

**ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ ШАЙБЫ НА НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА
ВОКРУГ ОДИНОЧНОГО АНКЕРА**

Представлена математична модель розрахунку анкерів з полімерним закріпленням анкерних штанг уздовж всієї довжини з опорною шайбою. На базі розробленої моделі проведено розрахунок напруженого стану для гірничої виробки з одним анкером, що встановлений у покрівлю. Виконано аналіз отриманих результатів.

**THE INFLUENCE OF WASHER ON INTENSE-DEFORMED
CONDITION OF THE MASSIF AROUND OF THE SINGLE ANCHOR**

A mathematical model of roof bolting has been developed. This publication contains the derivation of the mathematical model and an illustration of the effect of bolts with washer on the stress and displacement field near an opening. The analysis of obtained results is executed.

Крепление горных выработок – одно из основных технических средств обеспечения их надежного и безопасного функционирования. Неудовлетворительное состояние выработки является причиной снижения производительности труда шахтеров, приводит к существенному ухудшению эффективности применения мощной горной техники и условий проветривания выработок, увеличению травматизма при ведении горных работ. Внедрение высокопрочного анкерного крепления на угольных шахтах направлено на преодоление этих отрицательных явлений [1].

Принципиальными отличиями анкерного крепления с высокопрочным полимерным закреплением от традиционного арочного податливого с точки зрения геомеханики их взаимодействия с породным массивом являются:

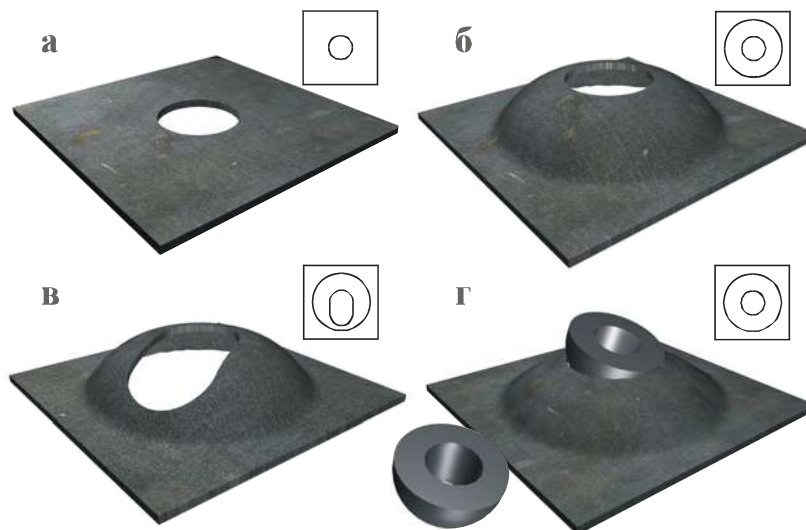
- создание условий для самоподдержания породного массива вокруг горных выработок в устойчивом состоянии за счет привлечения к работе его глубинных неразрушенных зон,
- блокирование разрыхления приконтурной зоны и перевода процесса его разрушения на более энергоемкие механизмы [2].

Важную роль в работе анкерной крепи как системы является слаженная работа всех ее элементов. Рассмотрим один из них – опорную шайбу. На рис. 1 представлены основные конструкции опорных шайб [1].

В настоящее время применяются плоские шайбы (рис. 1а) или с полусферическим выступом (рис. 1 б-г). В их центре находится круглое или овальное отверстие.

Плоские шайбы применяются только при плоской поверхности контура выработки и в том случае, когда анкера устанавливаются перпендикулярно к ней.

Конструкция полусферической шайбы обеспечивает ее плотный контакт с поверхностью контура выработки и передачу нагрузки на анкер без его изгиба при отклонении оси анкерной штанги от перпендикуляра не более 30°.



а- плоские; б-г - с полусферическим выступом: в- с круглым или овальным отверстием

Рис. 1– Основные конструкции опорных шайб

Кроме того, конструкция полусферической шайбы позволяет использовать ее в качестве индикатора нагрузки, воспринимаемой концевиком анкера. Выравнивание шайбы свидетельствует о нагружении анкера.

На рис. 2 представлена фотография участка кровли, закрепленного при помощи анкера с круглой полусферической опорной шайбой, подхвата и сетки-затяжки.



