

**УСТАНОВЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ РАЗГРУЗКИ
НАПРЯЖЕННОГО ОБРАЗЦА УГЛЯ ПРИ КОТОРОЙ ПРОИСХОДИТ
ЕГО БЫСТРОЕ РАЗРУШЕНИЕ ДО УРОВНЯ
МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ**

В роботі представлені висновки з експериментів по ініціюванню динамічного характеру руйнування вугільних зразків. Виявлено різницю в ініціюванні динамічних явищ при протіканні у вугільній речовині пружних і пластичних деформацій.

**THE DEFINITION OF THE UNDERLOAD VELOCITY OF RELIEF
THE INTENCE SAMPLE OF COAL AT WHICH INSTANTANEOUS
FRACTURE OCCURS WITH FORMATION OF HIGHLY
DISPERSED DUST**

In the work the deductions from experiments on initiation of dynamic character of fracture coal are introduced is model. The difference in parameters of initiation of dynamic phenomens is detected at weep in a coal matter elastic and plastic strains.

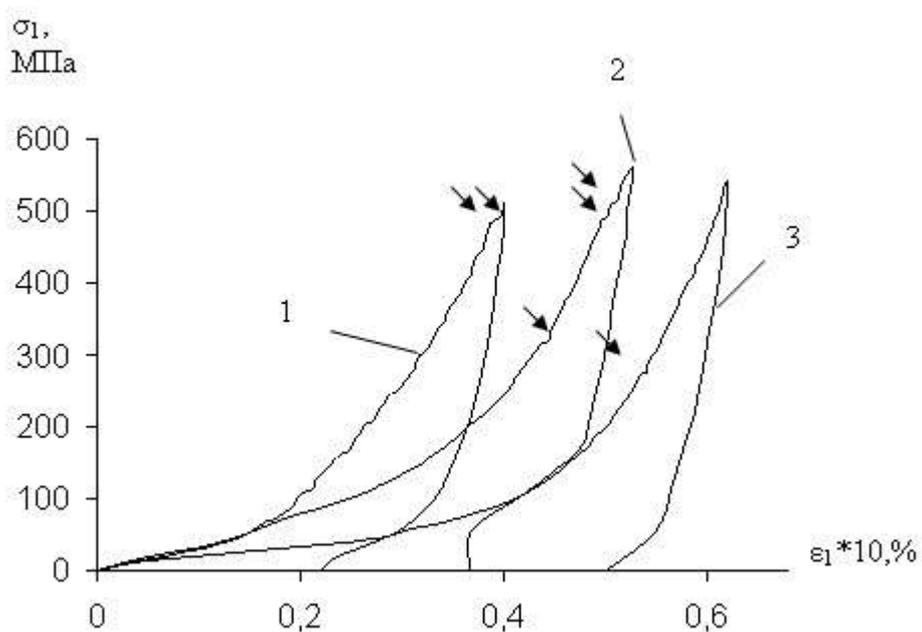
В настоящее время проблема проявления газодинамических явлений (ГДЯ) при разработке угольных месторождений остается не решенной. До сих пор нет научного описания механизмов инициирования и протекания ГДЯ в достаточной мере для их предотвращения при ведении горных работ.

Значительные успехи в изучении, прогнозировании и предотвращения ГДЯ достигнуты советскими учеными А.Т. Айруни, И.М. Петуховым, А.М. Линьковым, В.В. Ходотом, С.А. Христиановичем, А.Н. Зориным и др. [1-5], где в основу принята энергетическая теория выброса.

Работы, направленные на изучение ГДЯ, остаются актуальными, особенно при тенденции увеличения нагрузок на очистные забои и глубин разработок угольных месторождений. Поэтому в настоящее время актуальными являются работы, направленные на совершенствование технологий угледобычи для научного обоснования обеспечения на высоком уровне безопасных условий ведения работ и надежной эксплуатации высоконагруженных лав.

