

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

## **ПРОБЛЕМИ ГІРНИЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ  
РЕГІОНАЛЬНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

26 ЛИСТОПАДА 2010 РОКУ

Присвячується  
90-річчю Донецького національного технічного університету

Красноармійськ-2010

### **ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫРАБОТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ АНКЕРНЫХ СИСТЕМ**

*Для умов очікуваних великих деформацій приконтурного масиву та зміщень контура виробок запропонована нова концепція управління геомеханічними процесами та ефективні способи підвищення стійкості протяжних виробок з використанням анкерних систем.*

Добыча полезных ископаемых неразрывно связана с увеличением глубины разработки. Так, например, распределение запасов в Донецком бассейне, являющегося основным поставщиком угля в Украине, следующее (%): 36 приходится на глубину до 600 м, 38 – на глубины 600-1200 м и 26 – на глубины 1200-1800 м [1].

С ростом глубины существенно возрастает величина горного давления, изменяются свойства породной среды, увеличивается геологическая нарушенность месторождений. Ведение горных работ вызывает перераспределение начального поля напряжений, приводит к разрушению массива пород, изменению его пространственной структуры.

Наиболее тяжелые последствия проявлений повышенного горного давления в выработках глубоких шахт обусловлены большими деформациями породного массива.

В связи с этим разработка эффективных способов обеспечения устойчивости протяженных выработок и параметров крепи в условиях ожидаемых больших статических смещений для различных геомеханических и горнотехнических условий эксплуатации является на сегодняшний день актуальной научно-технической задачей.

В настоящее время наиболее хорошо изучены закономерности формирования горного давления вокруг выработок в зонах I и II. Для обеспечения устойчивого, безремонтного поддержания горных выработок, не испытывающих влияние очистных работ необходимо, в первую очередь, обеспечить как можно более раннее вступление крепи в работу. При этом важным является отсутствие переборов и тщательное заполнение закрепного пространства механизированным способом твердеющими материалами. В условиях больших глубин при значительно возросших величинах горного давления, коренным образом изменились функциональные требования к самой крепи. Традиционная металлическая рамная крепь, применяемая почти повсеместно, выполняет подпорно-ограждающую функцию и не препятствует расслоениям вмещающих выработку пород. В настоящей ситуации следует отдавать предпочтение системам крепления, использующих несущую способность вмещающего массива, активно препятствующих расслоениям пород – полное и частичное заполнение закрепного пространства, тампонаж закрепного пространства, глубинное упрочнение массива вяжущими веществами или анкерами. Оценка эффективности известных средств и способов повышения устойчивости выработок показывает, что наибольший положительный эффект дают именно указанные мероприятия.

Выбор параметров крепи для обеспечения устойчивого состояния выработки может быть осуществлен на основе различных подходов.

Первый предполагает максимально быстрый ввод крепи в работу и применение жестких крепей. Недостаток этого подхода заключается в том, что область обеспечения устойчивого равновесного состояния массива определяется очень узким диапазоном допустимых значений деформаций при высоком уровне потенциальной энергии системы «породный массив-крепь-выработка» (рис. 1, поз. 1).

Такое состояние определяется как неустойчивое равновесие. Незначительные изменения параметров влияющих факторов могут привести к недопустимым значениям деформаций, вызывающих тяжелые или катастрофические последствия.

Выработки глубоких шахт работают при высоком уровне напряженного состояния. Для этих условий более приемлем другой подход – снижение уровня потенциальной энергии окружающего массива за счет реализации деформационных процессов при контролируемом управлении со стороны крепи.

Недостаток этого подхода заключается в формировании вокруг выработки зоны разрушенных пород. Положительным фактором является то, что в этом случае диапазон допустимых значений смещений пород достаточно большой, при существенно меньшей величине напряжений (рис. 1, поз. 2). Такое состояние системы является более устойчивым и в условиях высокой неопределенности влияющих факторов более подходящим для обеспечения безопасности горных работ в условиях глубоких шахт.

Идея концепции управления геомеханическими процессами состоит в учете закономерностей их протекания и применении на каждом этапе строительства и эксплуатации выработки соответствующих способов обеспечения устойчивости, допускающих формирование демпферной зоны для разгрузки приконтурного массива пород от повышенных напряжений и предотвращающих чрезмерное развитие зоны разрушенных пород и смещения породного контура, приводящих к потере устойчивости массива.

