

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ РАЗРУШЕННОГО МАССИВА ВОКРУГ ВЫРАБОТОК НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

А.П. Ключев, Н.Н. Касьян, Ю.А. Петренко  
Донецкая облгосадминистрация, ДонНТУ

*Розглянуті способи охорони гірничих виробок, що базуються на спорудженні вантажонесучої оболонки із зруйнованих навколишніх порід та запропоновані нові способи управління станом зруйнованих порід, засновані на нетрадиційному використанні ін'єкційного укріплення та анкерних систем.*

Результаты анализа состояния горных выработок на шахтах Украины по состоянию на конец 2000 г. показывают, что из общего объема эксплуатируемых выработок (11024 км) 90% закреплено податливой рамной крепью. При этом протяженность выработок, требующих ремонта, составляет 5892 км. Основной причиной ремонтных работ в выработках глубоких шахт в 70% случаев является наличие пучения пород почвы, в 30% – несоответствие несущей способности крепи действующим нагрузкам [1]. Установка на ряде глубоких шахт металлической арочной крепи с плотностью 3 рамы на 1 м не всегда устраняет систематические ремонты выработок.

Такое положение объясняется тем, что в условиях глубоких шахт технический потенциал современных арочных металлических крепей не является достаточным для обеспечения устойчивого состояния поддерживаемых выработок.

В последние годы на Украине, а также в ближнем и дальнем зарубежье получила развитие новая концепция обеспечения устойчивости выработок, основанная на использовании окружающего массива в качестве «породной крепи».

Создание грузонесущей оболочки из породного массива окружающего выработку производится по двум направлениям: с применением инъекционного укрепления пород связующими растворами либо с использованием анкерных систем. Первое направление основано на создании монолитной оболочки вокруг выработки толщина и прочностная характеристика которой достаточна для нейтрализации вредного проявления геомеханических процессов за ее пределами. Известны два способа создания породонесущей конструкции с использованием инъекционного укрепления пород. Первый предусматривает ведение

работ по инъекционному укреплению пород после образования разрушенной зоны вокруг выработок, что соответствует интервалу времени 20–30 суток после их проведения [2].

Второй предусматривает создание грузонесущей оболочки из окружающих пород за счет их активной разгрузки с последующим упрочнением (АРПУ) [3]. Отличительной особенностью предложенного способа является то, что его реализация осуществляется непосредственно в забое проводимой выработки.

Рассмотренные выше способы повышения грузонесущей способности разрушенных пород в окрестности выработок за счет их укрепления инъекционным упрочнением имеют общий механизм управляющего действия на геомеханические процессы в породном массиве, находящемся за зоной укрепления. Монолитная оболочка из разрушенных пород и скрепляющего состава оказывает тормозящее действие дальнейшему росту зоны разрушенных пород и нейтрализует ее влияние на состояние горной выработки. По физической сущности искусственно созданная оболочка оказывает пассивное силовое противодействие на естественный ход геомеханических процессов в окружающем ее массиве. Наряду с высокой эффективностью, рассмотренные способы обладают рядом недостатков, связанных с многооперационностью, большим расходом связующих материалов, сдерживанию темпов проведения выработок. Совершенствование данного направления связано с учетом особенностей деформационных процессов в формирующейся зоне разрушенных пород с использованием технических решений для повышения грузонесущей способности разрушенного массива.

Создать грузонесущую конструкцию из разрушенных пород в окрестности выработки возможно за счет обеспечения условий для самозаклинивания породных фрагментов при их перемещении в полость выработки. Этот принцип реализуется в способе повышения устойчивости горных выработок, разработанном в ДонНТУ [4]. Сущность способа заключается в том, что разрушенную область пород вокруг поддерживаемых выработок разделяют в радиальном направлении на секторные участки локально укрепленными зонами. При дальнейшем росте зоны разрушенных пород (ЗРП) происходит нагружение внешней границы секторного участка массива разрушенных пород, расположенного между локально укрепленными зонами. Силы пассивного отпора формируют на границе локально укрепленных зон дополнительное боковое давление, повышающее сцепление между породными фрагментами разрушенного массива. При движении клиновидной области разрушенных пород к контуру выработки происхо-

дит их самозаклинивание между локально укрепленными зонами. Результаты лабораторных исследований механизма передачи нагрузки зоной разрушенных пород при ее внешнем нагружении (за счет влияния фронта разрушения пород) показали, что при создании локально укрепленных зон коэффициент передачи нагрузки (отношение величины нагрузки на крепь к величине нагрузки, прикладываемой к внешней границе ЗРП) уменьшается в 1,1–2,5 раза. Это относится к условиям применения жесткой крепи. Значительно большее уменьшение коэффициента передачи нагрузки наблюдается при податливой крепи. Так при крупности породной фракции ( $d_{\phi}/r_b$ ) материала ЗРП в пределах 0,12–0,3 ( $d_{\phi}$  и  $r_b$  – соответствует максимальному поперечному размеру породных фрагментов и радиусу выработки) коэффициент передачи нагрузки уменьшается в 6,7–16 раз. В условиях  $d_{\phi}/r_b=0,5$  значение коэффициента передачи нагрузки равно нулю. Данный факт свидетельствует об отсутствии взаимодействия между нагрузкой, прикладываемой к внешней границе моделируемой ЗРП и крепью выработки.