В ИГТМ разработана методика [6] изучения свойств угля при различных режимах его нагружения и разгрузки. При испытании образцов, изготовленных из выбросоопасного угля, по этой методике было обнаружено, что в угольном веществе при нагружении образца проявляются свойства пластической текучести циклично: переход от упругого характера деформирования образца к пластическому и затем снова проявление упругого характера деформирования. При достижении предела нагружения происходит разгрузка в образце с протеканием пластических деформаций, после чего вновь возобновляется развитие, при продолжении режима нагружения, упругих деформаций (рис. 1). Пологое поведение диаграмм деформирования в интервале нагружения от 0 до 100-150 МПа объясняется закрытием техногенных трещин, которые видны на рис. 2, образовавшихся при отбойке угля от груди забоя и

последующем изготовлении образцов на камнерезной машине.



Значения L/h соответственно равны: 1 – 9,03; 2 – 5,71; 3 – 4,25;

—> – характерные участки пластического поведения угля

Рис. 1 – Диаграммы значений деформаций ε_1 при различных напряжениях σ_1

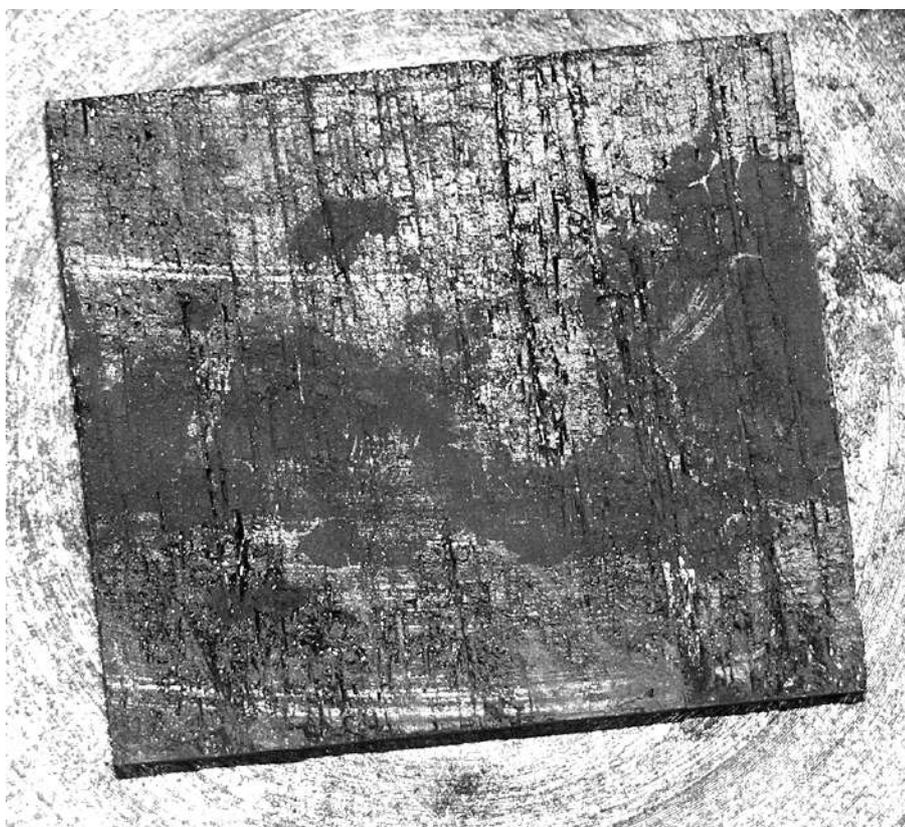


Рис. 2 – Внешний вид угольного образца перед испытаниями

Для дальнейших исследований была поставлена задача определения опытным путем критических значений скоростей изменения величин напряжений в образце при различных начальных значениях напряжений, с целью инициирования быстрого характера разрушения угля до уровня мелкодисперсной пыли, что характерно для динамических явлений (ДЯ).

Исходя из многочисленных экспериментов установлено, что при нагружении образцов со скоростью до 55 МПа/с не происходит инициирования ДЯ для образцов из угля пласта m_3 , отобранного на шахте им. А.Ф. Засядько.

В дальнейшем работы были направлены на режим разгрузки после достижения различных величин нагружения.

Опишем испытание одного из образцов. Уголь отобран из выбросоопасного пласта m_3 шахты им. А.Ф. Засядько с глубины 1200 м. Изготовлен образец с значением отношения ширины L к высоте h равным 6,4/1, (см. рис. 2) с размерами, 40x40x6,25мм. Нагружение производится прессом типа П-50, с максимально достигаемым усилием 50 т. Образец, для достижения безопасных условий испытаний, при инициировании ДЯ, помещается в камере специально изготовленного стенда, который описан в работе [6].

