

закрывают и вновь доводят его до 5..7 МПа. Дальнейшее повторение циклов подачи и сброса жидкости в скважине, сопровождающееся выносом в выработку разрушенного угля и десорбированного газа приводит к перераспределению сил горного давления и переводу обрабатываемой зоны пласта в невыбросоопасное состояние. Воздействие прекращают по окончании выноса из скважины угля, что визуальнo контролируется через каждые 20-30 циклов, после чего производят демонтаж оборудования и уборку вышедшего из скважины угля. При эффективном воздействии давление газа на контрольных манометрах не должно превышать 1 МПа. Однако с целью повышения безопасности ведения работ проводят контроль эффективности мероприятия по начальной скорости газовыделения и определяют величину зоны разгрузки. Дальнейшее проведение выработки осуществляют буровзрывным способом. Причем, после каждого цикла БВР повторяют замеры начальной скорости газовыделения. Длина зоны разгрузки рассчитывается, исходя из радиуса эффективного воздействия равного 8 м и составляет

$$l_{эф} = 16 + l_n, \text{ м,}$$

где l_n - длина технологической скважины, пробуренной по пласту. Величина неснижаемого опережения - 2 м.

Применение гидродинамического воздействия для предотвращения внезапных выбросов при проведении подготовительных выработок позволит увеличить в 2 – 3 раза темпы их проведения.

УДК.553.93.94.622

С. Я. Иванчишин, А. Т. Курносков, Б. В. Лопушанский, Ф. И. Чухно

К МЕХАНИЗМУ ПУЧЕНИЯ ПОРОД В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Приведені результати досліджень підняття гірничих порід, на основі яких побудована модель процесу підняття під впливом стискуючих та підпирюючих сил. Модель базується на рішенні задач теорії пружності з урахуванням повзучості шаруватого масиву.

Процесс деформаций и разрушений почвы горных выработок является весьма сложным и определяется многими факторами, значимость которых в различных условиях может существенно изменяться. Методы решения задач, связанных с пучением, основываются в большинстве на гипотезах горного давления с применением различных теорий и уравнений состояния среды. Это задачи, основанные на теории упругости, ползучести и комбинированных сплошных сред.

Для описания механических процессов деформирования горных пород обычно используют различные реологические модели, которые в какой то мере сравнимы с поведением пород. Таким способом можно математически описать основную связь между напряжением, деформацией и временем. Теория, наиболее полно отражающая реологические процессы – это наследственная теория ползучести пород, которой сейчас пользуются многие исследователи при решении задач. Ж. С. Ержанов определил, что предел, к которому стремятся дефор-

мации ползучести, практически линейно зависят от величины нагрузки при ее изменении в пределах 20-80 % от разрушающей [1].

На рис. 1 а, б представлена модель процесса пучения, где действия сжимающих P_1 и подпорных P_2 сил определяются действием гравитационных $P(yH)$. В тектонически активных зонах величина P_1 может быть значительно больше P . Пучение пород будет проявляться, если накопленной потенциальной энергии от действия сил P_1 и P_2 окажется достаточно для преодоления временного сопротивления на изгиб пород почвы или их разрушения. Модель процесса пучения основывается на решении задач теории упругости с учетом ползучести слоистого массива.

При прочих равных условиях для горизонтальных и пологих пластов изгиб почвы от выпучивания пород будет синусоидальный, т.е. наибольшее значение в середине выработки (рис. 1а). Для пластов с другими углами падения максимальное пучение смещается к одному из боков выработки (на рис. 1а – пунктирная кривая). На рис. 1б, в показано разложение сил, откуда видно, что с изменением угла падения пород составляющая P_x вдоль напластования активно участвует в процессе пучения, достигая максимального значения при $\alpha = 45^\circ$. На крутонаклонных и крутых пластах возможны сползания пласта и пород. Поэтому, пучение пород в горизонтальных подготовительных выработках будет интенсивнее со стороны восстания пласта, что практически наблюдается на шахтах.

Установлено, что мощность пучащих слоев колеблется в диапазоне 0,5-14 м, а в 50 % случаев составляет до 4 м [2]. Она соизмерима с шириной выработки и на глубине 6 м составляет несколько миллиметров.

