

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОЗДАНИЯ ОХРАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНКЕРНЫХ НАТЯЖНЫХ СИСТЕМ

Задача охраны горных выработок относится к классу задач, для которых не существует такого положения, когда однажды найденные решения применимы с одинаковой эффективностью в разных условиях, а полученным опытом их использования создается необходимый свод норм и правил применения, которые не потребуют корректировки при изменившихся или новых условиях. Такое утверждение не означает отсутствие общности в выборе исходных предпосылок или использовании фундаментальных представлений о деформационных процессах, происходящих вокруг горных выработок, при поиске инженерно-технологических решений их охраны в широком диапазоне горно-геологических условий. Это утверждение предполагает необходимость развития новой системной ориентации, сущность которой сводится к следующему: задача охраны горных выработок — постоянная задача, требующая непрерывного научного, технического и технологического обеспечения с учетом особенностей новых условий поддержания выработок и новых знаний об управлении геомеханическими процессами, протекающими в приконтурных породах. Сказанное подтверждается двумя предпосылками: практической, — связанной с характеристикой состояния горных выработок угольных шахт, и научной, — определяющей новый уровень знаний об управлении поведением горных пород.

Анализ показывает, что в типичных условиях эксплуатации шахт Донбасса, Западного Донбасса, шахт «Укрзападугля» состояние горных выработок можно охарактеризовать такими показателями. Для поддержания выработок в основном (86-96%) применяется арочная податливая крепь. Ежегодный объем ремонтируемых выработок по отдельным шахтам составляет 10-15%, что по отношению к протяженности проводимых выработок достигает 50-80%, при этом подрывка почвы составляет 60%. Удельный вес деформированных выработок, требующих ремонта, достигает в среднем 20-27%. В таких условиях потеря площади поперечного сечения выработок составляет 39-43%. Переход на увеличенное сечение выработок (10-18 м²) повлечет значительные расходы металлопрофиля СВП (200-800 кг/ пог. м). Вместе с тем

существенного улучшения в показателях поддержания выработок не последовало: арочная податливая крепь возводится без предварительного распора, включается в работу несвоевременно, имеет недостаточное сопротивление, слабо адаптируется к асимметричным нагрузкам.

Обследованиями НИИОМШС установлено, что в 30% вертикальных стволов крепь деформирована, а 50% сопряжений ствол-горизонт требуют ремонта. Изучение маркшейдерских данных о состоянии горных выработок показывает, что от 22 до 45% уклонов требуют перекрепления, а процент сборных, бортовых, транспортных и вентиляционных штреков, находящихся в неудовлетворительном состоянии, варьирует в пределах от 17-27%. Поддержание выработок сопряжено с большими трудовыми и материальными затратами, что существенно ухудшает показатели работы шахт. Все это свидетельствует о недостаточной надежности, а в ряде случаев, и непригодности применяемых решений по охране горных выработок.

Фундаментальные результаты в области механики горных пород, полученные в последнее время, существенно обогатили понимание геомеханических процессов, связанных с освоением недр. В частности, открытие [1] в области механики деформирования горных пород и вытекающие из него следствия по управлению деформационными процессами, происходящими в них, показывают, что поиск и разработка эффективных средств и технологий охраны выработок должны быть связаны с возможностями целенаправленного управления состоянием и свойствами окружающих пород путем малоэнергоемких воздействий на них. Установлено [2], что нарушенные горные породы в условиях предельного напряженного состояния чувствительны даже к слабым дополнительным воздействиям на них. Это доминирующая предпосылка создает основу для разработки средств управления горным давлением в выработках, которые позволяют не только улучшить структурно-механические свойства вмещающих пород, но и управлять их деформационным режимом, при котором обеспечивается повышение остаточной несущей способности массива. Из большого числа применяемых искусственных воздействий на породный массив, окружающий горную выработку, направленных на повышение его устойчивости в обнажениях, выделяются анкерные крепи. Зарубежный опыт [3-7] показывает, что применение анкеров в качестве единственного вида крепи или в комбинации с рамными крепями позволяет значи-

тельно снизить издержки и повысить безопасность работ при креплении выработок.

