

УДК 622.831:622.281.74

КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ НА ОСНОВЕ АНКЕРОВ, ЗАКРЕПЛЯЕМЫХ В ГОРНОМ МАССИВЕ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ СОСТАВОВ

Русаков В. О., студент гр. РПМ-136,
Касьян Н. Н., д-р техн. наук, проф., науч. рук.,
Касьяненко А. Л., канд. техн. наук, доц.
(ГОУВПО «ДОННТУ», г. Донецк, ДНР)
rpm@mine.donntu.org

Предложена конструкция крепи горной выработки на основе анкеров, закрепляемых в горном массиве без связующих составов, приведены результаты исследований её эффективности.

Ключевые слова: горная выработка, анкерная крепь, рамка анкерной крепи, работоспособность.

На сегодняшний день более 80 % поддерживаемых выработок на шахте закреплены металлической арочной податливой крепью. Причем более 50 % от протяженности этих выработок деформированы.

Как система крепления арочная крепь имеет ряд недостатков. Фактически она не поддерживает выработку до тех пор, пока вмещающие породы не разрушатся и не начнут смещаться в выработку, нагружая рамы крепи. То есть, крепь работает в пассивном режиме и не препятствует разрушению вмещающего массива. Кроме этого основными недостатками применения арочной крепи являются:

1. Большая металлоемкость
2. Крепь не включается в работу сразу после обнажения породного контура выработки.
3. Невозможность полной механизации процесса крепления (затяжка рам и забутовка закрепного пространства производится вручную. Трудоемкость процесса крепления выработки арочной крепью достигает 80% от общей трудоемкости проведения выработки).

4. Традиционная конструкция арочной крепи не соответствует условиям ее нагружения (нет соосности между направлением податливости крепи и направлением наибольших смещений контура выработки).

Кардинально улучшить технические и экономические показатели работы шахты можно путем применения анкерной крепи [1].

Эта система крепления имеет ряд достоинств, которые подтверждены практикой и включают:

1. Повышение безопасности работ, заключающееся в устранении производственного травматизма, вызванного обрушением пород в процессе проведения и эксплуатации горных выработок.

2. Увеличение в 1,5–2,0 раза темпов сооружения выработок.

3. Сокращение в 5–10 раз материальных и трудовых затрат на крепление выработок.

4. Сокращение объемов транспортировки крепежных материалов и уменьшение доли ручного труда в процессе возведения крепи.

5. Более эффективное использование сечения выработок за счет сокращения потери площади рабочего сечения.

6. Сокращение затрат на ремонт горных выработок при их эксплуатации.

В современном толковании анкерную крепь рассматривают как систему армирующих элементов (деревянных, металлических, железобетонных, полимерных и др.), закрепляемых в шпурах (скважинах), пробуренных по контуру выработки, которые в самостоятельном виде или в сочетании с поддерживающими и ограждающими элементами предотвращают обрушение ослабляемых пород за счет их скрепления и подвески к устойчивой части породного массива.

В отечественной и зарубежной литературе опубликовано большое количество работ, посвященных механизму взаимодействия массива пород с анкерной крепью, позволивших на научной основе глубже подойти к раскрытию физической сути этого вида крепи и ее влияние на состояние поддерживаемых выработок. Различные схемы взаимодействия анкерной крепи и породного массива были предложены отечественными учеными – Семеновским В. Н., Борисовым А. А., Махно Е. Я., Широковым А. П., Толпаноровым А. Т., Стрыгиным Б. И., Чуканом В. К., Мельни-

ковым Н. И., Ткачевым В. А., Байкенжном М. А.; учеными зарубежных стран Бакки Ф., Югоном А., Костом А., Якоби О., Панеком Л. А. и др.

Все известные представления о роли анкерной крепи можно свести к трем основным схемам (рис. 1): 1 – формирование в кровле несущей конструкции (метод сшивки); 2 – подвешивание пород нарушенной зоны к более устойчивым за ее пределами (метод подшивки), 3 – предотвращение отдельных случайных вывалов пород (ограждающая конструкция).