Рис. 2 – Анкер, установленный с применением опорной шайбы и подхвата

Для исследования работы установленного в кровлю горной выработки анкерного стержня с опорной шайбой используем математическую модель и алгоритмы расчета напряженного состояния горных пород вокруг выработки с

анкерами в упруго-пластической постановке [3, 4]. Эта модель позволяет учесть параметры анкерного крепления (плотность установки анкеров, их длину, прочность закрепления, прочностные и деформационные свойства анкерной штанги и ее закрепителя в шпуре), параметры выработки и форму ее поперечного сечения, прочностные и деформационные свойства горных пород, категорию их устойчивости, слоистость пород, а также время и место введения анкерной крепи в работу.

Для решения поставленной задачи применяется численный метод решения – метод конечных элементов [5, 6]. Согласно этому методу, породный массив аппроксимируется треугольными конечными элементами (КЭ). Для моделирования анкерной штанги используется стержневой КЭ, для моделирования полимерного закрепления анкера с возможностью изменять прочность закрепления применяется специальный контактный КЭ, который имеет 4 узла, два из них совпадают с узлами стержневого КЭ, а другие два – с узлами призматического КЭ, аппроксимирующего породный массив. Опорная шайба аппроксимируется треугольными конечными элементами.

При расчетах принято, что в забойной части выработки массив горных пород находится в нетронутом состоянии, и все изменения поля напряжений, вызванные проведением выработки, происходят после установки анкера, т.е. анкерная крепь воспринимает нагрузку от полного смещения приконтурных пород, происшедшего с момента обнажения и отхода забоя.

Для выяснения влияния опорной шайбы на механизм работы анкерной крепи рассмотрим картины распределения параметров Q и P вокруг одиночной горной выработки прямоугольного поперечного сечения, которая закреплена одним анкером, установленным в центральной части кровли, без опорной шайбы (рис. 3) и с опорной шайбой (рис. 4).

Представленные распределения значений параметра Q равны приведенной разности максимальной и минимальной компонент главных напряжений и характеризуют возможность возникновения разрушения. Параметр P равен приведенной минимальной компоненте главных напряжений и характеризует режим деформирования. Численные значения этих параметров определяются по формулам [1]:

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

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

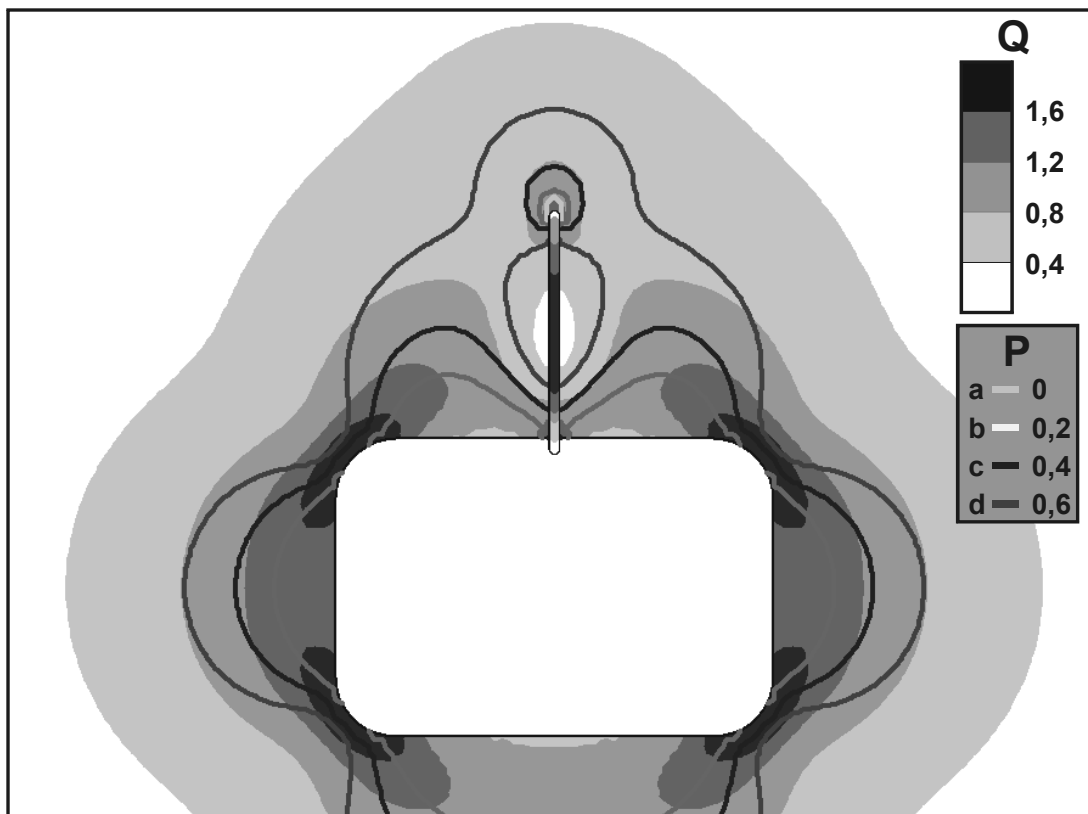


Рис. 3 – Распределение параметров Q и P вокруг одиночной горной выработки с одним анкером, установленным в кровле без опорной шайбы

