

УДК 622.031.55

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ РАЗРАБОТКИ ЗАЩИТНЫХ ПЛАСТОВ

Южанин И. А., Терлецкий А. М.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Коптиков В. П., Евдокимова В. П., Пищев А. В.

(МакНИИ, г. Макеевка, Украина)

Наведені основні положення способу визначення категорії захисту пластів, схильних до газодинамічних явищ, при випереджальній розробці захисних пластів, розробленого методами математичної статистики.

Essentials of the mathematical statistics-based method to determine protection category of seams prone to gas-dynamic phenomena in advance mining of protective seams are described.

Опережающая разработка защитных пластов в свитах является наиболее эффективным средством предотвращения газодинамических явлений (ГДЯ). До последнего времени нормативным документом, регламентирующим вопросы защитной разработки, являлся отраслевой стандарт Украины СОУ 10.1.00174088.011–2005 [1]. Научной основой этого документа являлись исследования, выполненные под руководством И. М. Петухова в 1960–80 гг.

Изменившиеся условия разработки пластов позволили обнаружить недостатки указанного документа. В первую очередь это выражается в неадекватности расчетной дальности защитного действия изменению глубины разработки. Так, если при малых глубинах расчетная дальность защитного действия была завышена, о чем свидетельствуют ошибки первого рода, отмечавшиеся в тот период, то на глубинах 1000 м и более, наоборот, расчетная

дальность оказывается заниженной, и во многих случаях отмечаются ошибки второго рода. Например, при средней длине лавы (Центральный район Донбасса) $a = 130$ м и глубине работ $H = 1000$ м исходная расчетная дальность при надработке S_2' равна 37 м, а с учетом коэффициентов β_1 (учитывающего соотношение эффективной и критической мощности пласта) и β_2 (учитывающего содержание песчаников в породах междупластья) расчетная дальность S_2 составляет от 20 до 30 м. Фактическая дальность во многих случаях составляет 35 м и более.

Кроме того, в некоторых условиях (см. расчет в [2]), с увеличением ширины выработанного пространства дальность защитного действия опережающей надработки уменьшается, что противоречит практике.

Указанные недостатки объясняются некорректным применением исходных показателей, формирующих защитные свойства опережающей разработки, а именно:

- влияние пород междупластья на защитное действие определяется только их общей мощностью и суммарным относительным содержанием в них песчаников; при этом не учитываются их прочностные свойства (так, предел прочности песчаников на одноосное сжатие изменяется от 9 до 316 МПа [2]) и расположение их относительно защитного пласта;

- не учитываются мощность, прочностные свойства и удаленность других видов пород, помимо песчаника, прочность которых составляет: у известняков 60–197,5 МПа, аргиллитов 6–154 МПа, песчано-глинистых сланцев 12–133 МПа и алевролитов 9–212,5 МПа [2];

- при расчете коэффициента β_2 учитывается содержание песчаников во всем междупластье, в то время как фактически оказывает влияние на защитное действие содержание песчаников на расстоянии $\beta_1 S_2'$ от защитного пласта;

- не учитываются параметры (мощность, количество слагающих пласт пачек) и свойства (степень метаморфизма, содержание золы, влаги) подзащитного пласта;

- не учитывается газовый фактор.

По результатам многолетних исследований, выполненных МакНИИ и УкрНИМИ, разработан и утвержден новый норма-

тивный документ по защитной разработке – СОУ–П 10.1.00174088.016:2009 "Правила определения эффективности опережающей защиты пластов, склонных к газодинамическим явлениям". Он призван заменить положения действующего СОУ в части определения дальности защитного действия и категории защиты.

Новый документ разработан на основе следующих положений.

1. Защитное действие опережающей разработки пластов формируется характеристиками и свойствами физической системы *защитный пласт – междупластье – подзащитный пласт*.

2. В формировании защитного действия участвуют горно-геологические и горнотехнические условия разработки защитного пласта (мощность, угол падения, глубина, ширина выработанного пространства, способ управления горным давлением).

3. Защитное действие пород междупластья охарактеризовано величиной относительной деформации пород на уровне подзащитного пласта, которая определяется по мощности и прочности всех слоев междупластья, их взаиморасположения с учетом эффекта «экранирования» деформаций, а при подработке – и взаимовлияния слоев.

4. Влияние подзащитного пласта на формирование защитных свойств характеризуется его мощностью, количеством слагающих его пачек, газоносностью, выходом летучих веществ, содержанием золы и влаги.

5. Учтено влияние газового фактора на формирование защитного действия посредством определения остаточной газоносности подзащитного пласта или через соотношение природной и остаточной газоносности.