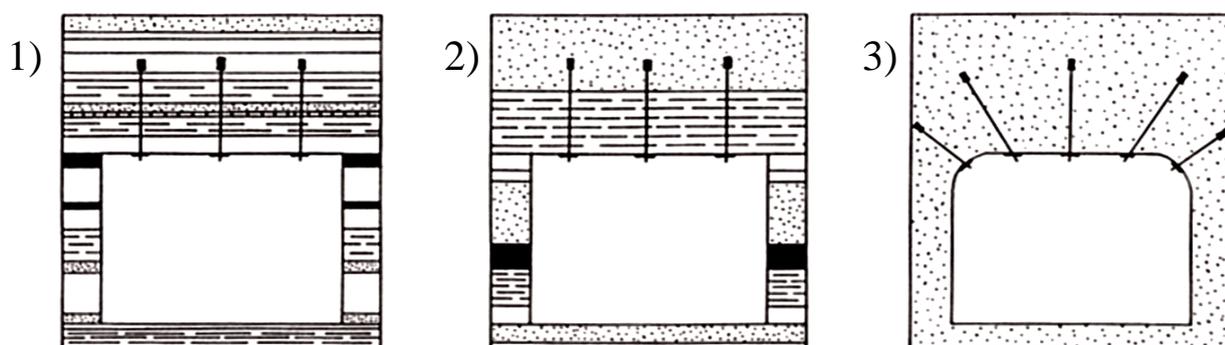


Рис. 1. Схемы работы анкерной крепи

Энергетическое взаимодействие породного массива с анкерной крепью (энергетический компенсатор).

Схема формирования грузонесущей конструкции впервые была сформулирована Якоби О. и получила дальнейшее развитие в работах Семевского В. Н., Махно Е. Я., Панека Л. и других исследователей. Эта схема основана на том, что в условиях упругого отпора породы система порода–крепь способна самостоятельно нести свой собственный вес и дополнительную нагрузку, т.е. быть несущей конструкцией.

Схема «подвешивания» впервые была предложена Бакки Ф., ее сторонниками являются Чукан Б. К., Широков А. П. и ряд других исследователей. Сущность ее заключается в том, что нарушенные породы области пониженных напряжений (свода обрушения) подвешиваются анкерами к более устойчивым породам за ее пределами. Длина анкеров определяется из условия закрепления их замковой части за пределами опасной зоны, а расстояние между анкерами подбирается таким, чтобы суммарная несущая

способность штанг превышала с некоторым запасом прочности вес поддерживаемых пород. Эта схема получила наибольшее признание у проектировщиков и производителей из-за относительно несложного определения возможной нагрузки на анкерную крепь. Ее использование возможно при зоне нарушенных пород до 1,7 м.

Третья схема анкерования применяется в условиях крепких трещиноватых пород, когда необходимо предотвратить случайные вывалы пород кровли выработок.

Сторонники энергетического взаимодействия породного массива с анкерной крепью исходят из того, что при проведении выработки происходит перераспределение напряжений и высвобождение потенциальной энергии, значение которой определяется начальным напряженным состоянием массива. В незакрепленной выработке высвобождаемая потенциальная энергия расходуется на процессы деформирования и разрушения пород. В выработке закрепленной анкерами высвобождаемая энергия затрачивается не только на деформационные процессы и разрушение массива, но и на преодоление сопротивления анкерной крепи. Последняя играет роль энергетического компенсатора. Несмотря на универсальность такого подхода в теоретическом аспекте его практическая реализация затруднена сложностью определения исходных данных.

Рассмотренные схемы работы анкерной крепи были разработаны и предложены для объяснения механизма взаимодействия жесткой анкерной крепи и массива пород в окрестности поддерживаемых выработок.

