

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ В ЗОНЕ ЕЕ СОПРЯЖЕНИЯ С ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ ЛАВЫ

Виконано чисельне моделювання напружено-деформованого стану порід навколо виробок з арковою формою перерізу, що закріплено рамним та анкерно-рамним кріпленням, у зоні їх сполучення з лавою. Проведено порівняльний аналіз зміни розподілів напружень у цих випадках.

INVESTIGATION OF STRESS STATE OF ROCK MASS AROUND WORKINGS IN THE ZONE OF ITS CONJUNCTION WITH THE LONGWALL GOAF

The numerical simulation of the stress-strain state of rocks around the workings of an arch shape cross section, fixed frame and anchor-frame support in the area of their conjunction with the goaf. A comparative analysis of changes in the distribution of stresses in these cases is carried out.

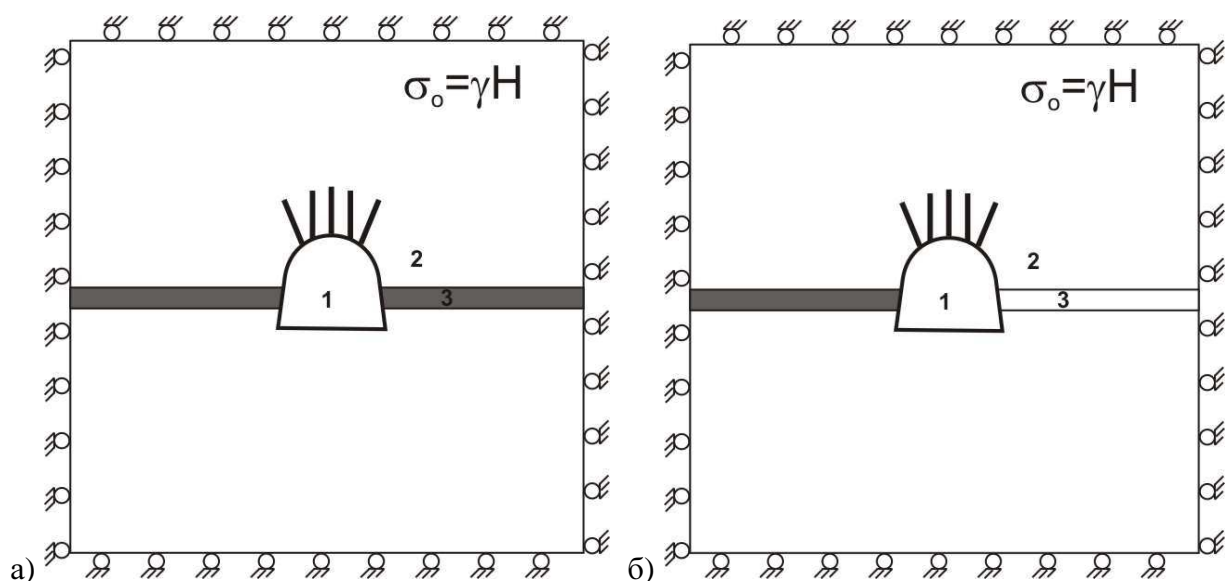
Наиболее сильное воздействие на сохранность подготовительной выработки оказывают очистные работы. В зоне влияния очистных работ крепь горных выработок подвергается серьезному испытанию, поскольку нагрузки здесь многократно возрастают. Самая сложная ситуация, влияющая на безопасность ведения горных работ, складывается на сопряжении штрека с лавой, и за лавой при необходимости дальнейшей эксплуатации выработки [1].

Под сопряжением горных выработок понимается область взаимного влияния двух и большего числа пересекающихся выработок, т. е. область горного массива, включающая выработанное пространство, в котором происходит взаимное наложение зон бокового, опорного давления и зон разгрузки в кровле. Если сопряжения капитальных и подготовительных выработок неподвижны в пространстве, то сопряжения подготовительных выработок с очистными забоями являются движущимися участками, в пределах которых производится комплекс работ по выемке и транспортировке угля, возведению крепи и другие технологические операции [2].