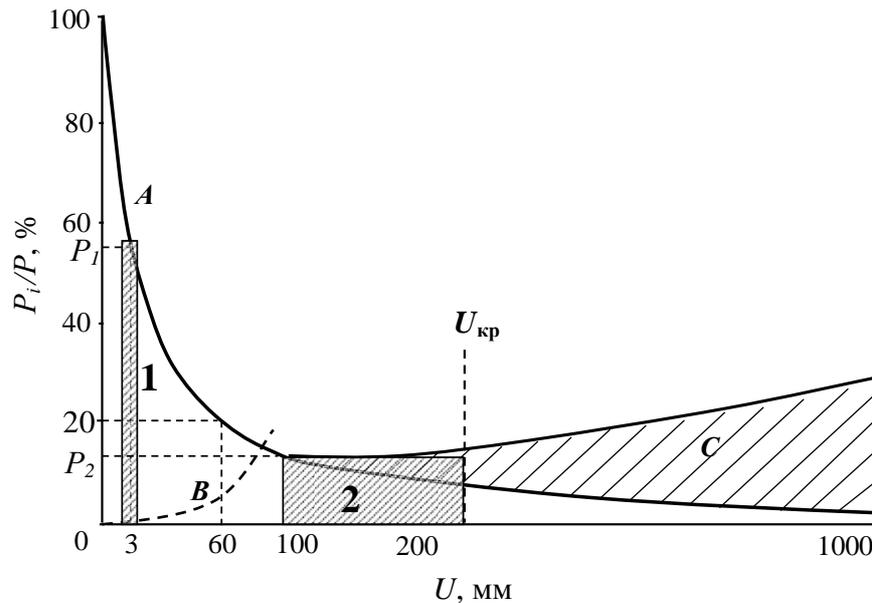


Рис. 1. Зависимость величины давления на крепь выработки от величины смещений ее контура: *A* – характеристика породного массива; *B* – характеристика крепи; *C* – разрыхление приконтурного массива

Во всех случаях обязательными условиями выполнения всех технологических мероприятий должны быть следующие.

- окружающий выработку массив сразу же после обнажения необходимо включать в работу системы «массив-выработка-крепь»;
- при установке несущей конструкции должен быть обеспечен равномерный плотный контакт крепи и породного контура;
- повышенный отпор окружающим породам необходимо обеспечивать техническими средствами, имеющими малую материалоемкость, стоимость и высокие силовые характеристики (анкеры, несущая податливая забутовка, рукава «Буллфлекс» и др.);
- способы обеспечения устойчивости выработки должны в максимальной степени использовать несущую способность приконтурного массива путем повышения эффективности отпора самой крепи и использования средств усиления;
- конструкция крепи или применение средств усиления должны учитывать негативное влияние несимметричной нагрузки.

Примером реализации одного из направлений является предложенный способ повышения устойчивости выработки в пучащих породах почвы за счет предупреждения критических смещений приконтурной области массива (рис. 2). Отличительной особенностью его является установка в почве сдвоенных анкеров, изготовленных из троса и имеющих длину концов, устанавливаемых в центральной части, значительно большую длины основных. Их установка производится со сдвигом на пол шага, что увеличивает плотность анкерования центральной части выработки в 2 раза. Несущая способность почвы при такой конструкции анкеров увеличивается еще и за счет включения механизма заклинивания [2].

В наиболее сложных геомеханических условиях возможна ситуация, когда видимой стабилизации деформационных процессов в выработке не происходит. То есть величина смещений в короткие сроки достигает критических значений, что приводит к вспучиванию или вывалообразованию.

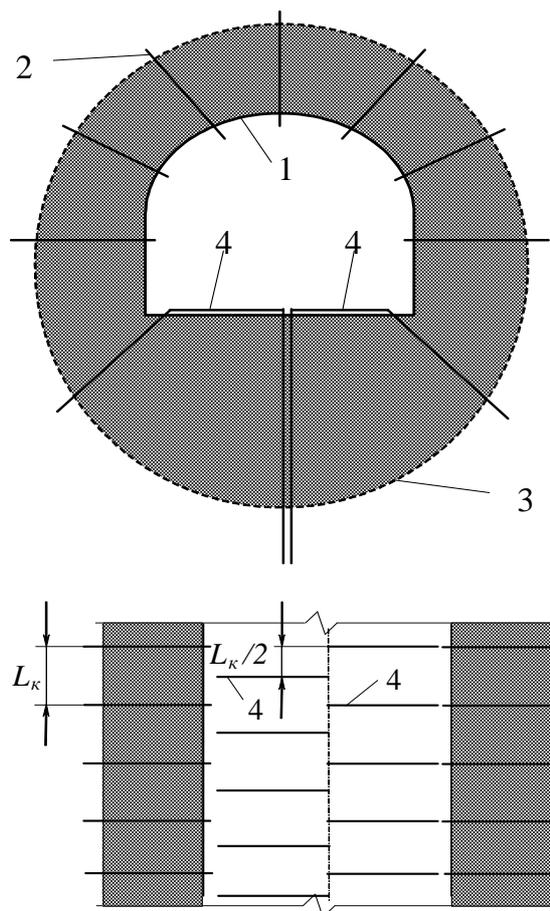


Рис. 2. Схема установки анкеров в протяженной выработке: 1 – рамная крепь, 2 – сталеполимерный анкер, 3 – граница зоны повышенной трещиноватости; 4 – сдвоенный анкер из троса для почвы