Опыт применения жесткой анкерной крепи, закрепляемой по всей длине, при установке ее в радиальном направлении показывает, что при смещении контура выработки на 200 мм происходит ее обрыв [2]. Это связано с тем, что в условиях образования зоны разрушенных пород, область пород, укрепляемых анкером намного меньше расстояние между ними, вследствие чего разрушенные породы обыгрывают анкерную крепь. Следовательно, армирующее воздействие анкерной крепи, устанавливаемой в радиальном направлении осуществляется только в пределах пород, непосредственно связанных с анкером. Увеличить область

влияния анкера возможно за счет его рационального пространственного расположения.

В ДонНТУ разработан способ охраны выработок, заключающийся в том, что анкерная крепь устанавливается розетками (по 4 анкера), в которых анкера располагаются по большим диагоналям куба, одна сторона основания которого совпадает с продольной осью выработки, а вторая – линейно аппроксимирует контур ее поперечного [3].

С целью изучения влияния различных схем установки анкерной крепи на условно-мгновенную и остаточную прочность пород в лаборатории горного давления ДонНТУ были проведены испытания образцов, изготовленных из фосфогипса с различными схемами их армировки. Результаты испытаний показали, что расположение анкеров по большим диагоналям куба приводит к повышению условно-мгновенной прочности образца в 1,6 раза. Характерной особенностью деформации образца является сохранение остаточной прочности после разрушения, которая составляет 30 % от условно-мгновенной прочности армированного образца и 50 % от условно-мгновенной прочности образца без армировки. Такой результат объясняется на наш взгляд, тем, что при пространственном расположении анкерная крепь выполняет роль стержневой обоймы, изменяющей вид напряженного состояния разрушенных пород внутри себя [4].

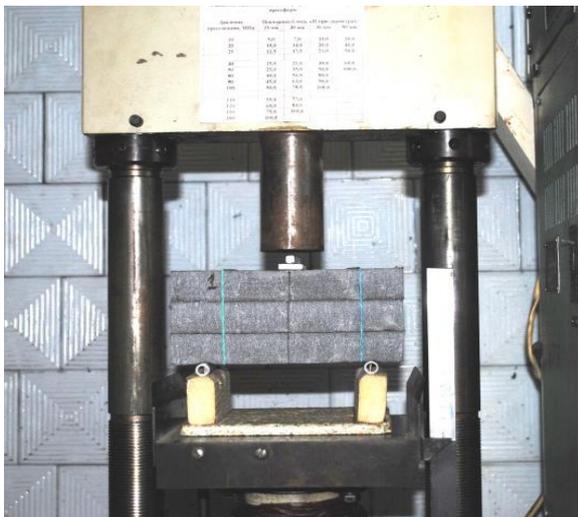
В предлагаемой новой концепции роль анкера заключается, а осуществлении сопротивления расслоению пород кровли и их деформированию в полость выработки. В направлении реализации предлагаемой новой концепции в ДонНТУ разработана конструкция анкерного крепления в виде рамки анкерной крепи (РАК).

Отличительной особенностью предлагаемой конструкции анкерного крепления является простота в исполнении составных частей, отсутствие резьбовых соединений, а также закрепление анкеров без применения связующих составов. Следует отметить, что данная система может работать только в комплексном составе – два анкера, подхват с замковой частью по его концам и двух клиньев.

При этом форма выработки должна быть с плоской кровлей: прямоугольная; трапециевидная; обратная трапеция.

Для проверки работоспособности предлагаемой конструкции анкерного крепления было отработано две серии структурных моделей в лабораторных условиях.

В первой серии моделей исследовалась деформация плиты, составленной из 3-х слоев эквивалентного материала. Толщина слоя плиты составляла 30 мм. В качестве эквивалентного материала был использован пеноплекс. Предварительно были определены такие его параметры как прочность на одноосно сжатие, модуль упругости, удельная плотность. В первой серии отработывались три модели. Первая модель была представлена 3-х слойной плитой без укрепления; вторая – с укреплением двумя РАК и третья – с укреплением четырьмя РАК. Отработка модели заключалась в фиксации деформации по нижнему слою плиты, которая размещалась на двух нижних опорах и пригружалась сверху по линии нагрузкой производимой гидравлическим прессом. Модель, имитирующая породный блок, состоящий из 3-х не укрепленных слоев на рис. 2 показано состояние моделей вначале (а) и в конце (б) испытаний. Фиксация смещений плиты производилась миллиметровой линейкой на каждом шаге нагружения.