Критическое значение и величину пучения можно рассчитать, принимая породы почвы за балку, деформируемую под действием сил P_1 и P_2 . Тогда дифференциальное уравнение устойчивости ее можно отразить уравнением [3]:

$$D \left(\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} \right) + P_1 \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = 0 \quad (1)$$

Если принять решение уравнения (1) в виде

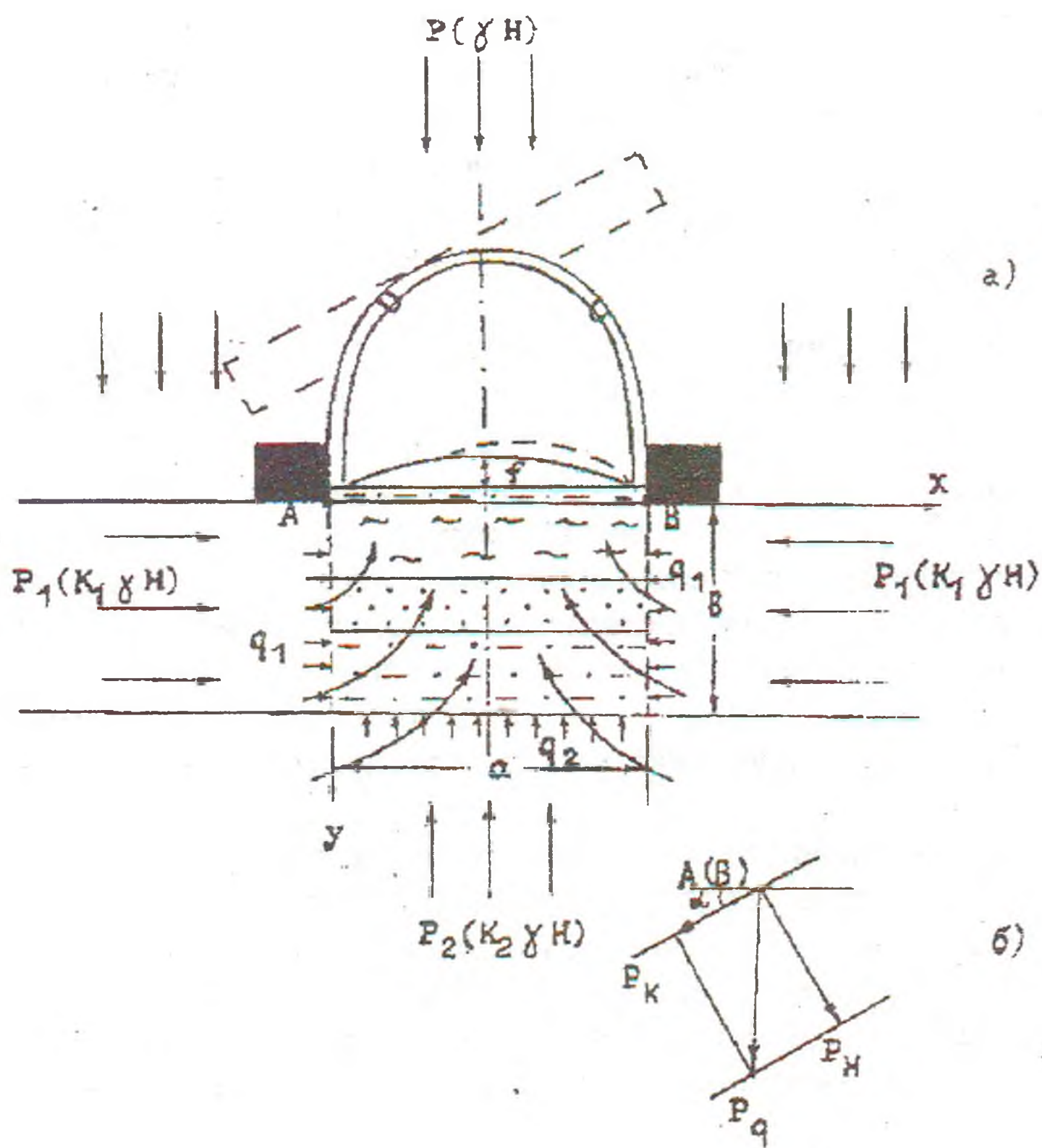
$$\omega \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{c},$$

то критическое значение сжимающей силы P_1 будет:

$$P_1^{кр} = \frac{\pi^2 D}{c^2} \left(\frac{mc}{a} + \frac{a}{mc} \right)^2, \quad (2)$$

где ω - прогиб вдоль выработки, м (ось OZ); a - ширина выработки; c - длина пучащей части выработки; $c \approx b \approx a$; $D = Ec^3/12(1-\nu^2)$ - изгибная жесткость пород; m - число волн при выпучивании вдоль ширины выработки a ; E - модуль упругости, МПа.

Механизм пучения пород



при $\alpha = 0^\circ$ $P_k - \min = 0$ $P_H - \max = P_g$
 $\alpha = 45^\circ$ $P_k = 0,71P_g$ $P_H = 0,71P_g$
 $\alpha = 90^\circ$ $P_k - \max = P_g$ $P_H - \min = 0$

в)

Рис. 1

Если $a/m=c$, то

$$P_1^{np} = k\pi^2 D / e^2, \quad (3)$$

где: k – постоянный коэффициент, зависящий от величины a/e ; e – мощность пучащих слоев, м.