Сопряжения лав со штреками являются наиболее ответственными участками в технологии очистной выемки угля, обеспечивающими нормальную работу очистных комплексов. Участок кровли на сопряжении испытывает повышенное горное давление. По мере подвигания очистного забоя в пределах сопряжения осуществляется выполнение производственных операций, связанных с выемкой ниш (при их наличии), доставкой крепежных и других материалов, обслуживанием технологического оборудования, поддержанием сопряжения путем установки и перемещения специальной крепи. Площадь сопряжения складывается из площади ниш, участков штрека впереди и позади лавы, находящихся в зоне опорного давления и испытывающих значительные деформации, и площади концевых участков лавы, в которых производится обслуживание технологического оборудования, перестановка крепи во время передвижки забойного оборудования и механизмов [2].

При отработке лавы происходит перераспределение напряжений вокруг выемочного штрека. Проведем исследование изменения поля напряжений в горном массиве вокруг горной выработки вне зоны влияния очистных работ и в зоне ее сопряжения с выработанным пространством с помощью компьютерного моделирования методом конечных элементов, который позволяет учитывать как сложные граничные условия, так и свойства горных пород. Расчетные схемы для этих двух случаев представлены на рис. 1.

Будем считать, что глубина заложения выработки 400 м; размер выработки соответствует сечению под рамную крепь КШПУ-11,7; мощность извлекаемого угольного пласта – 1 м.



1 – горная выработка; 2 – горный массив; 3 – извлекаемый угольный пласт

Рис. 1 – Расчетная схема: а) горная выработка до подхода лавы; б) горная выработка в зоне сопряжения с выработанным пространством лавы

В результате расчетов получим распределение напряжений в исследуемой области, для анализа которых используются параметры:

- отношение разности наибольших (σ_1) и наименьших (σ_3) главных напряжений к весу вышележащей толщи горных пород:

$$Q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\lambda H},$$

где H – высота вышележащего слоя грунта; ρ – средняя плотность вышележащего грунта;

- отношение наименьших (σ_3) главных напряжений к напряжениям от веса вышележащей толщи горных пород:

$$P = \frac{\sigma_3}{\gamma H}.$$

На рис. 2 представлено распределение параметров Q и P вокруг горной выработки с рамной крепью до подхода лавы.