Из большого разнообразия конструкций (свыше 200) анкерных крепей следует выделить анкерные натяжные (стяжные) крепи (АНК) [8,9]. Механизм работы АНК проиллюстрирован на схеме рис. 1а. Если общепринятый механизм работы обычной анкерной крепи связан с известными представлениями о подвеске, сшивке слоев, консолидировании блочных пород или блокировании трещинообразования, то АНК, помимо указанного воздействия на массив, обеспечивает формирование зон сжатия в породах кровли, характерных для фермы, состоящей из треугольных элементов [10]. При натяжении установленных под определенным углом к контуру выработки анкеров, возникающие усилия через элементы крепи передаются на массив, что повышает трение на контактах породных слоев, ограничивает их опускание и удерживает породы свода, перераспределяя нагрузки на боковые породы за счет повышения эффекта арочности. Таким образом, АНК можно отнести к крепям с принудительным деформированием совместно с массивом пород [11], т.к. при ее установке обеспечивается первоначальное, предварительное нагружение системы «крепь – массив», а в последующем, перемещение пород в полость выработки, выступающее как энергетический фактор, вызывает самозапирание армопородной конструкции. Очевидно, что АНК относится к крепям неопредельных размеров. Конструктивная особенность АНК в том, что будучи рассчитанная на предельную (заданную) нагрузку, она содержит такие структурные элементы, обеспечивающие ограниченно-податливый режим ее работы, который может быть обоснован выбором деформационно-силовых характеристик крепи с учетом ожидаемых величин и интенсивности перемещения пород. Такой режим работы крепи обеспечивает замедление разрушения приконтурных пород, которое сопровождается ограничением в развитии зоны неупругих деформаций, т.е. процесс управления состоянием пород переходит из воздействий на них на контуре к изменению их свойств в глубине массива. Изложенный механизм сформирован на базе анализа результатов ИГТМ НАН Украины по апробации АНК в условиях угольных шахт (ш. «Павлоградская», ш. «Центральная-Ирмино»), гипсовой (г. Артемовск) и калийной шахт (г. Стебник), а также обобщения данных литературных источников [3,8-10].

Используя ранее полученные результаты и изложенные представления, разработан ряд технических решений по применению АНК самостоятельно или в комбинации с рамными крепями. Из большого многообразия таких решений на рис. 1 представлены типичные решения, которые апробированы или апробируются.

Схемы рис. 1б, в, г, д иллюстрируют применение АНК в горизонтальных выработках и на сопряжении штрек-лава. По схеме рис. 1б применение АНК предполагает увеличение в 1,5 – 2,0 раза шага рамной крепи. Возведение АНК сразу после обнажения пород включает в работу массив как несущий элемент охранной конструкции, исключает образование по кровле зон неравномерности разгрузки пород, уменьшает интенсивность отрывных явлений, чем обеспечивается плавное включение в работу рамной крепи, т.е. АНК работает как активная крепь. Это весьма важно, т.к. в условиях значительной дезинтеграции боковых пород обеспечение немедленного подпора пород крепью является необходимым условием повышения их устойчивости. В широком диапазоне условий поддержания выработок наблюдаются асимметричные статические нагрузки на крепь, которые приводят к нарушению режима работы крепи, разрушению ее элементов, искажению эффекта аروحности. В таких условиях применение АНК возможно по укреплению породного массива (при проходке) или усилению рамной крепи (например, впереди очистных работ) (рис. 1в). В условиях слабометаморфизованных приконтурных пород, характеризующихся интенсивным развитием дезинтеграционных процессов (формирование столбчатых, блоковых структур) возможен вариант использования АНК как запирающей конструкции по всему контуру выработки (рис. 1г). Известно [12], что в таких условиях перемещения пород имеют развитие по всему контуру выработки. Процесс блокового опускания боковых пород в виде столбов вызывает опускание кровли и противонаправленное движение верхних слоев почвы, что приводит к сдвиговым и отрывным явлениям. Изгиб столбов с поворотом нижней их части приводит к нагруженности контактов слоев пород почвы, что вызывает по ним прерывности, облегчающие пучение. Такой механизм протекания процессов сопровождается образованием по контуру ослабленных зон пород. Эти геомеханические особенности определяют такие решения: установку АНК с взаимоперекрытием натяжной системы и объединение в единый конструктив АНК и ножек рам на уровне почвы. Первое – обеспечивает объемное сжатие массива

