

УДК 622.283.2

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОСТАВЛЕНИЮ ПОРОДЫ В ШАХТАХ

Питаленко Е. И., Васютина В. В.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Пакин Ю. В.
(ГП «Красноармейскуголь»)

У представленому матеріалі дано нове рішення по використуванню гірської породи безпосередньо в самій шахті. Пропонуються нові охоронні елементи конструкцій на основі тумб БЖБТ і породних прошарків податливих властивостей. Дано аналітичний розрахунок несучої здатності охоронної конструкції.

The paper describes a new solution for employing rock right in the mine. New protective structural elements based on BGBT pillars and pliable rock seams are proposed. Analytical estimation of protective structure bearing capacity is given.

Проблема поддержания горных выработок на угольных шахтах всегда была одной из наиболее важных научных и производственных задач. Особое значение она приобретает с ростом глубины ведения горных работ, что в свою очередь сопровождается ростом величины горного давления в окружающем выработку горном массиве и ухудшением горногеологических условий [1]. В таблице 1. представлены данные по состоянию горных выработок на шахтах ГП «Красноармейскуголь». Как видно из представленных данных, наиболее подвержены влиянию горных работ подготовительные участковые выработки. До 30 % штреков и 50 % уклонов не соответствуют нормативным сечениям по зазорам [2, 7]. Ухудшению условий поддержания и охраны гор-

ных выработок способствовало также и падение производства специальных охранных элементов, например, тумб БЖБТ [3], которые широко применялись на шахтах до начала 90 -х годов. Производство этих тумб было налажено в Донбассе в 70-80-е годы на ряде крупных заводах, в таких городах как Красный Луч, Торез, Горловка, Донецк и т.д. Было также организовано производство газобетонных изделий для охраны и крепления выработок [4], опытно-промышленная проверка которых в различных горногеологических условиях показала их высокую экономическую и техническую эффективность. В настоящее время из-за высокой стоимости изделий производство резко свернуто.

Таблица 1

Состояние горных выработок на 1 января 2008 г.
 в ГП «Красноармейскуголь»

Вид выработок	Протяженность выработок, м (действующие выработки)			
	Всего, м	В том числе, неудовлетворительное состояние по:		
		по сечению	по высоте	по зазорам
Всего выработок	18060	7130	8320	2610
Квершлагги	1850	830	700	320
Бремсберги	3170	500	2320	350
Уклоны	6270	2440	3100	730
Штреки	6120	2970	2010	1140

К тому же широкое распространение в последнее время получили анкера из полимеров и крепление литыми полосами по зарубежной технологии [5].

Тем не менее, на наш взгляд, достоинства крепи БЖБТ далеко не исчерпаны. Как показывает опыт их применения на крутом падении [6], несущая способность таких конструкций значительно повышается при применении податливых прокладок между плитами, например, распилы или плиты ДВП. Кроме того, при установке тумб можно избежать ручного труда, если тумбы собирать на штреке, а для установки их применить механизирован-

ные устройства [6]. Необходимо одновременно с этим решить и проблему складирования породы непосредственно в шахте без выдачи ее на поверхность, тем самым, решив важнейшую экологическую проблему. Для этого в качестве податливого элемента применяют мешки с породой, которые следует устанавливать в качестве прокладок между плитами. Опыт отдельного использования мешков с породой уже есть [3], а вот в комбинации с БЖБТ никогда не применялся. На (рис. 1) представлена схема такой конструкции.

Для определения несущей способности предложенной породно-железобетонной конструкции воспользуемся математическим моделированием. На (рис. 2) представлена расчетная схема. Породы почвы и кровли для упрощения расчетов представим абсолютно жесткими плитами.