а)



б)

Рис. 2. Состояние моделей вначале(а) и в конце (б) испытаний

На рис. 3 приведены графики абсолютной деформации моделей. Анализ графиков показывает что на момент окончания испытаний при нагрузке 1,6 кН деформации не укрепленной плиты

составят 11 мм, что соответствует в натуре 220 мм (позиция 1). При укреплении плиты двумя РАК эти деформации составили, соответственно 7,5 и 150 мм. При укреплении плиты четырьмя РАК эти деформации составили, соответственно 4,6 и 92 мм. Таким образом укрепление плит двумя и четырьмя РАК приводит к уменьшению их деформации, соответственно в 1,5 и 2,4 раза.

Полученные результаты подтверждают эффективность участия РАК в торможении деформирования модели кровли выработки.

На рис. 4 приведены графики деформации моделей породных блоков в зависимости от величины прикладываемой нагрузки. Анализ графиков показывает, что деформации неукрепленного блока начинаются с момента приложения нагрузки. До величины нагрузки 0,6 кН наблюдается относительно плавный рост деформаций средней части блока до величины 6 мм, что соответствует 120 мм в натуре. При дальнейшем увеличении нагрузки до 0,68 кН наблюдается резкий рост деформаций плиты до 10 мм, что соответствует 200 мм в натуре.

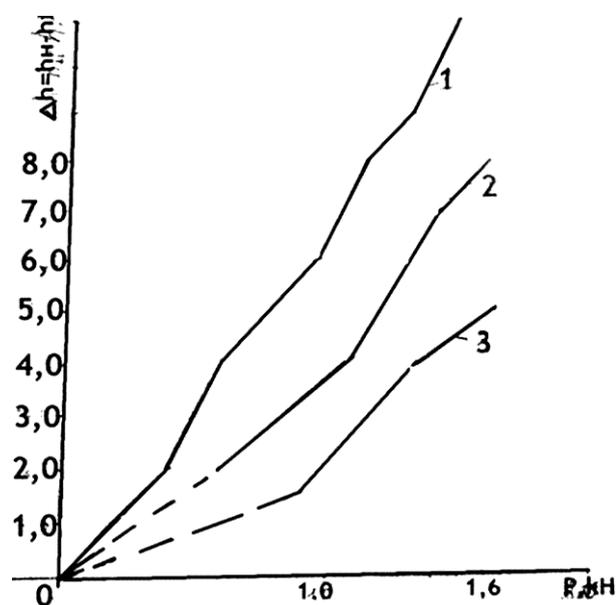


Рис. 3. Графики абсолютной деформации моделей породного блока: 1 – пустой, 2 – блок укрепленный 2РАК, 3 – блок укрепленный 4РАК

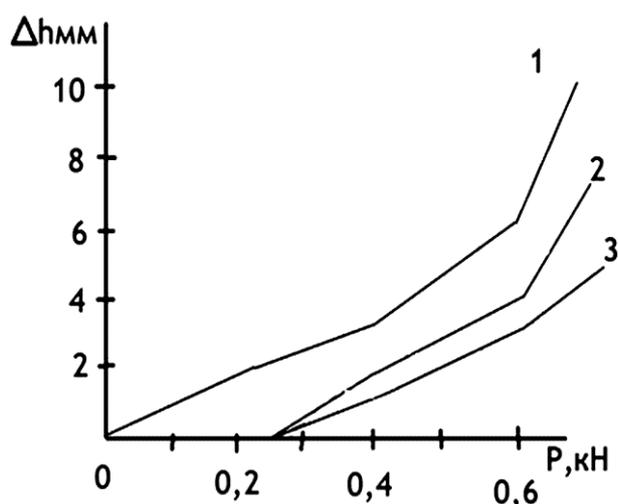


Рис. 4. Графики деформации моделей породных блоков в зависимости от величины прикладываемой нагрузки: 1 – пустой блок, 2 – 1РАК, 3 – 2РАК