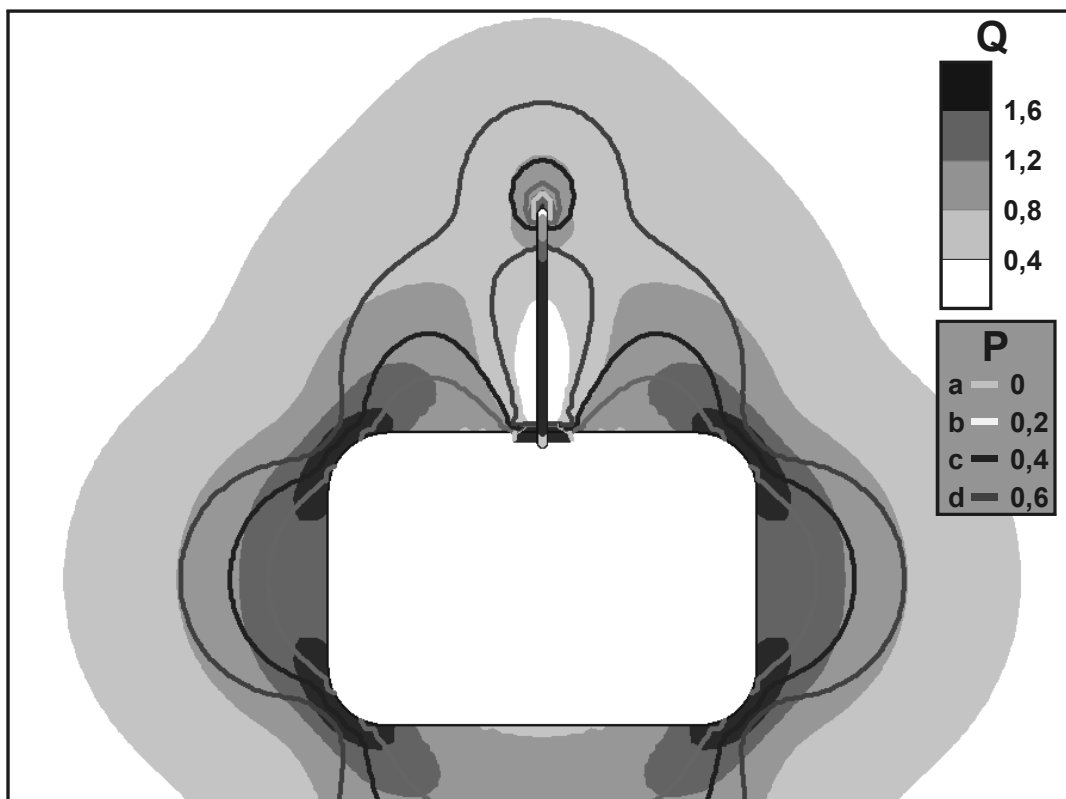


Рис. 4 – Распределение параметров Q и P вокруг одиночной горной выработки с одним анкером, установленным в кровле с опорной шайбой

Рассмотрим различия в распределении полей напряжений. Для анкера с опорной шайбой можно отметить изменения в распределении поля напряжений в приконтурной зоне вокруг нижней части анкерной штанги. В частности, непосредственно на поверхность выработки выходит зона трехосносжатых пород со значениями минимальной компоненты напряжений свыше $0,6\gamma H$, т.е. возможность для возникновения разрушения вблизи штанги на контуре выработки практически исчезает. Размеры опасной (с позиции возникновения разрушения) зоны уменьшаются как по высоте, так и по ширине.

В этой области увеличились и значения минимальной компоненты главных напряжений. Изолиния со значением параметра $P=0,6$ достигла контура выработки в месте установки анкера.

Анкер с опорной шайбой более эффективно сохраняет приконтурные породы в состоянии нетронутого массива, о чем свидетельствует заметное увеличение размеров области со значением показателя $Q<0,4$ (упрочненного породного блока или “искусственного монолита”) как по площади сечения, так и по длине анкерной штанги.