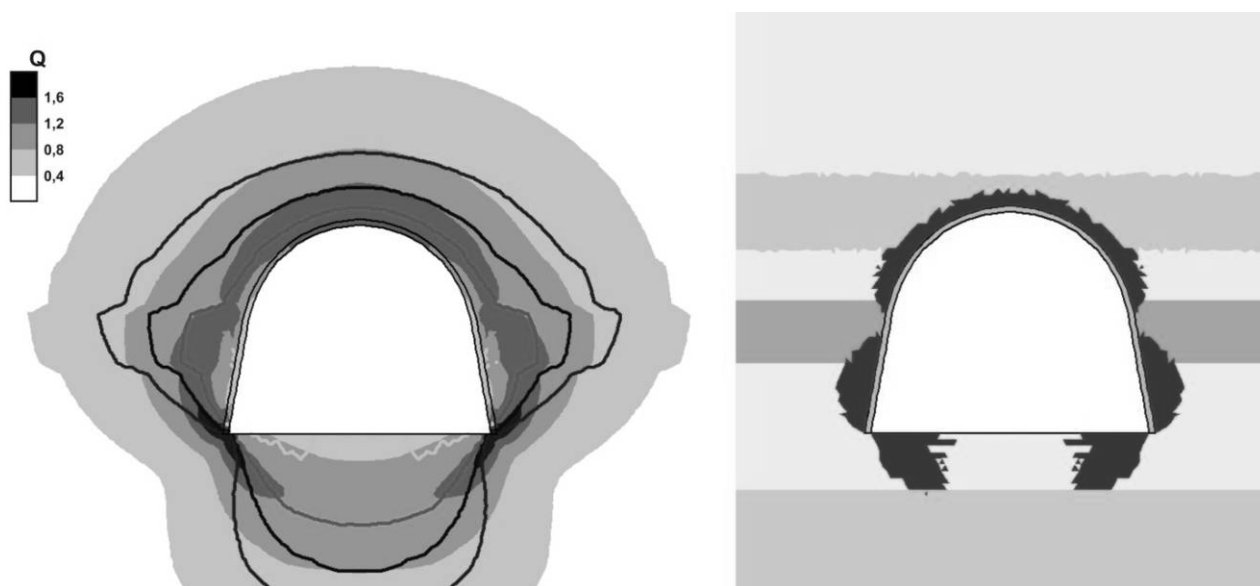


Рис. 2 – Распределение значений параметров Q и P , область неупругих деформаций вокруг горной выработки вне зоны влияния очистных работ

При отходе забоя горные породы приконтурной области под действием горного давления и собственного веса стремятся сместиться внутрь выработки. В начальный момент рамная крепь, даже с учетом качественной забутовки, не оказывает сопротивления таким процессам. При разгрузке в горных породах в непосредственной близости от контура выработки минимальная компонента напряжений становится близкой к нулевому значению. Разрушение приконтурного массива в таких условиях происходит посредством разделения его на отдельные слабо взаимодействующие блоки и требует на свое развитие минимальных затрат энергии. Поэтому для поддержания самопроизвольного развития разрушения горных пород все дальше вглубь приконтурного массива, как правило, достаточно работы упругих деформаций, вызванных перераспределением компонент напряжений всесторонне сжатых горных пород.

Для выработки с рамной крепью усилия, прижимающие блоки друг к другу в своде выработки, незначительны, и сцепление между ними низкое, поэтому нарушенные горные породы в своде обрушения с отходом забоя под действием собственного веса приобретают возможность смещений в выработку. В результате таких смещений происходит разрыхление горных пород свода и снижение действующей здесь минимальной компоненты напряжений. Таким образом, нарушается равновесное состояние системы "зона нарушенных горных пород – зона ненарушенных горных пород", возникает возможность развития разрушения вглубь массива, т.е. в ту часть массива, в которой первоначально величины минимальной компоненты напряжений достаточны для блокирования разрушения. В результате такого развития процесса разрушения горная выработка становится неустойчивой.

В боках выработки зона самопроизвольного разрушения пород, как правило,

также формируется еще при ее проведении и первоначально представляет собой линзу сползания, толщина которой составляет порядка половины высоты выработки. Сдвигание разрушенных горных пород этой зоны провоцирует дальнейшее развитие самопроизвольного разрушения вглубь массива, как в сторону боков, так и в кровле выработки.

На рис. 3 представлено распределение P и Q вокруг горной выработки, закрепленной рамной крепью, в зоне ее сопряжения с выработанным пространством лавы. По сравнению с выработкой вне зоны влияния очистных работ можно отметить следующие характерные изменения.

