



УДК 622.281.74. 001.5(043.5)

## Технология опорно-анкерного крепления горных выработок

*Показаны преимущества новой технологии опорно-анкерного крепления горных выработок. Предложена новая концепция управления устойчивостью выработок с помощью конструкции из породно-анкерных элементов с высоким запасом прочности. Проведено широко масштабное внедрение новой технологии на угольных шахтах Украины.*

Одной из сложнейших проблем угледобывающей отрасли была и остается проблема крепления горных выработок. От надежности их поддержания прежде всего зависит безопасность труда шахтеров, обеспечение рабочих мест свежим воздухом и материалами, эффективность работы проходческой и добычной техники, нагрузка на лаву, т. е. работа шахты в целом. Традиционные типы крепи давно не соответствуют уровню современных технико-технологических разработок [1].

С конца прошлого века мировая горнодобывающая промышленность активно внедряла новую технологию анкерного крепления, разработанную специалистами Великобритании. Она базируется на армировании пород в окрестности выработки стальными штангами, которые закрепляются в шпурах патронированными высокопрочными полимерами. Во многих странах это позволило существенно повысить устойчивость выработок, внедрить новую, более мощную, технику и поднять производительность труда. Объем суточной добычи угля из лавы увеличился до 5 – 7 тыс. т и более, а месячные темпы проведения подготовительных

выработок возросли до 300 – 400 м. На тот период в Украине эти показатели оставались на уровне, близком к границе целесообразности: до 1 тыс. т и 30 – 80 м соответственно.

В 1996 г. совместным поручением Президиума НАН Украины и Министерства угольной промышленности Украины ИГТМ НАН Украины был назначен базовым научным учреждением по освоению, совершенствованию и организации широкомасштабного внедрения технологии анкерного крепления. За первые 5 – 10 лет созданы и испытаны в промышленных условиях украинская элементная база и технология возведения анкерной крепи, которые базировались на нормативных документах КД 12.01.01.501 и КД 12.01.01.502, учитывающих мировой опыт, и определены условия применения и технические требования к анкерной крепи, ее элементам и оборудованию, исходным данным, техническим средствам и технологии выполнения работ [2, 3].

Однако в процессе накопления практического опыта применения анкерного крепления на шахтах, внедрения новой техники, повышения нагрузки на лаву и ухудшения горно-геологических условий оказалось, что несущая способность большинства из известных схем и конструкций анкерной крепи не позволяет сопоставлять выработки со сроком



**А. П. КРУКОВСКИЙ,**  
доктор техн. наук



**В. А. ХВОРОСТЯН,**  
инж.



**В. В. КРУКОВСКАЯ,**  
канд. техн. наук

службы более четырех лет, а также сохранять выемочные штреки для их повторного использования, что весьма важно для современных технологий угледобычи. Причина состоит в недостаточной изученности пространственно-временных закономерностей геомеханических процессов, протекающих в системе «приконтурный массив – анкерная крепь».

Чтобы повысить эффективность применения анкерной крепи, ученые и специалисты института разработали и испытали уси-



**Рис. 1.** Пример установки анкеров с наклоном в бортовом штреке № 520 на шахте «Терновская».

ленные и мощные конструкции анкерной крепи, в которых посредством пространственного расположения сталеполлимерных анкеров формируются породно-анкерные блоки [4, 5]. В каждом таком блоке, согласно разработанным схемам, часть анкеров устанавливаются с наклоном на забой, а часть – с наклоном назад, на устье выработки (рис. 1). Такое расположение позволяет значительно повысить взаимодействие анкеров между собой по сравнению с традиционными схемами однонаправленного армирования приконтурного горного массива [6].

В целях обоснования основных параметров технологии опорно-анкерного крепления разработаны математические модели, учитывающие: изменение поля напряжений во времени в процессе технологического цикла установки анкерной крепи [7]; взаимодействие анкерных штанг с блочно-структурированным приконтурным массивом [8]; способ проведения выработки [9, 10]. Исследованы особенности формирования породно-анкерных элементов конструкции анкерной крепи (рис. 2) и установлены закономерности влияния элементов, параметров и типа конструкции анкерной крепи на напряженно-деформированное состояние приконтурных горных пород в окрестности выработки.