Значительное уменьшение коэффициента передачи нагрузки при использовании локально укрепленных зон в условиях податливой крепи объясняется тем, что податливость крепи способствует продвижке породных фрагментов между локально укрепленными зонами и их переупаковке, что совместно с создаваемым дополнительным боковым отпором способствует реализации эффекта самоподдержания породного массива.

Лабораторными исследованиями установлено, что максимальный угол между локально укрепленными зонами, при котором происходит эффективное самозаклинивание породных фрагментов составляет  $90^\circ$ .

Промышленные испытания способа повышения устойчивости выработок, проведенные в главном квершлаг шахты «Старжич» (Чехия) показали, что создание локально укрепленных зон способствует уменьшению скорости смещения пород на контуре выработки с 2–5 до 0–0,1 мм/сут. Спустя два месяца на экспериментальном участке смещения пород полностью прекратились. Следует отметить, что расход связующего состава на создание локально укрепленных зон составляет 25–30% от объема, необходимого при реализации традиционного способа создания сплошной укрепленной оболочки вокруг выработки.

Второе направление создания армопородных грузонесущих конструкций из породного массива, окружающего выработку основано на применении анкерных систем. Существующие методические разра-

ботки по обоснованию параметров установки анкерной крепи базируются в основном на чисто прочностном подходе. Отводя анкерной крепи роль армирующего элемента в них предусматривается ее установка в радиальном направлении, при котором реализуется традиционная схема ее работы – «сшивка» или «подшивка».

Принимаемый за основу чисто силовой механизм работы анкерной крепи не отражает ее технические возможности как армирующей системы.

Для использования жесткой анкерной крепи как армирующего элемента, в условиях образования вокруг выработки ЗРП, необходима разработка новой концепции ее применения с учетом особенностей геомеханических процессов, происходящих внутри нее. Учитывая то, что объектом армирования являются разрушенные породы под термином «армировка» необходимо понимать не чисто механическое повышение сопротивления сжатию, растяжению, сдвигу пород за счет армирования их анкерами с более высокими прочностными показателями, а повышение грузонесущей способности разрушенных пород за счет обеспечения более тесной механической связи между отдельными породными фрагментами в заданных объемах с помощью анкерных систем. При этом анкерная крепь должна оказывать эффективное сопротивление перемещению разрушенных пород в полость выработки.

Требуемые условия обеспечиваются только при пространственном расположении анкерной крепи. В ДонНТУ разработан новый способ охраны выработок, основанный на повышении грузонесущей способности окружающего их разрушенного породного массива за счет пространственного расположения анкерных систем [5]. Сущность его заключается 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 сечения. При таком расположении анкерная крепь выполняет роль пространственной стержневой обоймы, изменяющей вид напряженно деформированного состояния разрушенного породного массива, находящегося внутри нее.

Результаты лабораторных испытаний моделей образцов и оболочек при различных схемах их армировки показали, что пространственное расположение армирующих элементов обеспечивает величину остаточной прочности материала на уровне 50% от условно-мгновенной прочности не армированных образцов. При этом работоспособность моделей породных оболочек при радиальной и объемной схемах армировки повышается, соответственно в 1,6 и 5,8 раза [6].

Таким образом, в условиях глубоких шахт когда состояние горных выработок определяется образованием и развитием зоны разрушенных пород, вопрос о создании грузонесущих конструкций из окружающего породного массива на сегодняшний день является безальтернативным. Предложенные новые способы охраны выработок, основанные на нетрадиционном использовании инъекционного укрепления и анкерных систем обеспечивают высокую техническую эффективность при уменьшении затрат на их реализацию.

## Литература

1. Тулуб С.Б. Геомеханические основы и пространственно-технологические решения обеспечения устойчивости выработок угольных шахт в сложноструктурных трещиноватых породных массивах. – Автореферат докторской диссертации. – Днепропетровск, 2001. – 32 с.
2. Инъекционное упрочнение горных пород /Ю.З. Заславский, Е.А. Лопотухин, Е.Б. Дружко, И.В. Качан. – М.:Недра, 1984 – 176 с.
3. Литвинский Г.Г. Монолитная оболочка из разрушенных и упрочненных пород // Шахтное строительство, №12, 1981. – с. 18–20.
4. Деклараційний патент України №38094А, кл. Е21 Д13/02. Спосіб підвищення стійкості гірничих виробок. М.М. Касьян, А.П. Ключев, Р.І. Азаматов. Опубл. 15.05.2001, бюл. №4.
5. Деклараційний патент України №3893А, кл. Е21 Д13/02. Спосіб охорони виробки. М.П. Зборщик, А.П. Ключев, М.М. Касьян, І.А. Скідан. Опубл. 15.05.2001, бюл. №4.
6. Ключев А.П. Рациональная схема анкерного армирования пород вокруг выработок глубоких шахт /Сб. научн. трудов «Перспективы развития горных технологий в начале третьего тысячелетия». – Алчевск: ДГМИ, 1999. – с. 125–127.