Режим испытаний включал 7 этапов.

1 этап. Нагружаем образец, показанный на рис. 2, методом одноосного сжатия на стенде, до значения напряжений 287 МПа и проводим сброс нагрузки до значения 0 МПа за время 0,3 сек. Динамического характера разрушения образца зарегистрировано не было.

2 этап. Нагружаем тот же образец вторично до уровня 287 МПа. После этого разгружаем образец до 32 МПа за время 0,97 с. ДЯ не было обнаружено.

3 этап. Нагружаем испытуемый образец до значения сжимающих напряжений 328 МПа, после этого разгружаем его до значения напряжений 8 МПа за время 0,77 сек. Динамического характера разрушения образца не было зарегистрировано.

4 этап. Нагружаем образец до значения величины одноосного сжатия 361,8 МПа. При дальнейшей подаче рабочей жидкости в гидросистему пресса не удается увеличить величину нагрузки. Делаем снижение сжимающих напряжений до значения 361 МПа, после чего происходит развязывание ДЯ со звуковым эффектом средней величины (определяется оператором пресса на слух, по опыту). Время разгрузки равно 0,03 сек.

5 этап. Нагружаем образец до уровня сжимающих напряжений 361 МПа и, как на 4-ом этапе, не получалось увеличить нагрузку, что было обусловлено изменением состояния угля после предыдущих этапов испытаний. После этого разгрузили образец до значений сжимающих напряжений 263 МПа, за время 0,5 сек. Произошло ДЯ со звуковым эффектом малой величины.

6 этап. Открыли камеру и осмотрели образец. Визуально установлено формирование на одном из его торцов развитой сети радиальных трещин, которые веерообразно сходятся в области между средней частью полудлины образца и геометрической серединой образца (рис. 3, а).

7 этап. Привели стенд в рабочее состояние и нагрузили образец до вели-

чины сжимающих напряжений 388,3 МПа. В дальнейшем в режиме максимальной скорости подачи рабочей жидкости в гидросистему пресса, увеличения нагружения не происходило, и после выдержки в данном режиме в течение 67 сек произошло уменьшение нагружения на 1,9 МПа. После этого разгрузили образец до уровня сжимающих напряжений 379,2 МПа, за время 0,47 сек. В результате разгрузки было зафиксировано протекание ДЯ с мощным звуковым эффектом. При открытии камеры обнаружена мелкодисперсная пыль, не дающая возможности осмотреть поверхность образца. После удаления пыли, на месте области сходимости радиальных трещин обнаружено образование «бешеной муки», которая вынесла более крупные, краевые части образца, размером 2÷8 мм от его исходного контура к стенкам камеры (рис. 3, б).