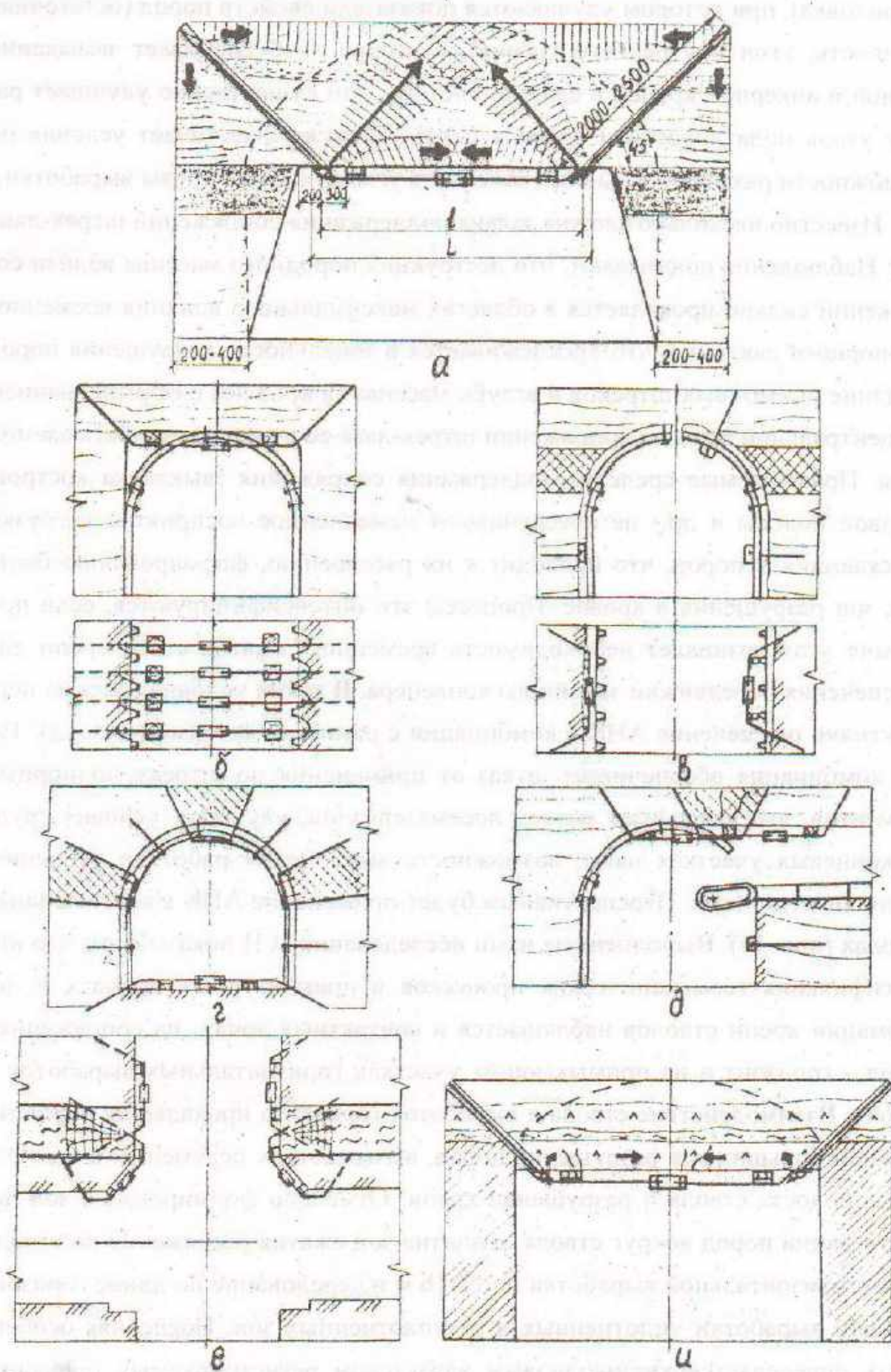


Рисунок 1 – Схемы механизма работы и применения анкерных
натяжных систем

(штриховка), при котором улучшаются показатели свойств пород (остаточная прочность, угол внутреннего трения), а второе – обеспечивает замыкание рамной и анкерной крепей в единую систему, что существенно улучшает работу узлов податливости и крепи в целом, а также ужесточает условия по возможности развития отрывных явлений в угловых зонах почвы выработки.

Известно насколько сложна задача поддержания сопряжений штрек-лава [12]. Наблюдения показывают, что деструкция породного массива вблизи сопряжений сильно проявляется в областях максимального влияния временно-го опорного давления, что прослеживается в зональности разрушения пород по длине выемочных штрехов и вглубь массива (в кровлю) с формированием эпицентральной зоны на сопряжении штрек-лава со стороны отрабатываемой лавы. Применяемые средства поддержания сопряжения (выкладка костров, бутовой полосы и др.) не обеспечивают немедленное восприятие нагрузки опускающихся пород, что приводит к их расслоению, формированию больших зон разрушения в кровле. Процессы эти интенсифицируются, если при добыче угля возникает необходимость временного снятия стоек крепи для обеспечения передвижки забойного конвейера. В таких условиях весьма перспективно применение АНК в комбинации с рамными крепями (рис. 1д). Такая комбинация обеспечивает: отказ от применения по штреху подпорных элементов, что уменьшает расход лесоматериалов, улучшает условия труда на концевых участках лавы; возможность выполнения работ по усилению крепи впереди лавы. Перспективным будет применение АНК в вертикальных стволах (рис. 1е). Выполненные нами исследования [13] показывают, что интенсификация геомеханических процессов в приконтурных породах и деформации крепи стволов наблюдается в контактных зонах, на сопряжениях ствол – горизонт и на примыкающих участках горизонтальных выработок к стволу. Взаимодействие ствола и выработок горизонта проявляется в формировании больших зон разрушения пород, вызывающих перемещение последних в полость ствола и разрушение крепи. Отмечено формирование зон дезинтеграции пород вокруг ствола, развитие зон сжатия-растяжения по стволу выше горизонтальной выработки на 12-16 м и чередование по длине горизонтальной выработки уплотненных и разуплотненных зон. Последняя особенность определяется квазиволновым характером регистрируемых геофизических параметров, а с удалением от ствола имеет место увеличение расстояния между соседними экстремумами, характеризующими изменение указанного

