

НОВЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

к.т.н. Петренко Ю.А., д.т.н. Касьян Н.Н., к.т.н. Новиков А.О.,
асп. Сахно И.Г. (ДонНТУ)

Викладені нові представлення про роботу анкерного кріплення як про засіб підвищення стійкості виробок, що дозволяє змінювати структуру вмичуючого масиву, та керувати розвитком процесів його руйнування.

NEW REPRESENTATION ABOUT THE MECHANISM OF INTERACTION ROOF BOLTING WITH THE MASSIV

Petrenko Y.A., Kasyan N.N., Novikov A.O., Sahno I.G.

New representations about work roof bolting as about means of increase of stability of mining, which allowing to change structure of a containing massive and to operate development of processes of his destruction.

За последние годы правительством Украины разработаны и утверждены две программы, цель которых – повысить эффективность работы угольной промышленности. Это «Програма реформування і фінансового оздоровлення підприємств вугільної промисловості на 2000-й рік» и «Українське вугілля». Выполнение этих программ, направленных на внедрение в угольной промышленности передовых технологий обеспечило бы поступательное развитие экономики всей страны. В настоящее время техническое состояние шахтного фонда угольной промышленности Украины продолжает ухудшаться. Так, около 80% угольных шахт работают без реконструкции более 20 лет, причем третья часть из них введена в эксплуатацию в довоенный период [1]. Учитывая то обстоятельство, что последние 14 лет ежегодно терялось 7,6 млн. тонн производственных мощностей [2], для выполнения поставленных перед отраслью задач необходимо резко увеличить объемы проведения горных выработок, среди которых 70-80% занимают вскрывающие и подготовительные. Только за последние 20 лет количество шахт, ведущих разработку угля на глубине более 700 м, выросло в 2 раза. За этот же период несущая способность крепи горных выработок увеличилась в 2,5 раза, стоимость крепления в 2,3 раза, а трудоемкость – в 3,7 раза. Однако попытки обеспечить безремонтное поддержание выработок за счет увеличения несущей способности крепи положительных результатов не дало. На сегодняшний день более 80% поддерживаемых на шахтах выработок 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 шахт, а также условия труда горняков можно путем применения анкерной крепи.

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 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.

Так, например, применение анкерного крепления на шахтах Великобритании позволило снизить долю затрат на проведение выработок в себестоимости 1 т угля с 42% при металлоарочном креплении до 15% при анкерном креплении. При этом темпы проведения выработок составили 650–680 м/месяц.

Для широкого внедрения мирового опыта на шахтах Украины по приказу министра угольной промышленности в 1997 году была создана программа «Анкер», в которой одним из приоритетных направлений снижения затрат на добычу угля есть разработка, изготовление и внедрение новых технологий использования анкерной крепи. Головной организацией по реализации этой программы назначен ИГТМ НАН Украины, на базе которого создан «Центр анкерного крепления».

В 2004 году на внедрение анкерной крепи выделено около 100 млн. грн. Внедрение намечено проводить в 40 подготовительных забоях.

Несмотря на определенные успехи в деятельности «Центра» (популяризация анкерного крепления, издание учебно-методической литературы

и т.п.), объемы крепления выработок анкерной крепью в настоящее время составляют не более 10 км.

На наш взгляд, основной причиной, препятствующей широкому внедрению анкерной крепи на шахтах Украины является не недостаточное понимание ее роли в процессе поддержания выработки и как следствие, отсутствие нормативной базы по обоснованию параметров анкерной крепи.

В настоящее время, расчет параметров анкерной крепи и выдача рекомендаций производится «Центром анкерного крепления» ИГТМ НАН Украины в соответствии с требованиями нормативных документов [3, 4, 5].

В качестве примера рассмотрим паспорт анкерного крепления конвейерного штрека 25 восточной лавы пласта m_3 шахты «Трудовская» ГП «Донуголь».

На шахте при отработке пласта m_3 принята столбовая система разработки обратным ходом с погашением подготовительных выработок вслед за лавой, что соответствует требованиям пункта 5.1 [3].