В этом случае эффективной мерой может быть применение податливой анкерной крепи, устанавливаемой сразу после проведения выработки (рис. 3). Это позволит повысить прочность массива в приконтурной части за счет их армирования и ограничит смещения контура выработки.

После образования демпферной зоны и стабилизации деформационных

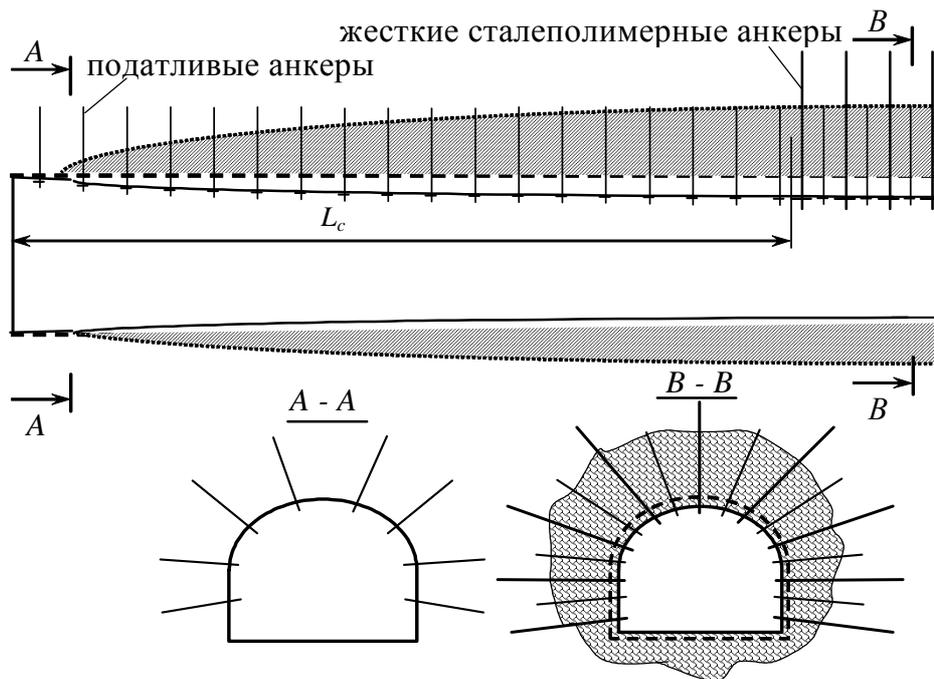


Рис. 3. Схема возведения комбинированной крепи

процессов на некотором расстоянии от забоя выработки ( $L_c$ ), проводят мероприятия, препятствующие дальнейшим деформациям. Эффективность способа подтверждена результатами шахтных исследований по применению анкерной крепи [3].

Достаточно эффективным может быть применение анкерной крепи для повышения устойчивости протяженных выработок в зоне влияния очистных работ. Тем более, что объем этих выработок очень большой. По данным работы [4] из общего объема поддерживаемых выработок примерно 40 % составляют капитальные выработки, из которых только 30 % эксплуатируются вне зоны активного влияния очистных работ.

Обеспечение устойчивости выработок в зоне влияния очистных работ представляет довольно сложную задачу.

В этой зоне происходит увеличение напряжений в породах вокруг выработки под действием выработанного пространства. При этом возрастают смещения породного контура. Скорость смещений начинает увеличиваться при подходе очистного забоя к участку выработки на расстояние 20-80 м и редко превышает эти величины. Исследования, выполненные в выработках шахты «Алмазная» ГП «Добропольеуголь» позволили установить, что еще до прохода очистного забоя формируется несимметрия загрузки крепи. Для сохранения штреков в период прохода очистного забоя с помощью средств активного усиления – анкеров, можно эффективно управлять величиной внешней нагрузки на крепь.