параметра. Из этого следует два практически важных вывода: 1) необходимость применения комплексных инженерно-технологических решений по поддержанию сопряжения ствол-горизонт и 2) необходимость применения в процессе проходки ствола таких регулятивных систем, которые обеспечили бы требуемое воздействие для сохранения его естественных свойств. Очевидно, что сохранение структурно-механических характеристик массива пород можно обеспечить применением АНК, например, в качестве временной, путем выбора деформационно-силовых параметров системы «крепь-массив». Эффективна, видимо, она будет в зонах сжатия-растяжения над сопряжением, где имеет место развитие отрывных и сдвиговых деформаций и на участках сопряжения ствол-горизонт. Заметим, что благодаря схеме нагружения массива, АНК будет эффективна и в случае наличия отрицательных приращений перемещений пород, когда обычные анкера значительно снижают натяжение [14]. Учитывая это, разработаны технические решения по применению АНК в стволах, и в частности при ремонте воздухо-подающего ствола №2 шахты им. А.Г. Стаханова.

Конструкция и механизм работы АНК позволяет применять ее в широком спектре большепролетных выработок – 10-15 м (камеры соляных, гипсовых, известняковых шахт, специальных подземных сооружений) (рис. 1и). Важной задачей является предотвращение расслоения многослойных защитных пачек, обеспечение равновесного состояния грузонесущих потолочин, зачастую разделенных вертикальными трещинами на блоки, уменьшение опасности вывалообразования из потолочин высоких камер (20-50 м). Очевидны различные функции взаимодействия крепи с потолочиной камер. Однако, общее состоит в том, что с помощью АНК необходимо обеспечить условия удержания системы «крепь-массив» в равновесии, что может быть достигнуто реализацией режима ее работы по заданным нагрузкам и ожидаемым деформациям.

Техническая необходимость и экономическая целесообразность апробации и внедрения новых решений по охране горных выработок обуславливается неудовлетворительным их состоянием и низкой продуктивностью труда при креплении выработок традиционными способами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураев В.Н., Булат А.Ф., Виноградов В.В. Геомеханические аспекты управления состоянием горного массива вблизи выработок // Уголь Украины. – 1988. – № 5. – С. 5-7.
2. Виноградов В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. – Киев: Наук. думка, 1989. – 192 с.
3. Новая стратегия в каменноугольной промышленности Великобритании – распространение анкерной крепи // Глюкауф. – 1991. – №1/2. – С. 21-24.
4. Celada Tamames B. Fourteen years of experience on rock bolting in Spain // Proc. Int. Symp. on Rock Bolting. - 1983. – p. 295-311.
5. Dejean M.I.P., Raffoux I.-F., Piguet I.-P. Rock Bolting in France // Proc. Int. Symp. on Rock Bolting. - 1983. – p. 269-284.
6. Rogers B.S. Rock Boltings: which system is right for you ?// Canadian Mining J. – 1985. – №7, - p. 36-44.
7. Широков А.П., Лидер В.А. Развитие анкерного крепления в горной промышленности // Цветная металлургия. – 1988. – № 1. – С. 23-28.
8. Claube C. White, Pat. 3427811 (USA). Mine roof support system. – Оpubл. 18.02.69.
9. Kmets Warren. Roof trusses support. – Coal Adge, 1970, 75. - №1. – p. 64-68.
10. Khaiz A.W. Physical and analytical modeling of the behavior of truss bolted mine roofs// Proc. Int. Symp. on Rock Bolting (Abisko). - 1983. – p. 125-142.
11. СНиП II-94-80. Подземные горные выработки / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат. – 1982. – 31 с.
12. Опыт охраны магистральных и выемочных штреков на глубоких горизонтах: Обзор / ЦНИЭИуголь. – М., 1992. – 44 с.
13. Булат А.Ф., Левит В.В., Усаченко В.Б. Комплексирование геофизических методов при оценке состояния геоматериалов и взаимодействия системы «крепь - породный массив» // Геотехническая механика. – 1997. – № 2. – С. 34-42.
14. Козел А.М. Эффективность анкерной крепи вертикальных шахтных стволов в зависимости от деформаций пород // Шахтное строительство. – 1989. – №11. – С. 19-20.