6. Между факторами, формирующими защитное действие опережающей разработки, и эффективностью защитного действия существуют зависимости, установленные методами математической статистики.

7. Указанные зависимости (математические модели) служат для определения категории защиты пластов при опережающей разработке дифференцированно по виду геомеханического влияния (над- или подработка) и виду ГДЯ (внезапные выбросы угля

и газа, внезапные выдавливания угля, внезапные обрушения угля, горные удары).

Приведем порядок определения эффективности защитного действия (категории защиты) пластов, склонных к внезапным выбросам угля и газа, при их надработке.

1. Формируют базу данных для определения категории защиты, включающую исходные и расчетные показатели (табл. 1, 2).

Таблица 1
 База данных для определения категории защиты

Наименование, обозначение и единица измерения показателей	Значения показателей пластов	
	защитного	подзащитного
Индекс	k_4'	k_3^H
Опасность по ГДЯ	–	Склонен к выбросам и выдавливаниям
Вынимаемая мощность m_b, m , м	0,80	0,75
Глубина разработки H , м	960	–
Угол падения пород α , градус	62	–
Способ управления горным давлением (k_v)	Удержание на кострах	–
Ширина выработанного пространства по падению a , м	250	–
Количество пачек n	–	2
Выход летучих веществ V^{daf} , процент (%)	–	26,0
Содержание золы A^c , процент (%)	–	23,9
Содержание влаги W , процент (%)	–	1,6
Расчетные показатели		
Эффективная мощность $m_э$, м	0,56	–
Показатель влияния выхода летучих веществ KV	–	0,531
Относительная деформация пород междупластья ε , промилле	–	1,032
Остаточная газоносность X_0' , м ³ /т	–	12,442

Таблица 2

Исходные данные и результаты расчета деформаций
 междупластья $k_4' - k_3^H$

Наименование пород	Мощность слоев m , м	Прочность на одноосное сжатие σ_c , МПа	Фактическое расстояние до пласта, м	Расстояние до пласта, м		Деформация ε , ‰
				условное h_i'	расчетное h_i	
Сланец песчано-глинистый	1,06	6	1,06	–	1,060	13,500
Песчаник	7,43	8	8,49	0,911	8,341	2,917
Сланец глинистый	2,56	4	11,05	8,341	10,901	2,423
Известняк	0,20	8	11,25	15,697	15,897	2,402
Угольный пласт	0,72	1	11,97	11,040	11,760	2,300
Сланец песчано-глинистый	1,59	6	13,56	35,111	36,701	2,230
Песчаник	2,65	8	16,21	14,301	16,951	1,983
Сланец песчаный	4,77	7	20,98	14,570	19,340	1,630
Сланец песчаный	0,62	6	21,60	20,748	21,368	1,597
Угольный пласт	0,64	1	22,24	23,173	23,813	1,567
Песчаник	1,94	8	24,18	61,111	63,051	1,534
Сланец песчаный	3,09	7	27,27	21,118	24,208	1,395
Сланец глинистый	4,77	4,5	32,04	25,970	30,740	1,242
Известняк	2,03	8	34,07	38,782	40,812	1,199
Угольный пласт	1,09	1	35,16	30,155	31,245	1,169
Песчаник	4,51	9	39,67	93,285	97,795	1,132
Сланец песчано-глинистый	1,15	6	40,82	30,787	31,937	1,103
Угольный пласт	0,82	1	41,64	39,530	40,350	1,088
Песчаник	4,99	8	46,63	103,552	108,542	1,053
Сланец песчаный	0,80	7	47,43	36,355	37,155	1,037
Угольный пласт k_3^H	0,75	1	48,18	110,931	111,681	1,032
Мощность междупластья	48,18					

Эффективную мощность защитного пласта находят по формуле

$$m_э = m_г \cdot k_y, \quad (1)$$

где k_y – коэффициент, учитывающий способ управления горным давлением [3].

Показатель влияния выхода летучих веществ определяют из выражения

$$KV = \frac{|V^{daf} - V_m^{daf}|}{V_m^{daf}}, \quad (2)$$

где V^{daf} – выход летучих веществ выбросоопасных пластов, соответствующий максимальной частоте выбросов, $V_m^{daf} = 16,98\%$ [3].

Относительную деформацию надрабатываемого однородного массива или первого слоя рассчитывают по формуле

$$\varepsilon = \exp \left(-1,006 + 0,364 \cdot \ln \frac{\gamma H \cdot \cos \alpha}{0,1 \cdot \sigma_c} - 0,692 \cdot \ln \frac{h}{a \cdot m_э} \right), \quad (3)$$

где $\gamma = 0,025 \text{ МН/м}^3$ – средний объемный вес пород;
 h – мощность однородного междупластья (первого слоя пород), м.