Установка анкера с опорной шайбой с поджатием ее к поверхности выработки, создаваемым закручиванием анкерной гайки, включает хвостовую часть штанги в работу. Опорная шайба, увеличивая опорную площадь стальной штанги, позволяет удерживать в сжатом состоянии большой объем горных пород, непосредственно примыкающих к контуру выработки, тем самым увеличить ее воздействие на породы, что и отмечается на картине распределения напряжений с выходом области со значением показателя $Q<0,4$ (см. рис. 4) непосредственно на контур выработки.

Следует также отметить, что в связи с установкой опорной шайбы, увеличилась нагрузка и на анкер. На рис. 5 представлены распределения значений растягивающих усилий в анкерной штанге вдоль ее оси при установке с опорной шайбой и без нее.

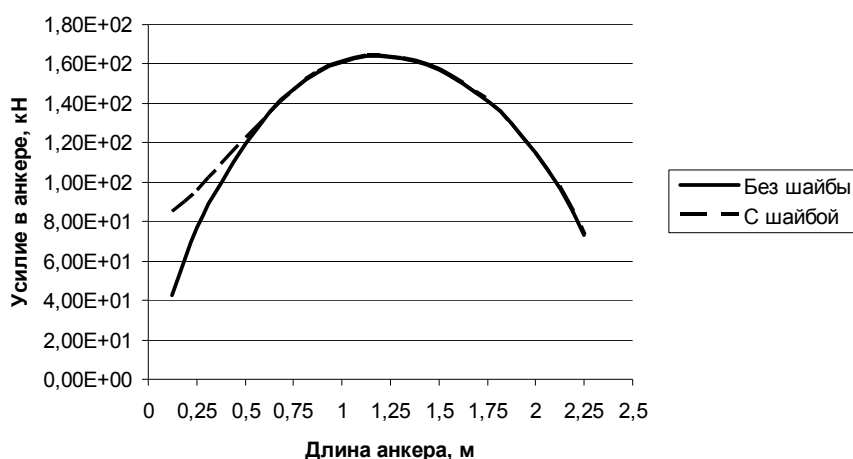


Рис. 5 – Распределение растягивающих усилий в анкерной штанге вдоль ее оси

Из анализа графика, представленного на рис. 5, следует, что изменения коснулись только начальной его части. Усилия в анкере увеличились на участке, примыкающем к нижнему концу анкерной штанги.

Проведенные дополнительно вычислительные эксперименты показали, что с увеличением площади опорной шайбы и ее жесткости повышается нагрузка на нижнюю часть анкерной штанги и увеличивается область опоры вокруг анкера с сохранением в ней горных пород в сжатом и неразрушаемом состоянии.

Применение опорной шайбы позволяет более полно использовать несущую способность металла по длине штанги. Эффективность работы штанги с опорной шайбой возрастает пропорционально жесткости и опорной площади применяемых шайб. Поэтому параметры шайбы должны быть такими, чтобы максимальные разрывные напряжения в штанге на протяжении всего периода эксплуатации горной выработки не превышали предельно допустимых значений по критериям прочности на разрыв в резьбовой части штанги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. – Днепропетровск, 2002. – 372 с.
2. Круковский А.П. Формирование породной опоры с применением анкера высокой несущей способности // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2005. – №55. – С. 82-91.
3. Круковский А.П., Виноградов В.В. Геомеханика формирования опор анкерами высокой несущей способности // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2003, Вып. № 44. – С. 44-53.
4. Круковский А.П. К вопросу о моделировании работы анкерной крепи // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2005, Вып. № 57. – С. 44-53.
5. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 544 с.
6. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М. Недра, 1987. – 224 с.

УДК 622.74:662.613.11

Д-р техн. наук, проф. В.П. Надутый,
канд. техн. наук А.И. Шевченко
инж. И.П. Хмеленко
(ИГТМ НАН Украины)

ПЕРЕРАБОТКА ЗОЛЫ-УНОСА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Наведено нову технологію, що дозволяє одержати товарні продукти в результаті повної переробки техногенних родовищ золи теплових електростанцій.

WASTE-HANDLING OF ASHES – ENTRAINMENT OF THERMAL POWER STATIONS

The new technology allowing to receive commercial products as a result of complete refining technogenic of ashes fields of thermal power stations is given.

Одну из значительных экологических проблем Украины создают золы тепловых электростанций (ТЭС). На ТЭС Украины ежегодно образовывается около 10 млн. т золы, прямое использование которой в тех или иных областях промышленности затруднено крайне неоднородным ее составом и