

6. Применение специальных способов строительства при возведении высоконагруженных комбинированных охранных систем// Межведомственный сборник научных трудов "Геотехническая механика", №68, - Днепропетровск, 2007. С285-291.

**УДК 622.831+622.224**

Зюков Ю.Е., горный инженер ДП «Ровенькиантрацит»

## **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ В ЛАВАХ**

В статті вирішена гранична задача оцінки напружено-деформаного стану запобіжних ціликів у лавах положистих пластів для гірничо-геологічних умов шахт ДП "Ровенькиантрацит". На цій основі визначені необхідні розміри ціликів, що забезпечують максимальну стійкість прилеглих підготовчих виробок.

## **THE STRESS SREIN STATE OF PROTECTIVE PILLARS IN LONGWALLS**

The stress strein state estimation of protective pillars has been done in this paper for geological condition of "Rovenkiantratsit" mine company. The requirement sizes of pillars are defined on this base to provide the stability of development workings.

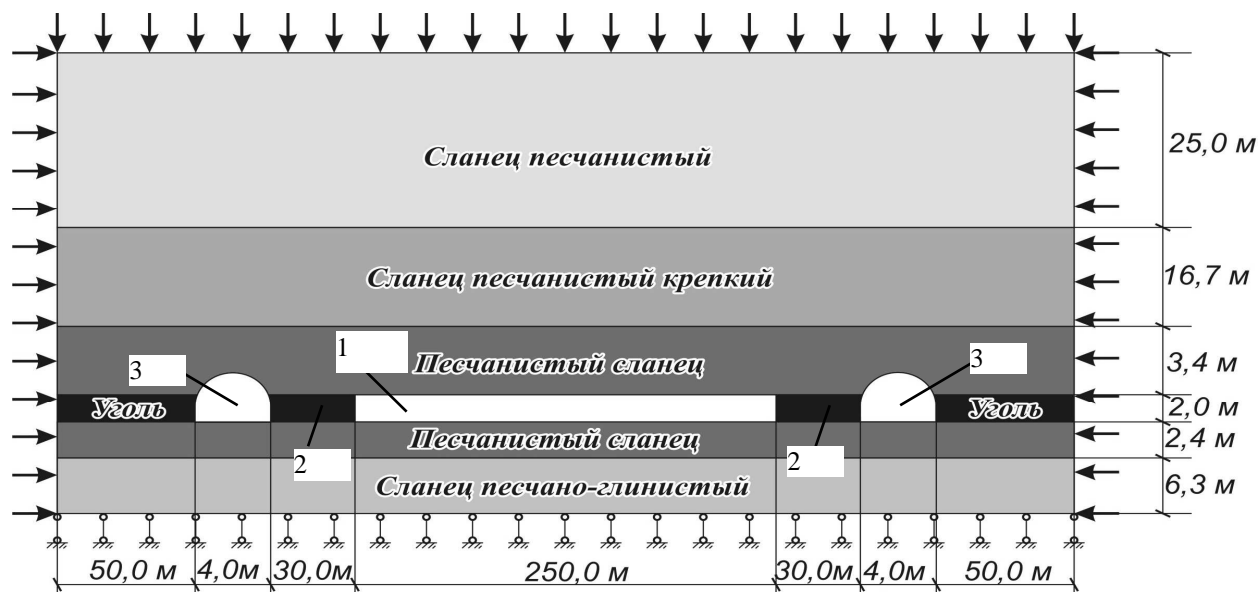
Введение. Экономически целесообразная разработка пластов угля длинными очистными забоями предполагает, с одной стороны, уменьшение потерь в целиках, а с другой, обеспечение устойчивости подготовительных выработок. Математическое моделирование такого сложного с точки зрения структуры и геометрии объекта возможно только с привлечением численных методов. Ниже изложено решение предельной упругой задачи методом конечных элементов применительно к горно-геологическим условиям ГП «Ровенькиантрацит».

Обоснование физической модели объекта и методики численного моделирования. Лава с примыкающими к ней подготовительными выработками и целиками, с физической точки зрения, представляет собой горизонтально прерывистую цепочку вырезов в весомом неоднородном породном массиве (рис. 1).