Для предупреждения разрушения приконтурных пород анкерная крепь должна состоять из следующих элементов: силовая часть перекрытия выработ-

ки; подпорная часть перекрытия выработки; опоры перекрытия; основание конструкции; защитные перемычки [11]. При этом:

- силовая часть перекрытия противодействует деформациям и смещению горных пород кровли в пространство выработки;

- подпорная часть воспринимает и передает нагрузку от силового элемента перекрытия на опору, также она необходима для управления сроком службы конструкции в зависимости от назначения выработки;

- опоры перекрытия передают нагрузку от перекрытия на основание, разгружая горные породы боков выработки;

- основание конструкции способствует повышению устойчиво-

сти борта выработки и уменьшению пучения почвы;

- защитные перемычки противодействуют разрушению приконтурного массива вследствие освобождения энергии упругих деформаций, которая накапливается с увеличением длины выработки; применение элемента конструкции анкерной крепи «перемычка» с периодичностью 20 – 25 м повышает относительную прочность пород в окрестности выработки.

Одним из основных требований технологии опорно-анкерного крепления является возведение анкерной крепи в неразгруженный от горного давления вмещающий массив. Тогда сразу после установки крепь будет вовлечена в работу по противодействию силам горного давления и приконтурный массив максимально сохранит природное монолитное состояние. В противном случае анкеры будут выполнять только роль «сшивания» расслоившихся пород кровли.

Если выработка проводится комбайновым способом, выполнить указанное условие несложно, при работе проходческого комбайна разрушение пород кровли минимально, и своевременная установка очередного ряда анкеров дает необходимый эффект. Но в некоторых случаях, например при проведении выработки по выбросоопасному пласту или крепким вмещающим породам, применяется буровзрыв-

ной способ проходки, нарушающий природную монолитность пород [9].

В случае проведения выработок буровзрывным способом горные породы вблизи контура выработки подвергаются значительному динамическому силовому воздействию, в результате снижается устойчивость породных обнажений, возрастают деформации пород и нагрузка на крепь. В момент взрыва заряда во врубовом шпуре в массиве распространяется волна сжатия, накладывая на существующее поле напряжений дополнительные напряжения, вызванные взрывом. Когда волна сжатия подходит к открытой поверхности, она отражается от нее, превращаясь в волну растяжения, провоцируя дополнительные разрушения.

Анкерная крепь препятствует расслоению и разрушению пород кровли даже при ведении буровзрывных работ [10]. Возрастание значения важнейшего параметра технологии – отставания ряда анкерной крепи от забоя при проведении выработки как комбайновым, так и буровзрывным способом приводит к увеличению разнокомпонентности поля напряжений и разгрузке этой части массива. Поэтому крепь необходимо устанавливать как можно быстрее после выемки породы; на момент проведения взрывных работ отставание анкерной крепи от забоя не должно превышать 30 – 40 см.

С учетом полученных закономерностей разработана технология опорно-анкерного крепления горных выработок с анкерной и анкерно-рамной крепью. Эта технология позволяет в сложных горно-геологических условиях сохранить монолитность вмещающих пород, что сводит к минимуму затраты на поддержание выработок, выполнить концевые операции, предоставляет возможность практически непрерывно осуществлять выемку угля очистным комбайном и создать технологические условия для транспортирования материалов и угля.

В результате проведенной работы утвержден нормативный документ СОУ 10.1.05411357.010:2008 «Система обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок с анкерной

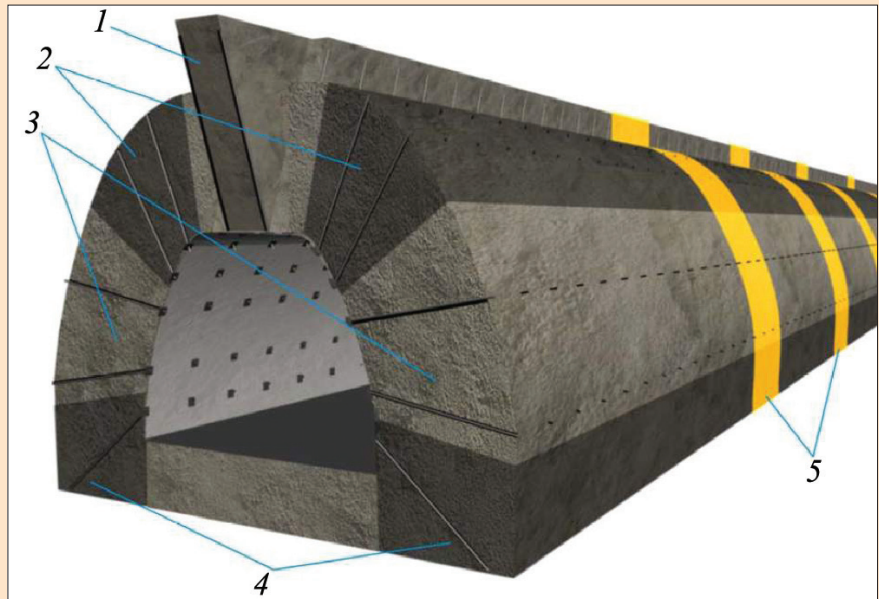


Рис. 2. Элементы конструкции анкерной крепи: 1 и 2 – части перекрытия выработки силовая и подпорная; 3 – опоры перекрытия выработки; 4 – основание конструкции; 5 – защитные перемычки.

