

О.В. Колоколов., Н.А. Лубенец, НГАУ

**К УПРАВЛЕНИЮ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ
СОСТОЯНИЕМ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ
ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫРАБОТОК, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ ОЧИСТНЫХ РАБОТ**

Анализ известных способов охраны магистральных горных выработок свидетельствует о большом их разнообразии. Вместе с тем в практике ведения горных работ по-прежнему предпочитают использовать традиционную охрану с помощью целиков.

Общим принципом охраны подготовительной выработки целиками угля является расположение ее за пределами зоны опорного давления. Однако ввиду отсутствия достоверных прямых способов определения напряжений в массиве пород в шахтных условиях размеры зоны опорного давления обычно определяют по косвенным показателям проявления горного давления. Поэтому при измерении различных показателей (смещений, деформаций, давления жидкости при гидроразрыве и характеристик затухания волн в массиве и др.) получаемые параметры зоны будут различаться между собой. Видимо, именно в этом состоит одна из причин широкого диапазона определяемых в одних и тех же условиях размеров зоны опорного давления, приводимого в литературных источниках. Анализ публикаций показывает, что большой разброс данных о ширине зоны опорного давления (от 18 до 240 м) в значительной степени обусловлен различием методов оценки размеров этой зоны.

Как известно, на глубоких шахтах Западного Донбасса магистральные выработки, охраняемые целиками, несмотря на систематическое проведение ремонтных работ, находятся в неудовлетворительном состоянии [1]. Одной из главных причин создавшегося положения является то, что охраняемые выработки оказываются в

зоне влияния выработанного пространства.

Ширина целиков, надежно ограждающих выработку от влияния выработанного пространства, по данным исследований на шахтах Западного Донбасса [1,2] составляет не менее 300 м. Однако применение целиков таких огромных размеров приводит к неоправданно большим потерям угля.

Следовательно, в силу объективных причин, при охране магистральных штреков целиками угля, а также в связи с наметившейся тенденцией уменьшения размеров последних в целях снижения потерь угля, горные выработки как правило оказываются в зоне влияния выработанного пространства. Поэтому условия поддержания горных выработок могут быть улучшены за счет исключения влияния выработанных пространств или уменьшения его степени.

Известно, что отработка угольного пласта вызывает обрушение, сдвигание и деформирование вмещающих пород. По степени и характеру воздействия очистной выработки на окружающий массив в области влияния ее могут быть выделены зоны обрушения, сдвигания с нарушением и без нарушения сплошности, разгрузки и концентрации опорного давления, сдвигания земной поверхности. Учитывая слоистую структуру горных пород, непрерывное и периодическое перераспределение деформаций и напряжений в них под влиянием очистных работ, устойчивость подготовительной выработки в зоне опорного давления, по-видимому, будет зависеть от ее пространственного расположения по отношению к границам выработанного пространства. Со временем в зоне

опорного давления, в соответствии с закономерностями усталостной прочности образуются блоки, ограниченные технологическими трещинами, которые ориентированы параллельно границам выработанного пространства. Устойчивость протяженной горной выработки в изменившихся условиях будет определяться взаимным положением выработки и технологических блоков. При совпадении направления протяженной горной выработки и технологической трещиноватости ее устойчивость должна быть минимальной. По мере увеличения угла встречи между направлением выработки и технологическими трещинами, за счет того, что блоки будут ее перекрывать, устойчивость выработки повысится. В практике горных работ известны способы повышения устойчивости горных выработок за счет учета аналогичного механизма влияния тектонической трещиноватости горного массива. Выработки располагают таким образом, чтобы они не совпадали с азимутом тектонической трещиноватости массива [3].

Отчасти рассмотренный механизм взаимного пространственного влияния горных выработок на их устойчивость подтверждается практикой. Согласно [4] оценка эксплуатационного состояния магистральных выработок с примыкающей к ней сбойкой осуществляется по эмпирическим формулам, которые включают безразмерный коэффициент пропорциональности K_b , характеризующий пространственное расположение выработок. При сопряжении сбойки под прямым углом K_b принимают равным 1,4. В случае

примыкания сбойки к выработке под углом менее 90° $K_b = 1,6$.

Таким образом, результаты изучения пространственного расположения протяженной горной выработки, находящейся в зоне влияния выработанного пространства, позволит активно управлять напряженно деформированным состоянием массива горных пород вокруг этой выработки.

Проведение исследований согласно поставленной задаче в шахтных условиях осложнено несопоставимостью результатов наблюдений из-за изменчивости горно-геологических и технологических условий в пределах шахтного поля, множеством влияющих и неконтролируемых факторов, в частности влиянием тектонической трещиноватости. Последняя имеет весьма сложный характер и неодинаково сказывается на устойчивости подготовительных выработок различной пространственной ориентации. Все это снижает достоверность устанавливаемой закономерности. Поэтому нами были выполнены исследования на математической модели методом конечных элементов с упруго-пластической средой. Использовалась расчетная схема, в которой структура, физико-механические свойства угольного пласта у вмещающих пород отвечали типичным условиям разработки угольных пластов Западного Донбасса.

Математическое моделирование проводилось с целью изучения степени влияния пространственного расположения протяженной горной выработки относительно выработанного пространства и очистного забоя. Оценка степени влияния осуществлялась путем сравнения показателей устойчивости протяженной выработки, расположенной параллельно и перпендикулярно к границе выработанного пространства. При этом была решена серия задач в плоской постановке по расчету напряженно-деформированного состояния горного массива.