Для обоснования параметров анкерного крепления, расчет ведется в соответствии с [5] в следующей последовательности. Вначале определяется средневзвешенная прочность пород, вмещающих выработку. Для условий шахты «Трудовская» она составляет 22 МПа (при прочности пород в образце от 0,5 до 34,0 МПа). Затем данную прочность умножают на коэффициент упрочнения пород анкерами, который для данных условий принимается 1,8, то есть прочность заанкерowanego массива будет составлять 39,6 МПа. Таким образом получается, что прочность на сжатие заанкерowanego массива превышает прочность пород в образце, что физически достичь не возможно. В лучшем случае речь может идти только об укреплении массива за счет увеличения коэффициента структурного ослабления пород, то есть о приближении прочности вмещающего массива к прочности пород в образце. Далее производится расчет ожидаемых смещений контура выработки. При этом во всех проанализированных нами паспортах анкерного крепления расчет смещений ведется по формуле (40) [5, с. 44] для околоствольных и вскрывающих выработок:

$$U = k_{\alpha} \cdot k_{\theta} \cdot k_s \cdot k_b \cdot k_t \cdot U_T,$$

где k_{α} – коэффициент, учитывающий влияние угла залегания пород и направление выработки относительно простирания пород; k_{θ} – коэффициент, учитывающий направление смещений пород в выработку; k_s – коэффициент влияния размера выработки; k_b – коэффициент, учитывающий влияние других выработок; k_t – коэффициент влияния времени на смещения пород; U_T – смещение пород (мм), принимаемое за типовое в зависимости от расчетного сопротивления пород сжатию R_c и расчетной глубины заложения выработки.

Приведенная формула не соответствует условиям поддержания рассматриваемых выработок. В частности, для условий шахты «Трудовская»

расчет необходимости вести по формуле (55) [5, с. 80] для выработок погашаемых вслед за очистным забоем:

$$U_{\text{общ}} = (k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_0 t_0 + k_{\text{кр}} U_1) \cdot k_s,$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий способ проведения выработки; $U_{\text{пр}}$ – смещения пород (мм) под влиянием проведения выработки; v_0 – средняя скорость смещений пород (мм/мес) в выработках вне зоны влияния очистных работ; t_0 – время поддержания выработки (мес) вне зоны влияния очистного забоя; $k_{\text{кр}}$ – коэффициент, учитывающий влияние класса кровли по обрушаемости; U_1 – смещения пород (мм) в зоне временного опорного давления очистного забоя; k_s – коэффициент, учитывающий влияние площади сечения выработки в свету.

Без сомнения, величина смещений, рассчитанных по формуле (40) значительно меньше, чем по формуле (55), что позволяет ошибочно отнести выработку к I и II категории устойчивости и рекомендовать использовать в ней анкерное крепление. По рассчитанной величине смещений определяют нагрузку по формуле (43) [5, с.49], но с учетом нормативной податливости анкерной штанги, величиной в 1% от ее длины:

$$P = k_n \cdot k_p \cdot m_b \cdot P^{\text{н}},$$

где k_n – коэффициент надежности кровли; k_p – коэффициент перегрузки; m_b – коэффициент, учитывающий способ проведения выработки; $P^{\text{н}}$ – нормативная нагрузка на жесткую крепь.

Количество анкеров определяется путем деления ожидаемой нагрузки на несущую способность анкера. Полученное количество анкеров распределяется в кровлю и бока выработки произвольно.

Давайте более детально проанализируем данную методику. Начнем с механизма работы анкерной крепи. Существующие традиционные представления о работе анкерной крепи по схемам «Подшивка» и «Сшивка» не соответствуют реальности, т.к. вокруг выработок на больших глубинах образуется зона неупругих деформаций, что и заложено в [5].

В этом случае возникает вопрос о роли анкерной крепи. Ведь анкер устанавливается в проходке, в массив, который еще не разрушен. О какой нагрузке на анкер и его несущей способности может идти речь? Ведь площадь контакта анкерной крепи на контуре не сопоставима с рамной крепью, и в методике заложена пассивная роль крепи, т.е. крепь воспринимает нагрузку на контуре по мере развития деформаций вглубь массива. По существующей методике, чем больше несущая способность анкера, тем меньше их плотность установки. Это приемлемо для рамных конструкций, а для анкерной крепи это может привести к парадоксальному выводу, что выработку можно поддерживать 2–3 или даже 1 анкером.

