зонах с измененными упруго-пластическими свойствами (вскрытие выбросоопасных пластов с гидрорыхлением или бурением дренажных скважин, проведение выработок по выбросоопасным пластам с гидрорыхлением) позволяет повысить устойчивость выработок в два и более раза (рис. 4). При этом конвергенция массива в выработках в течение 1-1,5 лет не превышает 200 мм.

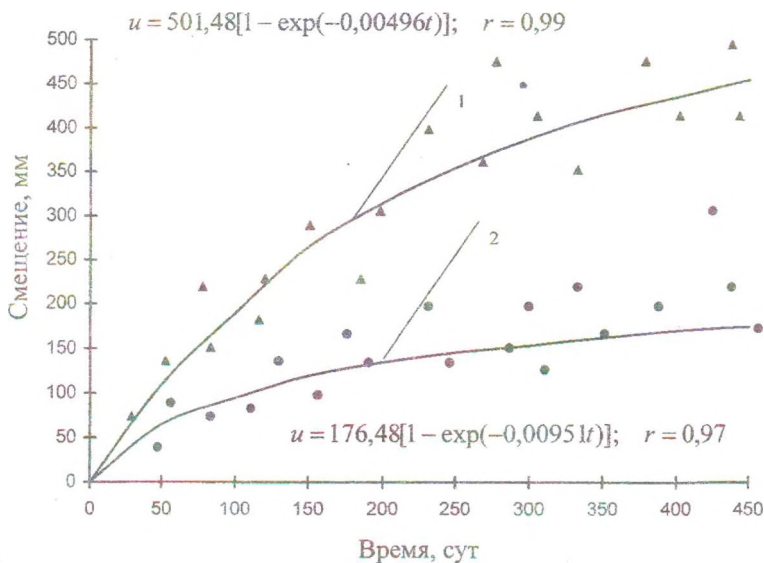


Рис. 4 – Характерная зависимость смещения контура выработки во времени в зонах вскрытия при паспортном поддержании выработок (1) и при учете изменения упруго-пластических свойств пород (2)

Использование рекомендаций по выбору типа крепи для поддержания выработок в зонах искусственного изменения упруго-пластических свойств пород в условиях 17 вскрытий пластов и на протяжении 899 м выработок показало их достаточную эффективность: устойчивость выработок повысилась вдвое, эксплуатационная их способность сохраняется в течение не менее 1,5-2 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений / Б.С. Касаткин, А.Б. Кудрин, Л.М. Лобанов и др. - К.: Наукова думка, 1981. - 584с.
2. Прибор для определения прочностных и деформационных характеристик горных пород / А.Н. Зорин, В.Г. Колесников, О.И. Бобров, С.П. Минеев. - Днепропетровск: Облполиграфиздат, 1979. - 6с.
3. Черняк И.Л., Шмелев А.И. Расчетные схемы по определению смещений почвы горных выработок // Проектирование и строительство угольных предприятий. - М.: ЦНИИТЭИугля. - 1966. - №5. - С.27-32.
4. Усаченко Б.М. Свойства пород и устойчивость горных выработок. - К.: Наукова думка, 1979. - 136с.
5. Потураев В.Н., Минеев С.П. Использование вибрационных и волновых эффектов при отработке выбросоопасных угольных пластов. - К.: Наукова думка, 1992. - 200с.
6. Левшин А.А., Витушко О.В., Нескоромная Е.А. Напряженно-деформированное состояние анизотропного массива горных пород при разработке пласта полезного ископаемого с изменяющейся мощностью // Геотехническая механика. Сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. - Днепропетровск. - 1999. - Вып.15. - С.3-12.

УДК 622.235.5: 539.2

Э.И.Ефремов, А.В.Пономарев, И.Л.Кратковский, К.С.Ищенко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ВЗРЫВНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА ВЫХОД ПЫЛЕВИДНЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Для різних гірських порід виконані експерименти по встановленню залежності кількості дрібних пиловидних фракцій від швидкості детонації вибухових речовин (ВР). Встановлено, що кількість дрібних фракцій (0-100 мкм) залежить не тільки від швидкості детонації ВР, але і від вмісту мінералів із максимальною щільністю дефектів їхньої будови. Існує визначений поріг – насичення, при якому не спостерігається істотного росту кількості пиловидних фракцій при збільшенні швидкості детонації. Практично для всіх гірських порід він зафіксований при швидкості детонації 5500 м/с.

Исследованиями, проведенными на моделях, изготовленных из кернов геологоразведочных скважин и штупов горных пород, установлено, что при взрывном нагружении полиминеральных сред максимальный выход пылевидных фракций (0-100 мкм) и их минералогический состав контролируется теми минералами, в которых плотность дефектов строения («залеченные» микротрещины или плоскости газовой-жидких включений, плоскости спайности, внутри – и межзерновые микротрещины) максимальна [1].

Изучение шлифов горных пород различного генезиса показало, что по плотности дефектов строения минеральных зерен, горные породы могут быть классифицированы в порядке уменьшения количества дефектных зерен следующим образом: граниты → джеспилиты (железистые кварциты) → габбро-диабазы → мигматиты гранитного состава → песчаники → известняки и доломиты.

Наибольшей плотностью дефектов строения минеральных зерен обладают кварцсодержащие породы, наименьшей – известняки и доломитизированные известняки (практически нулевой). Промежуточное значение занимают существенно полевошпатовые породы – песчаники, габбро-диабазы.