Остальные обозначения приведены в табл. 1 и 2.

С применением понятия условного расстояния до защитного пласта, т.е. расстояния от предыдущего слоя пород до защитного пласта, приведенного к прочности рассчитываемого слоя, формула (3) может быть использована и для расчета слоистого междупластья в соответствии с методикой [3].

Остаточную газоносность подзащитного пласта рассчитывают согласно [3] (таб. 3).

Таблица 3

Расчет остаточной газоносности пласта k_3^H

Наименование показателей	Обозначение, расчетная формула, значение
1. Природная газоносность	$X = 16,7 \text{ м}^3/\text{т с.б.м}$
2. Коэффициент пересчета газоносности пласта на уголь	$k_{WA^c} = \frac{100 - W - A^c}{100} =$ $= \frac{100 - 1,6 - 23,9}{100} = 0,745$
3. Природная газоносность в пересчете на горную массу	$X_y = X \cdot k_{WA^c} =$ $= 16,7 \cdot 0,745 = 12,442 \text{ м}^3/\text{т}$
4. Предельное расстояние между пластами по нормали, начиная с которого газовыделение из подзащитного пласта практически равно нулю	$M_p = k_y \cdot m_g \cdot (1,2 - \cos \alpha) =$ $= 45 \cdot 0,8 (1,2 - \cos 62^\circ) = 26,3 \text{ м}$ где $k_y = 45$ при удержании боковых пород на кострах [3]
Примечание. Поскольку $M_p < M = 48,18 \text{ м}$, то расчет дальше не производят и в качестве остаточной газоносности пласта k_3^H принимают значение $X_y = 12,442 \text{ м}^3/\text{т}$	

2. Находят значения главных компонент $\{F_1; F_2\}$ по системе уравнений

$$\begin{cases} F_1 = -0,733 - 1,725 \cdot \ln m_g - 0,313 \cdot \ln \varepsilon + 0,02955 \cdot m - \\ -0,0159 \cdot KV + 0,00231 \cdot X'_0; \\ F_2 = -0,9646 - 0,838 \cdot \ln m_g + 0,751 \cdot \ln \varepsilon + 0,07285 \cdot m + \\ + 2,052 \cdot KV - 0,0236 \cdot X'_0. \end{cases} \quad (4)$$

3. Определяют категорию защитного действия графически или аналитически.

В первом случае вычисленные значения главных компонент наносят на графике рис. 1 и определяют принадлежность объекта к одной из областей защиты: эффективной (ЭЗ), неэффективной (НЗ) или отсутствия защиты (ОЗ).