Величину пучения от действия равномерно распределенной нагрузки P_1 можно определить из выражения [2, 3]:

$$f_{q_1} = \frac{5\varphi q_1 a^4 (1-\nu^2)}{32Ee^3}, \quad (4)$$

где φ – коэффициент текучести пород (изменяется в пределах 180-230); q_1 – нагрузка с боков на единицу площади, МПа; ν – коэффициент Пуассона.

Если $e \approx a$, то

$$f_{q_1} = \frac{\varphi q_1 a (1-\nu^2)}{E} \quad (5)$$

Для определения величины пучения от действия подпорных сил P_2 воспользуемся задачей об изгибе балки с заделанными концами [3]. Так как для равномерно распределенной нагрузки q_2 постоянно, величина пучения будет:

$$f_{q_2} = \frac{\varphi q_2 a^3}{4EI\pi^4} \cdot \int_0^a \left(1 - \cos \frac{\pi x}{a}\right) dx = \frac{\varphi q_2 a^4}{4EI\pi^4}, \quad (6)$$

где q_2 – нагрузка снизу, т/м; x – изменяющаяся координата.

Полная величина пучения

$$F = f_{q_1} + f_{q_2}. \quad (7)$$

Для разрушения слоистого массива необходим определенный запас энергии, который можно определить по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{\sigma_{ca}^2}{2E_{ca}} V_{ca}, \quad (8)$$

где σ_{ca} – прочность на одноосное сжатие слоистого массива пород почвы, МПа; E – средневзвешенный модуль упругости слоев, МПа; V_{ca} – объем пучащей почвы.

Обычно прочность на разрушение слоистого массива σ_{ca} определяют как средневзвешенную от прочности слоев, что соответствует определенному запасу энергии для такого разрушения.

Слоистый массив, в отличие от однородного, представляет собой новый вид массива с присущими ему новыми физико-механическими свойствами. Запаса потенциальной энергии для разрушения такого массива необходимо значительно меньше вышеуказанного, в связи с концентрацией напряжений на границе разнопрочных сред. Предложенная формула учитывает эти свойства массива [4].

$$\sigma_{ca} = \frac{h_1}{h} \sigma_1 + \frac{h_2}{h} \sigma_2 + \dots + \frac{h_i}{h} \sigma_i - \left\{ \frac{\alpha\beta}{m-1} \left[\frac{h_i}{h} \sqrt{\frac{h_2}{h}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{h_3}{h} \sqrt{\frac{h_3}{h}} \sqrt{(\sigma_2 - \sigma_3)^2} + \dots + \frac{h_i}{h} \sqrt{\frac{h_{i-1}}{h}} \sqrt{(\sigma_i - \sigma_{i-1})^2} \right] \right\}, \quad (9)$$

где $\sigma_{ст}$ - прочность слоистого массива, МПа; σ_1 - прочность более прочного слоя, МПа; σ_2 - прочность менее прочного слоя, МПа; h_1 - мощность более прочного слоя, м; h_2 - мощность менее прочного слоя, м; h - мощность слоистого массива, м; m - количество слоев; $\alpha \approx 2,50$; $\beta \approx 1,20$.

Коэффициенты определены экспериментально.

α - коэффициент, характеризующий ползучесть материала;

β - коэффициент, зависящий от количества слоев (контактов) пучащего слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов А. А. Механика горных пород и массивов. Изд-во "Недра", 1980.
2. Лыткин В. А. Механизм пучения пород в подземных выработках. Изд-во "Наука", 1965.
3. Тимошенко С. П. Статические и динамические проблемы теории упругости. Изд-во "Наукова думка", Киев, 1975.
4. Шестаков Г. П. Опыт изучения и расчета запаса энергии глубоких горизонтов. ЦНИЭИуголь, М., 1979.

УДК 550.832:622.235.8

Ю.Н. Пилипенко, Я.М. Наливайко

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ МЕЛКОАМПЛИТУДНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ЗОНАХ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ

Методичні особливості виконання параметризації дрібноамплітудних тектонічних порушень у зонах змінних структур. Викладені методичні основи вивчення параметрів структурних змін масиву гірських порід у зонах дрібноамплітудних тектонічних порушень.

Исследование поведения горных пород в зоне мелкоамплитудных тектонических нарушений требует нестандартного подхода к методическому обеспечению и выполнению наблюдений. Это выражается в многогранности протекающих процессов и необходимости их регистрации в достаточно ограниченном временном интервале, без нарушения технологии ведения очистных работ. В практике подземных исследований встречается ряд задач, к решению которых невозможно применить существующий аппарат планирования эксперимента и оценить его результаты. Особенно это актуально при решении технологических и геомеханических задач, возникающих в процессе совершенствования горного производства, требующего изучения теоретических концепций, исходящих из более общих моделей эксперимента и рассчитанных на использование современного математического аппарата и вычислительной техники.

Для оценки свойств и состояния горного массива разработан ряд экспериментально-производственных методов, однако, они не во всех случаях обеспечивают достаточную для практики надежность получаемой информации [1-3].