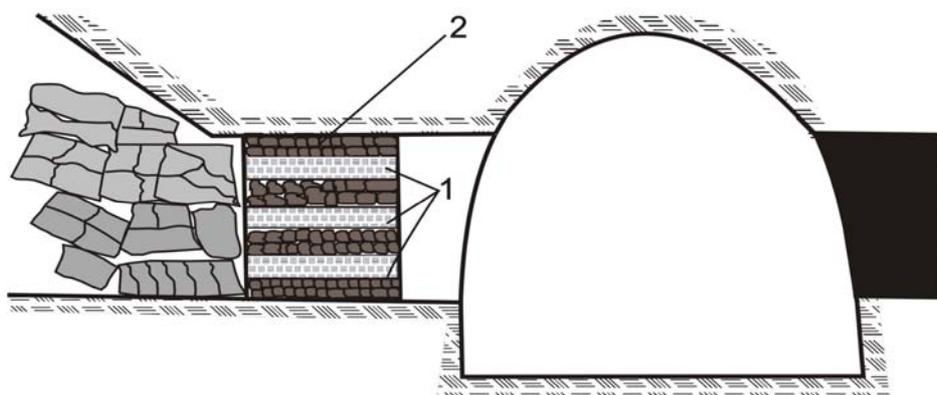


Рис. 1. Схема применения предлагаемого крепления на основе БЖБТ и податливых породных прослоев:

- 1 – тумбы БЖБТ;
- 2 – породные прослой

В качестве модели была выбрана квазистатическая система дифференциальных уравнений пластичности Сен-Венана – Мизеса, отнесенная к системе координат xQy , как показано на рис. 1, которая в случае плоской деформации имеет вид:

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0;$$

$$\frac{1}{4}(Q_x - Q_y)^2 + \tau_{xy}^2 = T^2; \quad \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} \frac{(\partial x - \partial V) \partial y}{\partial U (\partial y + \partial V) \partial y} = \frac{Q_x - Q_y}{2 \tau_{xy}}.$$

Эта система содержит в себе два уравнения равновесия ассоциированного закона пластичности, уравнения несжимаемости и соосности. В уравнениях (1) Q_x, Q_y, τ_{xy} - компоненты тензора напряжений, U и V - компоненты скорости перемещений в направлении x и y соответственно, T - предел текучести при сдвиге по отношению к плоскости xOy .

Породно-бетонную конструкцию можно представить как пластичный слой между жесткими плитами. Со стороны плит слой несет сжимающую нагрузку $2P$, плиты подвержены также сдвигающему усилию $2Q$. Жесткие плиты - боковые породы. Усилия $2Q$ обусловлено углом падения пласта α и глубиной залегания H и может быть рассчитано по формуле:

$$\frac{Q}{yH} = \frac{1}{2} (1 - \lambda) \sin 2\alpha, \quad (2)$$

где λ - коэффициент бокового распора.

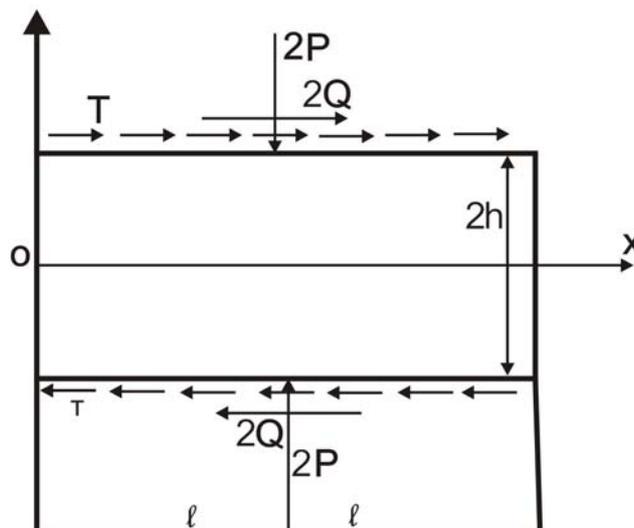


Рис. 2. Схема нагружения податливой породожелезобетонной конструкции

Граничные условия смешенной задачи пластичности для слоя могут быть сформированы таким образом:

$$\begin{aligned}
 Q_x = \tau_{xy} = 0, \quad x = 0, \quad x = 2r, \quad |y| \leq h \\
 v = \pm V, \quad y = \pm h, \quad 0 \leq x \leq r \\
 \tau_{xy} = T, \quad y = h, \quad 0 < x < r, \quad y = -h, \quad r < x < 2r \\
 \tau_{xy} = T_1, \quad y = -h, \quad -r < x < 0, \quad y = h, \quad r < x < 2r
 \end{aligned} \tag{3}$$

где V – скорость сближения плит, $(T_1) \leq T$.