Комплексные исследования, проведенные в выемочных штреках ГОАО шахта «Алмазная» показали, что в результате воздействия опорного давления движущегося очистного забоя, на крепь выемочного штрека формируется одностороннее, несимметричное давление, направленное со стороны отрабатываемой лавы. В результате, деформация крепи представляет собой наклон арки в сторону меньшего давления – противоположную стороне будущего прохода лавы.

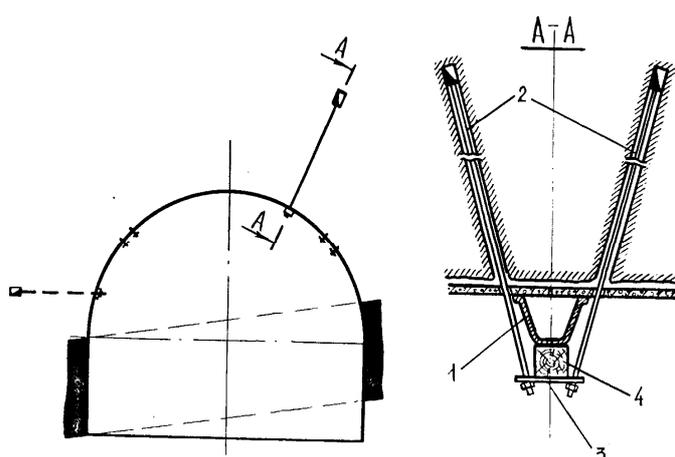


Рис. 4. Конструкция рамно-анкерной крепи

Характер деформирования рам металлической крепи из-за наличия несимметричного давления predeterminedил необходимость применения анкерной крепи в сочетании с металлической арочной крепью из спецпрофиля (рис. 4).

Учитывая характерную деформацию крепи под воздействием очистных работ была принята следующая схема установки анкеров: рабочие анкера устанавливались на 30 см выше соединительного замка под углом  $70^\circ$  к вертикали со стороны восстания пласта (будущего прохода лавы). Для обеспечения совместной работы арок и анкеров, установка последних выполнена таким образом, что профиль крепи 1 (рис. 4) при помощи анкеров 2 как бы «подшивался» к породному контуру. Для обеспечения податливости анкеров между планкой 3, соединяющей их хвостовики и профилем крепи устанавливался деревянный брусек сечением  $75 \times 100$  мм - 4, после чего производилось натяжение анкеров. Общая протяженность участка с рамно-анкерной крепью составила 40 м.

Результаты измерений показали, что суммарная нагруженность опытной крепи снизилась в сравнении с типовой, на 32 %, а величина максимальных изгибающих моментов со стороны преобладающей нагрузки (в местах установки анкеров) - почти в 2 раза. Визуальные наблюдения показали, что деформации элементов крепи и затяжек на участке с экспериментальной крепью заметно уменьшились. Практически на всех рамах крепи отмечено смятие деревянных прокладок и изгиб планок между хвостовиками анкеров, что говорит об активной их работе.

Таким образом, проведенные шахтные исследования и установка опытной крепи показали следующее.

При формировании давления на крепь выемочной выработки характерным является преобладающее одностороннее давление, направленное со стороны отрабатываемой лавы.

Формирование несимметричной нагрузки происходит в зоне временного опорного давления впереди движущегося очистного забоя и связано с дальнейшими расслоениями пород приконтурной зоны выработки.

Установка анкеров в массиве пород, подверженном значительному расслоению является активным способом управления состоянием массива, препятствует его расслоению и сдвигению в выработку.

Жесткая связь анкеров с металлической крепью повышает несущую способность последней, особенно на участках, испытывающих наибольшие деформации.

## ЛИТЕРАТУРА

- Большинский М.И., Большинский И.М. Сооружение выработок в выбросоопасном массиве горных пород. – К.: Техника. – 1989. – 120 с.
- Шашенко О.М, Солодянкин А.В., Терещук Р.М. Спосіб підвищення стійкості гірничої виробки з породами підшви, що схильні до здимання / Патент на корисну модель № 42242, Україна / МПК Е 21 D 20/00. Заявл. 10.02.09; Опубл. 25.06.09; Бюл. № 12. – 4 с.
- Шашенко А.Н., Солодянкин А.В. Обеспечение устойчивости подготовительных горных выработок в условиях несимметричного горного давления // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд. МГГУ. – 1997. – № 4. – С. 149-151.
- Кошелев К.В., Томасов А.Г. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок. – М.: Недра. – 1985. – 215 с.

*Для условий ожидаемых больших деформаций приконтурного массива и смещений контура выработок предложена новая концепция управления геомеханическими процессами и эффективные способы повышения устойчивости протяженных выработок с применением анкерных систем.*