Часть породного массива, находящаяся вне зоны влияния лавы заменена равномерно распределенной нагрузкой с интенсивностью  $\lambda H$  по вертикали и

$\lambda H$  по горизонтали. Здесь  $\lambda$  — коэффициент бокового распора:  $\lambda = \frac{\mu}{1 - \mu}$  ( $\mu$  -

коэффициент Пуассона). Снизу перемещения в вертикальном направлении равны нулю. Горизонтальные перемещения по боковым граням модели также приняты равными нулю. Породный массив является неоднородным в вертикальном направлении в соответствии со стратиграфической колонкой. Каждый слой имеет свою мощность и физико-механические характеристики.



1 – лава, 2 – охранные конструкции (целики), 3 – выработки

Рис. 1. – Основная расчетная схема к решению задачи:

Расчетная схема симметрична относительно вертикальной оси.

Переменными величинами в ходе численного эксперимента являются ширина целика -  $a$  и длина лавы  $L$ .

Ширина целика изменяется в ходе численного эксперимента в пределах от 60 до 8 м. Всего рассматриваются 6 вариантов (60, 40, 32, 24, 16, 8 м), при этом соблюдается следующее условие:

$$a + L = const . \quad (1)$$

В ходе эксперимента устанавливаются в центре каждого конечного элемента компоненты напряжений, деформаций, перемещений и эквивалентные напряжения.

Эквивалентные напряжения определяются на основании формулы Л.Я. Парчевского-А.Н. Шашенко [1]. Здесь  $\sigma_i$  – компоненты нормальных напряжений,  $\psi$  – коэффициент хрупкости ( $\psi = \frac{R_p}{R_c}$ ),  $R_c$  и  $R_p$  – пределы прочности на одноосное сжатие и растяжение;  $k_c$  – коэффициент структурного ослабления.

$$\sigma_e = \frac{(1-\psi)(\sigma_1 + \sigma_3) + \sqrt{(1-\psi)^2(\sigma_1 + \sigma_3)^2 + 4\psi(\sigma_1 - \sigma_3)^2}}{2\psi} \leq R_c k_c . \quad (2)$$

Величина коэффициента структурного ослабления для каждой литологической разности определяется по формуле [2]:

$$k_c = [1 - \sqrt{0,5\eta} \exp(-0,25\eta)], \quad (3)$$

где  $\eta$  – коэффициент вариации прочности породного массива, определяемый по формуле:

$$\eta = \sqrt{\frac{l_T + l_0}{l_T} (\eta_0^2 + 1)} - 1, \quad (4)$$

где  $l_T$  – среднее расстояние между трещинами;  $l_0$  – характерный размер стандартного породного образца;  $\eta_0$  – коэффициент вариации результатов лабораторных испытаний породных образцов.

Конечные элементы, в которых выполняются условия

$$\sigma_e \geq R_c k_c, \quad (5)$$

считаются разрушенными. Их совокупность образует области неупругих деформаций, размеры которых подлежат анализу.

**Анализ результатов численного моделирования.** Все расчеты выполнялись с помощью программных продуктов, разработанных на кафедре строительства и геомеханики НГУ. Применение основной программы позволяет сформировать базы данных численных значений компонентов напряжений, перемещений и деформаций. Вспомогательная программа для каждого элемента рассчитывает величину эквивалентных напряжений и коэффициент запаса прочности. В ходе эксперимента оцениваются изменения эквивалентных напряжений в окрестности рассматриваемых выработок по мере уменьшения целика от 60 до 8 м и роста длины лавы от 206 до 250 м.

Вычисления показали, что при больших размерах целика ближе к его центру формируется ядро уплотнения, служащее концентратором напряжений. С уменьшением ширины целика ядро смещается к его левому краю и уменьшается в размерах, а при ширине целика, равной 8 м исчезает вовсе.

При этом разрушенное тело целика играет роль податливой опоры. Как следует из результатов натурных наблюдений, устойчивость подготовительных выработок также изменяется по некоторому нелинейному закону. Она является максимальной при ширине целика равной 8 м и составляет 0,85. Начиная с ширины целика 40 м устойчивость выработок минимальная ( $\omega = 0,45$ ) и дальнейшее увеличение ширины целика не оказывает на нее существенного влияния (рис. 2).