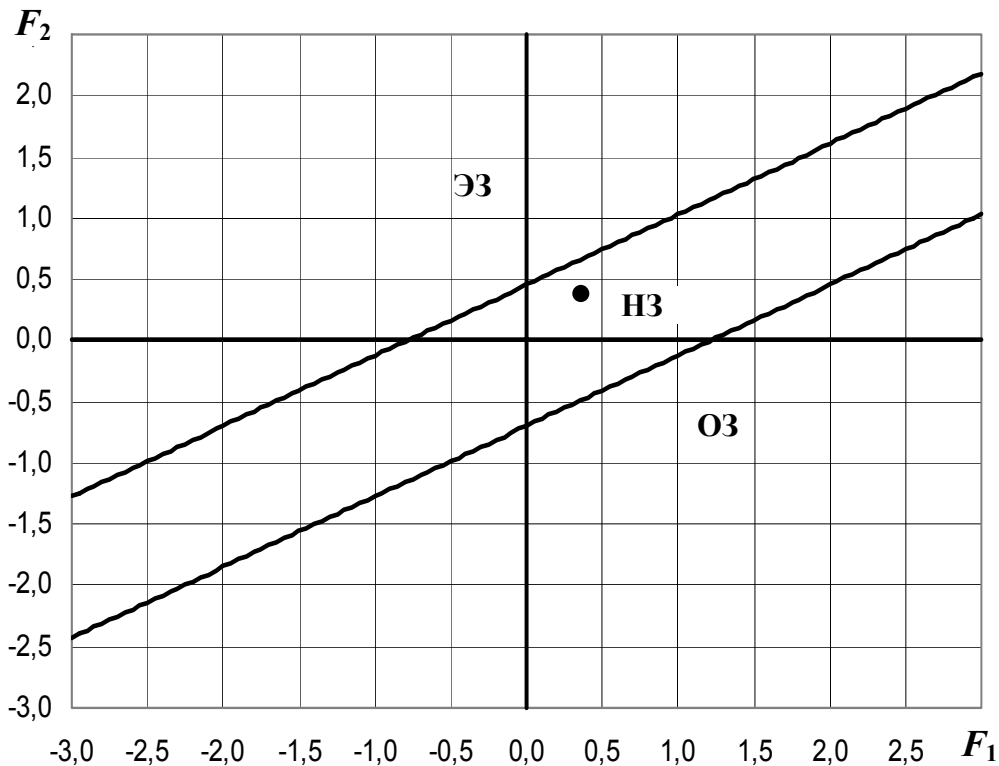


Рис. 1. График определения категории защиты при опережающей надработке

При аналитическом способе определения категории защиты сначала вычисляют параметр k через главные компоненты:

$$k = 1,9 \cdot F_1 - 3,3 \cdot F_2, \quad (5)$$

а затем определяют категорию защиты через критериальные значения этого параметра:

$$\left\{ \begin{array}{l} k < -1,5 \quad - \text{категория ЭЗ} \\ -1,5 \leq k \leq 2,3 \quad - \text{категория НЗ} \\ k > 2,3 \quad - \text{категория ОЗ} \end{array} \right. \quad (6)$$

В качестве примера определим категорию защиты для условий надработки пласта k_3^H пластом k_4' , на западном крыле гор. 960 м шахты «Комсомолец» ГП «Артемуголь». Исходные и расчетные данные приведены в табл. 1, 2 и 3.

Дадим пояснения к расчетным показателям.

Эффективная мощность определится по формуле (1)

$$m_y = 0,7 \times 0,8 = 0,56 \text{ м,}$$

где $k_y = 0,7$ при удержании боковых пород на кострах [3].

Показатель влияния летучих веществ определяется по формуле (2).

$$KV = \frac{|26 - 16,98|}{16,98} = 0,531.$$

Относительная деформация первого слоя пород определится по формуле (3):

$$\varepsilon = \exp\left(-1,006 + 0,364 \cdot \ln \frac{0,025 \cdot 960 \cdot \cos 62^\circ}{0,1 \cdot 60} - 0,692 \cdot \ln \frac{1,06}{250 \cdot 0,56}\right) = 13,5\%.$$

Результаты расчета деформаций остальных слоев междупластья $k_4' - k_3^H$ (включая промежуточные данные) приведены в табл. 2.

По формуле (4) определяем значение главных компонент

$$\begin{cases} F_1 = -0,733 - 1,725 \cdot \ln 0,56 - 0,313 \cdot \ln 1,032 + 0,02955 \cdot 0,75 - \\ - 0,0159 \cdot 0,531 + 0,00231 \cdot 12,44 = 0,300; \\ F_2 = -0,9646 - 0,838 \cdot \ln 0,56 + 0,751 \cdot \ln 1,032 + 0,07285 \cdot 0,75 + \\ + 2,052 \cdot 0,531 - 0,0236 \cdot 12,44 = 0,396. \end{cases}$$

Нанеся значения компонент F_1 и F_2 на график рис. 1, получаем, что расчетный объект принадлежит области защиты НЗ (неэффективная защита).

Аналогичный результат получим при расчете категории защиты аналитическим способом.

Параметр k вычисляем по формуле (5):

$$k = 1,9 \cdot F_1 - 3,3 \cdot F_2 = 1,9 \cdot 0,300 - 3,3 \cdot 0,396 = -0,736.$$

Это значение соответствует критериальному значению (6) НЗ – неэффективная защита.

Расчет категории защиты пласта k_3^H по виду внезапных выдавливания (расчет в статье не приводится) показал, что наработка его пластом k_4' обеспечивает эффективную защиту.

Расчетные категории подтверждаются практикой: в пласте k_3^H в надроботанных пластом k_4' зонах ГДЯ не отмечено.

СПИСОК ССЫЛОК

1. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ [Текст]. – Увед. 2005–12–30 – К.: Мінвуглепром України, 2005.– 225 с.
2. Евдокимова, В. П. Статистический способ определения эффективности защитного действия опережающей наработки выбросоопасных пластов [Текст] / В. П. Евдокимова, В. П. Коптиков, И. А. Южанин.– Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2007.– 443 с.
3. СОУ–П 10.1.00174088.016:2009 Правила визначення ефективності випереджального захисту пластів, схильних до газодинамічних явищ [Текст]. – Увед. 2009–06–01 – К.: Мінвуглепром України, 2009.– 27 с.