Рассмотрим следующий аспект существующей методики. При расчете нагрузки на анкерную крепь закладываются возможные деформации штанги анкера в пределах 1% от ее длины, т.е. 20–25 мм. Опыт же эксплуатации выработок закрепленных анкерной крепью показывает, что смещения их контура превышают 100 и более мм [6].

Очевидно, что роль анкеров сводится не только к восприятию нагрузки. Если проанализировать опыт применения анкеров на шахтах Донбасса можно заметить такую важную закономерность, что в выработках, закрепленных анкерной крепью, уменьшилось или вообще отсутствует пучение пород почвы, хотя в аналогичных условиях с рамной крепью это явление наблюдается.

На наш взгляд, механизм работы анкерной крепи заключается не в представлении об анкерах, как о несущей конструкции типа рамы, а как о элементах, изменяющих структуру массива, и препятствующих его разрушению, т.е. формированию вокруг выработки зоны разрушенных пород. С этих позиций легко объясняется отсутствие пучения в выработках, закрепленных анкерной крепью.

В ДонНТУ проведены поисковые исследования, позволяющие разработать принципиально новую методику расчета параметров анкерной крепи и что особенно важно, обосновать область применения анкерной крепи в «чистом виде» и в сочетании с другими конструкциями крепи.

В основу данной методики положен принцип: сколько нужно поставить анкеров, чтобы массив не разрушался или разрушался в заданных пределах?

Исходя из научной концепции предлагаемой методики, применяемое в настоящее время радиальное расположение анкеров является самым не рациональным, т.к. область влияния анкеров на массив в этом случае минимальная. В этой связи, разработанные и испытанные в ДонНТУ пространственные схемы анкерования массива позволяют при минимальном количестве анкеров максимально использовать несущую способность породного массива.

Такое расположение анкерной крепи позволяет использовать ее не только в качестве силового элемента, препятствующего расслоению пород и смещению их в полость выработки, но и элемента, обеспечивающего связь между отдельными фрагментами разрушенных пород по всем направлениям (радиальном, тангенциальном и вдоль оси выработки). Этим обеспечивается значительное повышение грузонесущей способности заанкерванной оболочки разрушенных пород за счет повышения их остаточной прочности.

Результаты лабораторных испытаний на прочность образцов из фосфогипса при различных схемах их армирования, показывают, что при предлагаемой схеме армирования остаточная прочность разрушенного образца составляет 50% от прочности образца без армирования.

Использование данного способа обеспечения устойчивости выработок позволяет добиться экономии материальных и трудовых ресурсов за

счет увеличения шага установки арочной крепи, сокращения объемов ремонтных работ, повышения темпов проведения выработок.

Таким образом, с целью расширения и облегчения внедрения анкерной крепи на шахтах Украины, необходимо разработать нормативный документ, позволяющий шахтам самостоятельно принимать решения о применении анкерной крепи и расчете ее параметров, учитывающий особенности механизма работы анкерной крепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алымов А.И., Савченко А.П. Новые шахты Украине необходимы // Уголь Украины, 1992. — №9. — С. 6–10.
2. Сургай Н.С., Иванов Ю.П., Фищенко С.П. Будет ли третье рождение Донбасса. Киев: УкрНИИпроект, 2002. — 62 с.
3. РД 12.01.01.501–98. Система обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок с анкерным креплением. Общие технические условия. Минуглепром Украины, Киев, 1999. — 41 с.
4. РД 12.01.01.502–98. Система обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок с анкерным креплением. Порядок и организация. — Минуглепром Украины, Киев, 1999. — 14 с.
5. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. — Изд. 4-е, дополненное. Л., 1986. — 222 с.
6. Касьян Н.Н., Ключев А.П., Лысенко В.И. Влияние анкерной крепи на геомеханические процессы в массиве пород вокруг поддерживаемых выработок // Известия Донецкого горного института, 1996. — №1(3). — С.57–60.