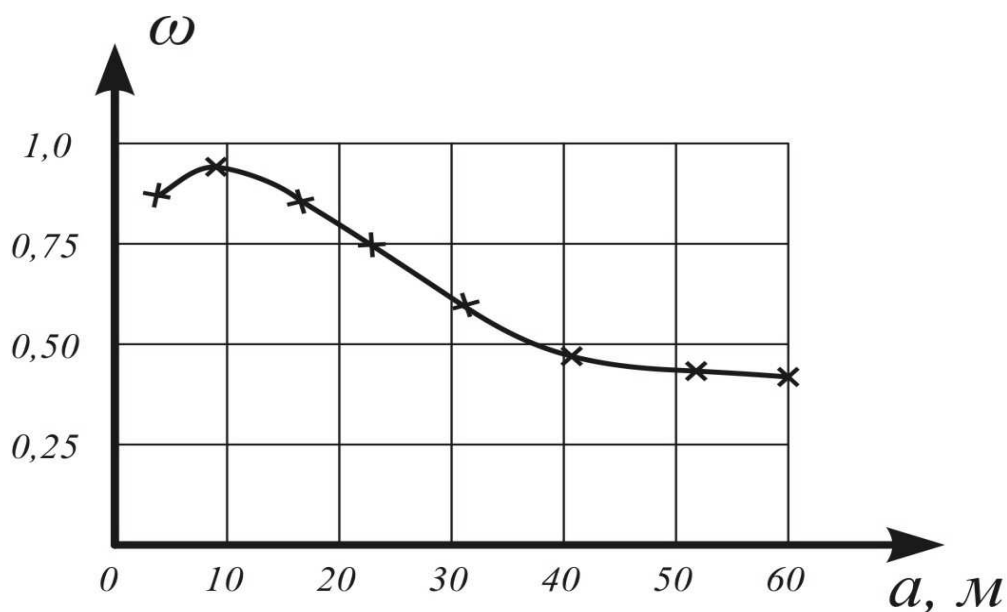


Рис. 2. – Зависимость показателя устойчивости подготовительной выработки от ширины предохранительного целика

Вертикальные относительные деформации, измеренные на уровне кровли (рис. 3), и почвы угольного пласта свидетельствуют о том же.

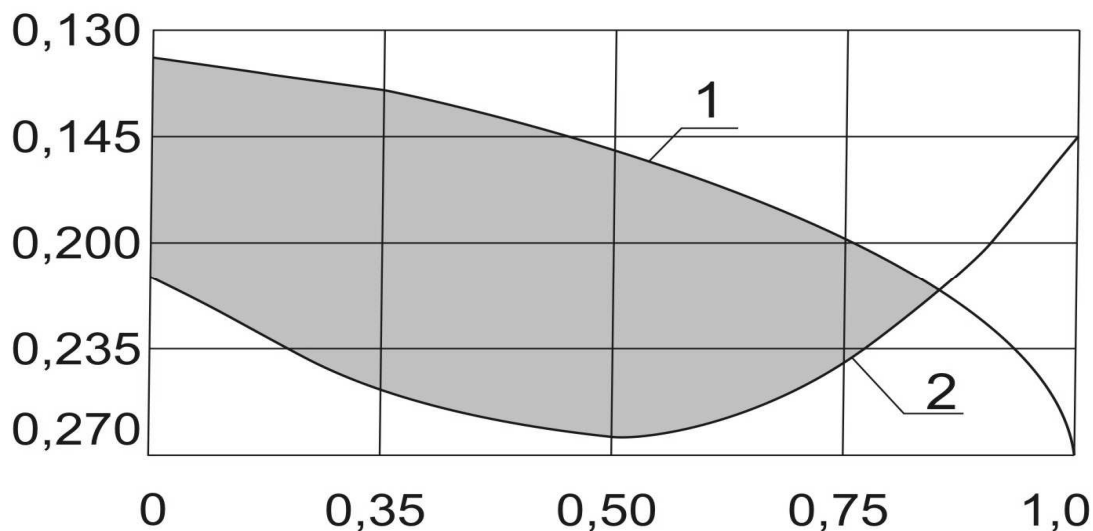


Рис. 3. – Вертикальные относительные деформации измеренные по кровле (1) и почве (2) угольного пласта при  $a = 8$