Интервал уравнений равновесия, удовлетворяющий условию текучести (3) и граничным условиям для касательных напряжений на контактной поверхности

$$y = \pm h,$$

представим в таком виде:

$$\begin{aligned}
 \frac{Q_x}{T} &= \frac{Q_y}{T} + \left(1 - \frac{\tau_{xy}^2}{T^2}\right)^{1/2} \\
 \frac{Q_y}{T} &= -C - \frac{1 - K_p}{2} \cdot \frac{x}{h}; \\
 \frac{\tau_{xy}}{T} &= \frac{1 + K_p}{2} + \frac{1 - K_p}{2} \cdot \frac{y}{h}, \quad x < r
 \end{aligned} \tag{4}$$

Где $K_p = T_1/T$, $|K_p| \leq 1$ и произвольная постоянная интегрирования C подлежит определению в ходе решения задачи. Предельные значения $|K_p|$ известны заранее из механических соображений $|K_p| \leq 1$, при $K_p = -1$ получаются известные формулы Прандтля [7], при $K_p = 1$ в слое реализуется чистый сдвиг ($\tau_{xy} = T$, $Q_x = Q_y = 0$) и полностью отсутствует несущая способность конструкции.

Удовлетворяя граничному условию на торце в интегральном смысле, находим постоянную C в виде:

$$C = \frac{1}{1 - K_p} \left(\frac{\pi}{2} - K_p \sqrt{1 - K_p^2} - \arcsin K_p \right). \quad (5)$$

Условия статической эквивалентности напряжений Q_y . Действующей со стороны плит нагрузке P , запишем таким образом:

$$C = P - \frac{1 - K_p}{4} \cdot \frac{r}{h} \left(P = \frac{P}{tr} \right). \quad (6)$$

Условие же статической эквивалентности контактных касательных напряжений условию сдвига приводит к соотношению:

$$K_p = (2q - 1), \quad (q = Q/T_r \leq 1). \quad (7)$$

Если исключить из последних трех соотношений C и K_p , то получим связь $P=P(q)$, т.е. оценку несущей способности конструкции при сжатии и сдвиге:

$$\left[2p - (1 - q) \frac{r}{h} \right] (1 - q) = \frac{\pi}{2} + 2(1 - 2q) \sqrt{q(1 - q) - \arcsin(2q - 1)}. \quad (8)$$

Анализ соотношения (8) по оценке несущей способности конструкции указывает на существенное влияние геометрической характеристики r/h и сдвигового усилия q . При этом минимальная оценка $r/h = 4$. Если $r/h < 1$, то конструкция может выступить в роли жесткого целого, выдавливаемого в сторону обнажения (горной выработки). Наличие сдвиговой нагрузки q приводит к существенному уменьшению P (несущей способности конструкции).

Выводы.

Предложена новая технология охраны подготовительных выработок, основанная на применении железобетонных тумб БЖБТ, серийно выпускаемых заводами страны и податливых прослоев из породы, получаемой при проведении выработки.

Разработан аналитический метод расчета несущей способности конструкции.

Применение данной технологии позволит не только улучшить условия поддержания подготовительных выработок, но и

уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет сокращения объемов породы, выдаваемой на поверхность.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. С.-Петербург: 1991. - 122 с.
2. Методические указания «Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах». - КД 12.01.201.-98. Утв. Мин. углепромом Украины 25.06.98. – 149 с.
3. Борзых А.Ф. Содержание ремонт и ликвидация выработок угольных шахт / Борзых А.Ф., Заков Ю.Е., С.Н. Княжев [моногр.] – Алчевск: - 2004. – 615 с.
4. Канин В.А., Охрана горных выработок газобетонной крепью / В.А. Канин, А.В. Анциферов. - Донецк:, ООО «Алан», 2004. – 396 с.
5. Булат А.Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов. - Днепропетровск:, ИГТМ НАНУ, 2002. – 372 с.
6. Совершенствование средств и способов поддержания подготовительных выработок на шахтах Центрального района Донбасса / [А.П. Калфакчян, В.Г. Александров, А.И. Карлов, Е.И. Питаленко и др.] Днепропетровск: „Січ”, 1994. – 208 с.
7. Касьян Н.Н. Обоснование параметров охранного сооружения, возводимого из опорных элементов, состоящих из породы, заключенных в оболочку / Н.Н. Касьян, И.В. Хазипов, И.С. Рыкалов // Проблемы гірничої технології (Матеріали науково-практичної конференції). ДонНТУ - 2008. - С. 26 - 28.