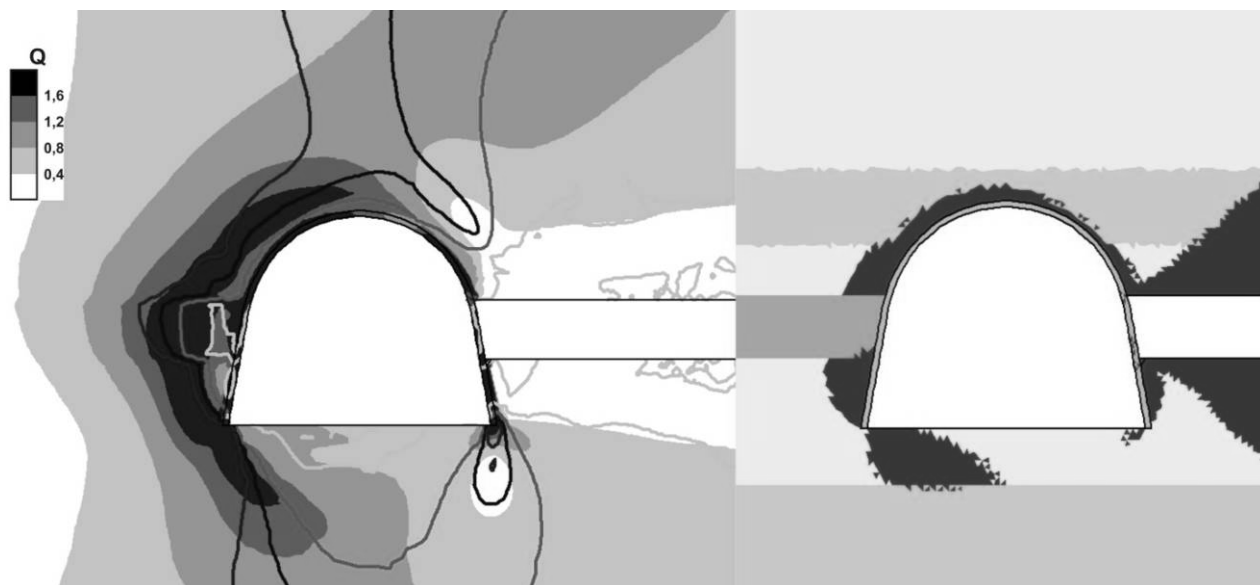


Рис. 3 – Распределение значений параметров Q и P , область неупругих деформаций вокруг горной выработки в зоне ее сопряжения с выработанным пространством лавы

При отработке лавы справа правая породная стена, поддерживающая кровлю выработки, удалена, и горные породы в кровле с этой стороны выработки разгружены от действовавших напряжений.

Напряжения в горных породах в левой стороне выработки, наоборот, существенно возросли (более чем в два раза). В кровле напряжения также увеличились. При этом область с повышенными напряжениями распространилась далеко вправо и вверх над всем выработанным пространством, сформировав зону возможного обрушения разрушенной горной породы от левого верхнего угла выработки вправо и вверх.

В левом боку выработки зона повышенных напряжений значительно расширилась, образовав область, в которой произойдет разрушение и разупрочнение горных пород в боках выработки на глубину не менее 3 м. Развитие разрушения горных пород в боку выработки будет ускорять процессы потери устойчивости штрека и обрушения пород кровли штрека и лавы.

В правом боку породы находятся в разгруженном состоянии и также склонны к обрушению под действием их собственного веса.

Пример состояния приконтурных пород подготовительной выработки с рамной крепью за линией очистных работ представлен на рис. 4.



Рис. 4 – Состояние горной выработки в зоне ее сопряжения с выработанным пространством лавы

Таким образом, очистные работы в угольном пласте будут приводить:

- к интенсивному разрушению горных пород в кровле штрека вслед за продвижением очистного забоя;
- к разрушению горных пород по внешнему контуру области повышенных напряжений в кровле и их обрушению в штрек и в выработанное пространство с определенным отставанием после прохода очистного забоя.

Для преодоления этих негативных явлений может быть рекомендовано применение анкеров. Наиболее эффективным решением является поддержание подготовительных выработок анкерно-рамной крепью, что повышает их устойчивость как до подхода лавы, так и в зоне влияния очистных работ.

Принципиальными отличиями анкерной крепи с высокопрочным полимерным закреплением от традиционной податливой арочной с точки зрения геомеханики их взаимодействия с породным массивом являются:

- создание условий для самоподдержания породного массива вокруг горных выработок в устойчивом состоянии за счет привлечения к работе его глубоких неразрушенных зон,
- блокирование разрыхления приконтурной зоны и перевода процесса его разрушения на более энергоемкие механизмы [3].

На рис. 5 представлено распределение P и Q вокруг горной выработки, закрепленной анкерно-рамной крепью, в зоне ее сопряжения с выработанным пространством лавы. По сравнению с выработкой, закрепленной рамной крепью, можно отметить следующие характерные изменения.