Чем уже становится целик, тем больше разрушается его краевая часть, прилегающая к лаве, и при ширине целика равной 8 м вертикальные деформации образуют замкнутое ядро из разрушенного угля, которое и является пластичной несущей опорой (рис. 4). Этим и объясняется наивысшая устойчивость подготовительных выработок в рассматриваемых горно-геологических условиях при ширине предохранительного целика равной 8 м.

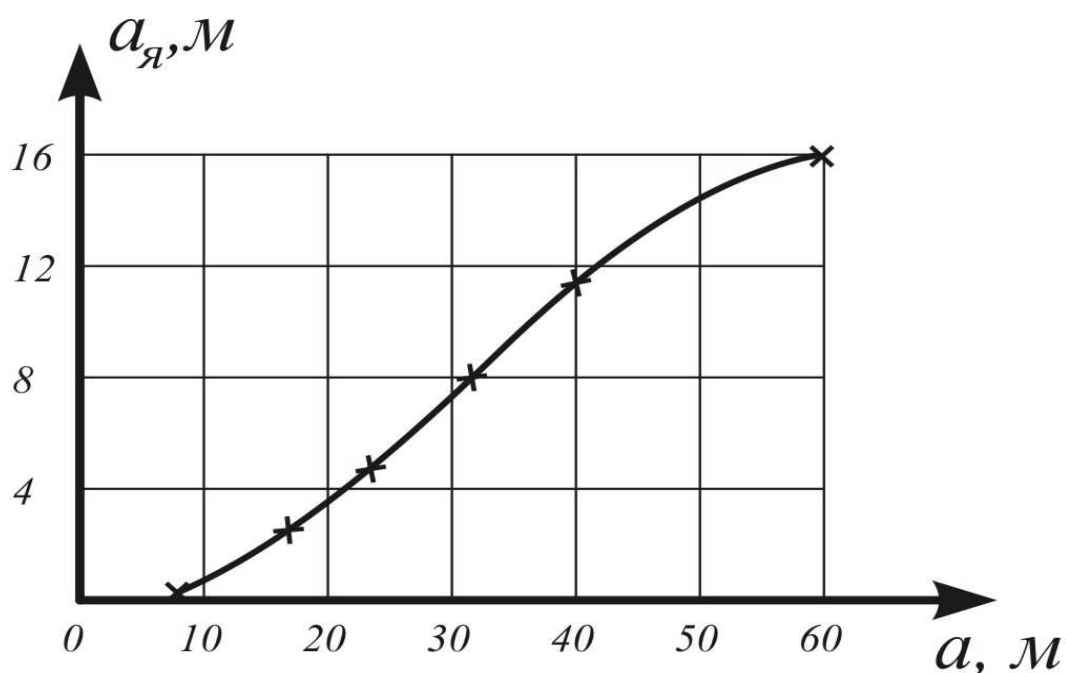


Рис. 4. – Зависимость ширины ядра от ширины целика

Таким образом, можно утверждать, что максимальная устойчивость подготовительных выработок обеспечивается при такой ширине предохранительного целика, при которой внутри его формируется замкнутое с боков ядро из разрушенного угля. Это позволяет выполнять проектирование охранных конструкций, обеспечивающих максимально возможную устойчивость выработок и минимальные потери угля в недрах.

**Выводы.** Установлено, что с уменьшением ширины целика его тело разрушается с образованием ядра уплотнения, которое при этом смещается к противоположному от лавы краю целика.

Максимальная устойчивость подготовительных выработок соответствует такой ширине целика, при которой ядро уплотнения внутри его принимает замкнутую форму, что позволяет на этой основе проектировать такие охранные конструкции в лавах, при которых обеспечивается минимум потерь угля в недрах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Кужель С.В. . Масштабный эффект в горных породах. – Д.: АРТ-ПРЕСС, 2004. – 132 с.