Моделирование производилось в несколько этапов. На первом этапе моделировалось выработан-

ное пространство и определялись параметры зоны опорного давления, а именно: размеры зоны и величина нормальных напряжений в ней на различном расстоянии от забоя.

На втором этапе моделировалось выработанное пространство и подготовительная выработка, которая расположена в пределах зоны влияния выработанного пространства параллельно забою на различном расстоянии от него.

На третьем этапе моделировалась подготовительная выработка, расположенная перпендикулярно забою в сечениях моделирования выработок на втором этапе, а также за пределами зоны влияния выработанного пространства. Для чего силовые воздействия на верхней границе контура модели исследуемой области выбирались такими, чтобы нормальные напряжения по угольному пласту в рассматриваемых сечениях отвечали концентрации напряжений в зоне влияния выработанного пространства, моделируемого на первом этапе, и за его пределами.

В связи с тем, что условия моделирования подготовительных выработок, расположенных параллельно и перпендикулярно забою, отвечали друг другу по фактору нормальных напряжений, то за показатель устойчивости выработок принимались конвергенции пород почвы и кровли.

Сравнение результатов моделирования показывает, что устойчивость протяженной горной выработки, расположенной в зоне влияния выработанного пространства, зависит от пространственного расположения выработки и выработанного пространства. Так, конвергенция пород почвы и кровли в сечениях подготовительной выработки, расположенной перпендикулярно границам выработанного пространства, с изменением концентрации напряжений в зоне влияния выработанного пространства от 1,06 до 1,85 увеличивается на 110% относительно конвергенции выработки, расположенной за пределами зоны влияния выработанного пространства. Конвергенция же пород

кровли и почвы выработки, расположенной параллельно выработанному пространству, с изменением концентрации напряжений в зоне влияния выработанного пространства в тех же пределах увеличивается на 240%. Конвергенция выработок, имеющих любое другое пространственное расположение относительно границы выработанного пространства имеет промежуточное значение.

Следует иметь в виду, что расчетные деформации выработок получены для упруго-пластической модели и проявляются сразу после проведения выработки. Вместе с тем можно полагать, что качественное соотношение деформаций выработок с различным пространственным положением относительно границ выработанного пространства при учете временного фактора сохранится, поскольку физико-механические свойства пород для различных условий моделирования одни и те же, а влияние техногенной трещиноватости на интенсивность процессов ползучести в горных выработках, расположенных параллельно границам выработанного пространства, более существенно.

В случае охраны магистральных штреков угольными целиками повысить устойчивость этих выработок можно путем управления напряженно-деформированным состоянием горного массива. В настоящее время сущность многих способов охраны таких выработок заключается в формировании зон разгрузки под и надработкой очистными работами, проведением компенсационных полостей и др. Однако применение известных способов управления напряженно-деформированным состоянием массивов в окрестности магистральных выработок в слабых вмещающих породах недостаточно эффективно из-за разрушения больших объемов пород, их высокой пластичности и слеживаемости. Эффект разгрузки в этих случаях проявляется непродолжительное время. Поддержание горных выработок в условиях сформировавшихся зон неустойчивых

массивов становится практически невозможных.

На основании полученной закономерности авторалли был разработан оригинальный способ охраны магистральных выработок [5]. Сущность его заключается в том, что целик, разделяющий выработанное пространство и охраняемую выработку, формируют косоугольной формы. Тогда, граница выработанного пространства и охраняемая выработка не будут параллельными и устойчивость последней повысится. Со временем а основной кровле пласта, в соответствии с закономерностями долговременной прочности, образуются породные блоки. Они ограничены технологическими трещинами, которые ориентированы параллельно границам выработанного пространства. Сформировавшиеся породные блоки будут перекрывать подготовительную выработку и зону разрушенных пород вокруг нее, тем самым сни-

жая интенсивность проявления горного давления.

Выявленную закономерность можно использовать для рационального расположения протяженной горной выработки в неравномерном поле напряжений массива горных пород. Ее следует располагать перпендикулярно изолиниям напряжений, т.е. по направлению градиента напряжений.

Полученные данные хорошо согласуются с результатами исследований устойчивости протяженных выработок, проходящих через зоны с различной геодинамической активностью [6]. Здесь устойчивость выработки, расположенной перпендикулярно к границам зоны повышенной геомеханической активности, выше по сравнению с выработкой другого направления. Поэтому протяженную горную выработку рекомендовано располагать по направлению действия максимальных горизонтальных напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М., Кириченко В.Я., Шмиголь А.В. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса: Обзор /ЦНИИЭИуголь - М., 1992 - 1168 с.
2. Мартюшев В.С., Халимендик Ю.М., Лосев Г.Ф. Охрана магистральных выработок на шахте ЛКУ // Уголь Украины. - 1991. - №3. - С.12-14.
3. СССР. №1167329. Способ разработки пластовых месторождений полезных ископаемых.
4. Инструкция по поддержанию выработок на шахтах Западного Донбасса. СПб ВНИИМИ-ЗДНПЦ "Геомеханика". - Павлоград. -1994. - 95 с.
5. Патент СССР №1838616, Способ охраны пластовой горной выработки от влияния очистных работ.
6. Князев М.В. Обоснование рационального расположения вскрывающих и подготовительных выработок с учетом полей напряжений горного массива (на примере Центрального района Донбасса: Автореф. дне. к.т.н.-Днепропетровск,1988.

© О.В. Колоколов., Н.А. Лубенец,