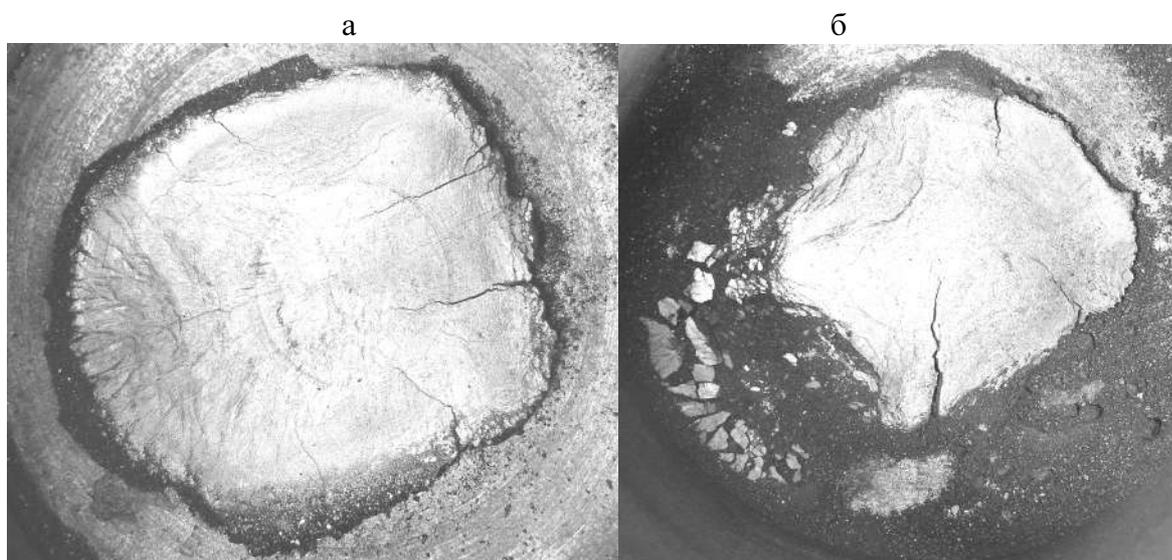


Рис. 3 – Внешний вид угольного образца после 6-го (а) и 7-го (б) этапов испытаний

При анализе настоящих исследований, с учетом результатов приведенных в работе [6], можно сделать вывод: во время невозможности достижения увеличения сжимающих нагрузок на образец, при условии подачи рабочей жидкости в нагружаемую часть пресса и продолжающихся деформаций, что наблюдалось на этапах 4, 5, 7, происходили пластические деформации в угольном веществе.

Результаты испытаний для наглядности сведены в табл. 1, где σ_H - вертикальные значения напряжений в образце перед разгрузкой, МПа; σ_K - значения вертикальных напряжений в образце при окончании режима разгрузки, МПа; $\Delta\sigma$ - величина воздействия в режиме разгрузки на испытуемый образец, $\Delta\sigma = \sigma_H - \sigma_K$, МПа; T_p - время воздействия на образец в режиме разгрузки, сек; $V_{cp \Delta\sigma}$ - средняя скорость изменения регистрируемых прессом сжимающих напряжений в образце при разгрузке, $V_{cp \Delta\sigma} = \Delta\sigma/T_p$, МПа/с; $a_{cp \Delta\sigma}$ - среднее ускорение изменения сжимающих нагрузок при разгрузке, МПа/с²; развитие ДЯ во время испытаний показано знаком «+», его отсутствие – знаком «-»; мощ-

ность ДЯ оценивается оператором пресса на слух по трех – бальной системе: 1-ДЯ малой мощности, 2-ДЯ средней мощности; 3-мощное ДЯ; $\Delta\sigma_{отн}$ – относительное изменение сжимающих напряжений в образце при разгрузке к напряжению перед разгрузкой, $\Delta\sigma_{отн}=(\Delta\sigma/\sigma_n) \cdot 100, \%$; $t_{пл}$ – время наблюдения при нагружении за пластическими деформациями до воздействия на образец разгрузкой, сек.

Таблица 1 – Результаты испытаний при воздействии разгрузкой на угольный образец

№ эта па	σ_n , МПа	σ_K , МПа	$\Delta\sigma$, МПа	T_p , с	$V_{cp \Delta\sigma}$, МПа/с	$a_{cp\Delta\sigma}$, МПа/с ²	Пласт. деф., (+,-)	Протекание ДЯ.(+,-),его мощность	$\Delta\sigma_{отн}$, (%)	$t_{пл}$, с
1	287,8	0	287,8	0,3	959	3197	–	-	100	–
2	287,8	32,8	255	0,97	262	271	–	-	88,60	–
3	328,9	8,2	320,7	0,77	416	540	–	-	97,50	–
4	361,8	361	0,8	0,03	26	888	+	+2	0,22	6,23
5	361,8	263	98,7	0,50	197	394	+	+1	27,28	10,8
6	Осмотр образца и выявление радиальных трещин									
7	388,3	379	9,1	0,47	19	41	+	+3	2,34	67,3

Из анализа проведенных исследований следует, что ДЯ в дегазированном угольном образце, изготовленном из выбросоопасного пласта m_3 , в режиме нагружения не происходят, при скорости нагружения до 55 МПа/с, скорости деформирования порядка $0,5 \cdot c^{-1}$ и напряжениях до 500 МПа.

В первых 3-х этапах эксперимента произошло изменение механических свойств угля. В результате этого в этапах № 4, 5, 7 было обнаружено пластическое деформирование образца. Наиболее существенно пластическое деформирование происходило на этапе № 7 в течение не менее 67 сек (в дальнейшем оператором пресса бала проведена разгрузка образца). Это можно объяснить наличием радиальных трещин, которые сходятся в области между геометрическим центром образца и серединой его полудлины, где сформировалась, в соответствии с работой [7], область со значительной концентрацией касательных напряжений.