При укреплении слоев блока одной РАК до величины нагрузки равной 0,25 кН деформации отсутствуют. Как и в предыдущей модели, до нагрузки равной 0,6 кН наблюдается плавный рост деформаций блока до 4 мм. Дальнейшее увеличение нагрузки до 0,68 кН приводит к резкому увеличению деформации до 7 мм, что соответствует 140 мм в натуре.

При укреплении слоев блока двумя РАК, как и в предыдущей модели, до величины нагрузки равной 0,25 кН деформации отсутствуют. С увеличением нагрузки до 0,7 кН наблюдается плавный рост деформации до 5 мм, что соответствует 100 мм в натуре. Анализ результатов испытаний второй серии структурных моделей показали, что укрепление обрабатываемых блоков одной и двумя РАК приводит к уменьшению их деформаций соответственно в 1,4 и 2,2 раза.

Таким образом, выполненный анализ конструкций анкерной крепи и способов ее закрепления показал, что основными ее недостатками является высокая стоимость скрепляющих растворов и невозможность ее повторного использования. Предлагаемая в настоящей работе конструкция рамки анкерной крепи лишена этих недостатков и кроме этого, за счет пространственного расположения позволяет вовлечь в совместную с анкерами работу гораздо больший объем породы. Лабораторные исследования эффективности данной конструкции крепи на структурных физических моделях показали следующее:

– при установке одной рамки анкерной крепи на погонный метр кровли выработки смещения ее контура уменьшатся в 1,5 раза.

– при установке двух рамок анкерной крепи на погонный метр кровли выработки смещения ее контура уменьшаются в 2,4 раза.

Результаты выполненных лабораторных исследований подтверждают, что предлагаемая конструкция анкерной крепи является простой надежной и эффективной.

Библиографический список

1. Касьян, Н. Н. Влияние анкерной крепи на геомеханические процессы в массиве пород вокруг поддерживаемых выработок [Текст] / Н. Н. Касьян, А. П. Ключев, В. И. Лысенко // Известия Донецкого горного института. – Донецк: ДонГТУ, 1996. – №1(3). – С. 57–60.

2. Касьян, Н. Н. Повышение эффективности применения анкерной крепи для поддержания выработок глубоких шахт [Текст] / Н. Н. Касьян // Известия Донецкого Горного института. – Донецк: ДонГТУ, 1996. – №2(4). – С. 53–55.

3. Новый подход к расчету параметров анкерной крепи [Текст] / Ю. А. Петренко, Н. Н. Касьян, А. О. Новиков, И. Г. Сахно // Сб. научн. тр. «Физико-технические проблемы горного производства». – Донецк: ИФГП НАН Украины, 2004. – Вып. 7. – С. 167–172.

4. Касьян, Н. Н. Новые способы повышения грузонесущей способности разрушенных пород вокруг выработок в условиях глубоких шахт [Текст] / Н. Н. Касьян, А. П. Клюев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: изд-во МГГ, 2002, – №3. – С. 55–56.

Rusakov V. O., Kasyan N. N., Kasyanenko A. L.

(SEI HPE «Donetsk national technical university», Donetsk, DPR)

CONSTRUCTION OF MINE SUPPORT TUNNEL ON THE BASIS OF ANCHORS, FIXED IN THE MASSIF WITHOUT CONNECTIVE COMPOSITIONS

The construction of mine support tunnel on the basis of anchors fixed in the massif without connective compositions is proposed, the results of studies of its effectiveness are presented.

Keywords: mining tunnel, roof bolting, frame anchor support, runnable.