крепью. Общие технические требования», который впервые на нормативной основе регламентирует параметры технологии опорно-анкерного крепления горных выработок. На шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» внедрен «Альбом типовых конструкций опорно-анкерной крепи горных выработок с длительным сроком службы для условий шахт Западного Донбасса», регламентирующий выбор схем анкерной крепи для типичных горно-геологических и технологических условий проведения выработок.

**Выводы.** Предложена новая концепция технологии опорно-анкерного крепления горных выработок для управления их устойчивостью с помощью породно-анкерных опор, которые сохраняют массив в состоянии трехосного сжатия, формируя в приконтурном пространстве конструкцию из породно-анкерных элементов с высоким запасом прочности. Основные преимущества конструкции:

- противодействие негативному влиянию горного давления в сложных горно-геологических условиях, в том числе при пересечении геологических нарушений;

- эффективное использование анкерной крепи при проведении выработок с длительным сроком эксплуатации;

- возможность сохранения подготовительных выработок на повторное использование.





По разработанным рекомендациям ИГТМ с применением анкерной и анкерно-рамной крепи проведены 115 капитальных и 187 подготовительных выработок на десяти шахтах ПАО «ДТЭК Павлоград-уголь», 53 выработки на семи шахтах ПАО «Краснодонуголь», 10 выработок на шахте «Краснолиманская», пять на шахте ООО «Шахта «Белореченская». Эффективное применение новой технологии обеспечило сохранение выработок в устойчивом состоянии с минимальной потерей площади сечения и дало значительный экономический эффект за счет сокращения расходов на поддержание и ремонт. В настоящее время технология опорно-анкерного крепления внедряется на шахтах других угольных объединений Украины.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Булат А. Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А. Ф. Булат, В. В. Виноградов. – Днепропетровск: ИГТМ, 2002. – 372 с.
2. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги: КД 12.01.01.501. – К.: Мінвуглепром України, 1999. – 42 с.
3. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Порядок та організація: КД 12.01.01.502. – К.: Мінвуглепром України, 1999. – 14 с.
4. Виноградов В. В. Применение сложных конструкций анкерного крепления / В. В. Виноградов, А. П. Круковский, В. А. Хворостян // Геотехническая механика. – 2008. – № 77. – С. 146 – 151.
5. Круковский А. П. Деформирование армированных горных пород с анкерами высокой несущей способности / А. П. Круковский // Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: 18-я междунар. науч. школа: материалы. – Симферополь: Таврич. нац. ун-т, 2008. – С. 160 – 163.
6. Виноградов В. В. Методология опорно-анкерного крепления гірничих виробок вугільних шахт / В. В. Виноградов, А. П. Круковский // Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: 19-я междунар. науч. школа: материалы. – Симферополь: Таврич. нац. ун-т, 2009. – С. 78 – 80.
7. Круковский А. П. Учет времени установки крепи при отходе забоя горной выработки / А. П. Круковский // Математичні проблеми технічної механіки – 2011: міжнарод. наук. конф.: матеріали. – Дніпродзержинськ–Дніпропетровськ, 2011. – Т. 1. – С. 191 – 193.
8. Круковский А. П. Математическая модель смещения породного блока при разрушении кровли горной выработки / А. П. Круковский // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: Ліра, 2012. – Вип. 18. – С. 91 – 99.
9. Круковская В. В. Математическое моделирование геомеханических и фильтрационных процессов при проходке выработки буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания / В. В. Круковская, А. П. Круковский // Геотехническая механика. – 2009. – № 81. – С. 147 – 156.
10. Круковский А. П. Исследование напряженного состояния массива вокруг выработки с анкерной крепью при проходке буровзрывным способом / А. П. Круковский, В. В. Круковская // Наук. вісник НГУ. – 2012. – № 1. – С. 34 – 39.
11. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги: СОУ 10.1.05411357. 010:2008. – Введ. 2009-02-01. – К.: Мінвуглепром України, 2008. – 69 с. – (Стандарт Мінвуглепрому України).