При отсутствии пластических деформаций во время нагружения, разгрузка образца со значением $L/h = 6,4/1$ от сжимающих вертикальных напряжений со скоростью $959,3 \text{ МПа} \cdot c^{-1}$, ускорением $a_{cp\Delta\sigma} = 3197,7 \text{ МПа} \cdot c^{-2}$, и $\Delta\sigma_{отн} = 100 \%$ не привела в данном случае к развязыванию ДЯ. Однако из многочисленных опытов следует, что при значениях абсолютных величин нагружения 300 МПа и более ДЯ происходят при упругом деформировании образца перед разгрузкой, со средними скоростями разгрузки 200-300 МПа/с и более.

При разгрузке образца от сжимающих напряжений в условиях одноосного сжатия на величину 0,8 МПа, $V_{cp \Delta\sigma} = 26,6 \text{ МПа} \cdot c^{-1}$, $\Delta\sigma_{отн} = 0,22 \%$ и совпадении во времени с протеканием пластических деформаций в угольном образце, происходит развязывание ДЯ. Поэтому в дегазированном угольном образце, изготовленном из выбросоопасного пласта m_3 , главным фактором развязывания ДЯ по критерию минимальной скорости разгрузки является совпадение

во времени протекания двух процессов – разгрузки и пластической деформации. Зафиксированная величина уменьшения напряжений при разгрузке, отнесенная к величине нагружения перед началом разгрузки составляет $\Delta\sigma_{отн.} = 0,22 \%$, т.е. незначительное влияние на состояние образца разгрузкой при протекании пластической деформации приводит к инициированию и развитию ДЯ в угольном образце.

Выводы.

1. При значениях $L/h > 4/1$ для одного и того же угля, взятого из пласта m_3 в условиях шахты им. А.Ф. Засядько, модуль упругости во время нагружения постоянен после достижения напряжений 150-200 МПа.

2. Для взятого угля из пласта m_3 , в условиях шахты им. А.Ф. Засядько с глубины 1200м установлено, что минимальное значение скорости разгрузки, равное 19 МПа/с, при котором происходит развязывание ДЯ, зарегистрировано во время развития в угольном веществе пластических деформаций.

3. В угольном образце возможно образование радиальных трещин с протеканием ДЯ. Эти трещины приводят к изменению механических свойств угля и при дальнейшем незначительном воздействии разгрузкой во время протекания пластических деформаций при нагружении, происходит развязывание ДЯ. Установлено следующее свойство угля: концентрация касательных напряжений в связи с образованием радиальных трещин в угольном веществе может произойти задолго до проявления ДЯ.

4. Примененный способ испытания угольных образцов является более представительным в аспекте выявления физико-механических свойств угольного вещества в системе пресс-образец по отношению к общепринятым ГОСТ-овским испытаниям образцов горных пород.

5. Задаваясь необходимыми режимами нагружения – разгрузки можно выявлять граничные критические режимы воздействия на угольное вещество непосредственно при развитии динамического характера разрушения с образованием мелкодисперсной пыли, что необходимо для дальнейшего обоснования и разработки безопасных технологий и способов ведения горных работ для конкретных выбросоопасных угольных пластов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. – М.: Недра. 1983. -200 с.
2. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. – М.: Госгортехиздат, 1961.
3. Христианович С.А. Распределение давления газа впереди движущейся свободной поверхности угля// Изв. АН СССР Отделение техн. наук. Механика жидкости и газа, 1953. №12.-С. 1673-1678.
4. Айруни А.Т. Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах. – М.: Наука, 1987. -30 с.
5. Зорин А.Н., Халимендик Ю.М., Колесников В.Г. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых. – М.: ООО «Недра – Бизнес-центр», 2001.-413 с.
6. Дякун Р.А. Результаты исследований поведения угольных образцов при высоких давлениях / Геотехнічна механіка: Між від. збір. наук. праць, Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпропетровськ, 2006. –Вип. 62. –С. 73-84.
7. Панасюк В.В., Саврук М.П., Дацишин А.П. Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках. – К.: «Наукова думка», 1976. –443 с..