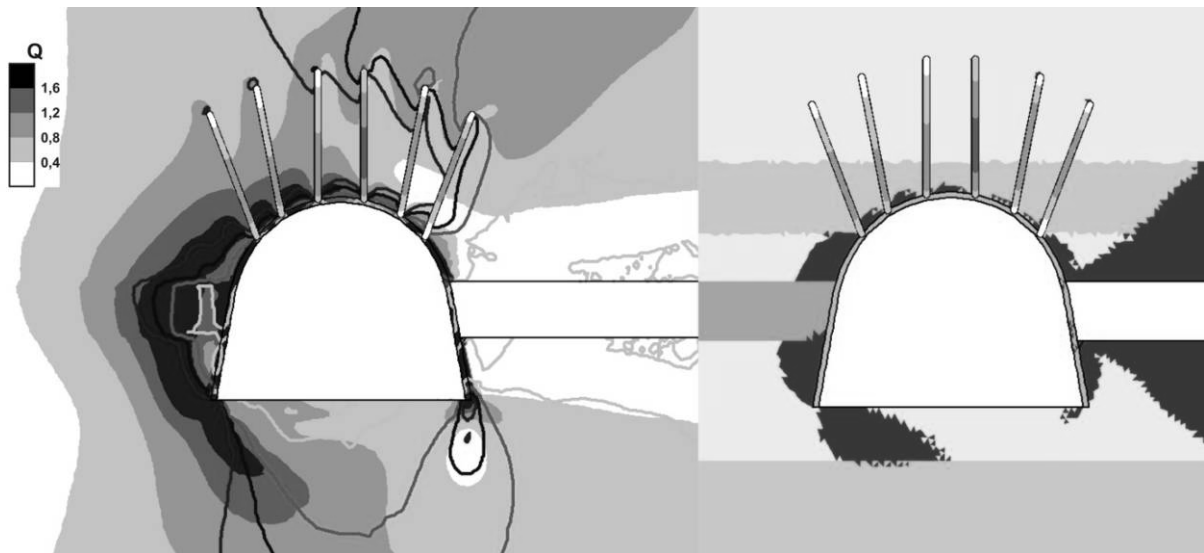


Рис. 5 – Распределение значений параметров Q и P , область неупругих деформаций вокруг горной выработки, закрепленной анкерно-рамной крепью, в зоне ее сопряжения с выработанным пространством лавы

В левом борту выработки формируется область повышенной концентрации напряжений, но в отличие от рамной крепи установка анкеров не формирует сплошную зону возможного обрушения разрушенной горной породы от левого верхнего угла выработки вправо и вверх над выработанным пространством лавы.

Начиная с третьего и до шестого анкера, распространяется область со значениями $Q < 0,8$, что свидетельствует о сохранении в 60% кровли породно-анкерного грузонесущего перекрытия.

Сформированный блок сохраняет свою цельность и после прохода лавы. Однако разрушение левого борта выработки приведет к опусканию перекрытия кровли внутрь выработки. Для предотвращения этого явления требуется дополнительная установка стоек.

По результатам проведенного компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния горных пород вокруг выработки с рамной крепью в зоне влияния очистных установлено, что очистные работы будут приводить к интенсивному разрушению горных пород в ее кровле вслед за подвиганием очистного забоя. Применение анкерной крепи для удержания массива приконтурных горных пород от смещения в пространство выработки позволяет сформировать в кровле породно-анкерное грузонесущее перекрытие и сохранять их состояние на заданном уровне монолитности. Это обеспечивает поддержание подготовительной выработки в приемлемом эксплуатационном состоянии при проходке и отработке лавы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. Опорно-анкерне кріплення гірничих виробок вугільних шахт. / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов. – Дніпропетровськ, 2002. – 372 с.
2. Широков, А. П. Расчет и выбор крепи сопряжений горных выработок. / А. П. Широков, Б. Г. Писляков. – М.: Недра, 1978. – 304 с.
3. Виноградов, В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок / В.В. Виноградов. – Киев: Наук. думка, 1985. – 192 с.