

КОДУНОВ Б.А. (КИИ ДонНТУ)

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ СДВИЖЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Розглянуто результати математичного моделювання та досвіду ведення гірничих робіт при визначенні зрушень та деформацій в умовах Донбасу

Сдвигение горных пород представляет собой их перемещение и деформирование в результате нарушения равновесия под влиянием горных разработок. В процессе сдвигения происходит изменение объёма пород, в результате чего образуются зоны деформаций сжатия, соответствующие зонам повышенного горного давления и зоны разрыхления горных пород, соответствующие зонам пониженных напряжений. Таким образом, процесс сдвигения горных пород тесно связан с характером перераспределения напряжений в горном массиве и определяет его напряженно - деформированное состояние, которое обязательно учитывается при выборе параметров систем разработки и большинства технологических процессов подземных горных работ. Кроме того, для выбора мер охраны при подработке объектов, находящихся на земной поверхности или в массиве горных пород необходимо знать и уметь прогнозировать величину сдвижений и деформаций. Поэтому установление закономерностей процесса сдвигения, совершенствование методов прогнозирования напряженно-деформированного состояния горных пород и земной поверхности является актуальной научной и практической задачей.

Особенности сдвигения горных пород и земной поверхности проявляются при сравнении официальной методики предрасчета [1] с результатами натуральных наблюдений за деформациями и сдвигениями при разработке угольных месторождений, а также с результатами моделирования сдвижений и деформаций породного массива и земной поверхности для заданных условий.

В этом ракурсе имеют статус не до конца исследованных следующие вопросы:

1. Значения углов: сдвигения, граничных, полных сдвижений.
2. Особенности сдвижений и деформаций в области полных сдвижений.
3. Условия и параметры изменения формы мульды полных сдвижений.
4. Распределение деформаций в области влияния очистного забоя.
5. Закономерности изменения сдвижений и деформаций при изменении параметров очистного забоя.
6. Максимальные оседания в мульде сдвигения.

Полный перечень вопросов, требующих дополнительного исследования определить невозможно, так как они закономерно возникают по мере изучения данного процесса.

Рассмотрим некоторые из поставленных вопросов.

Максимальные оседания в мульде сдвигения

В процессе сдвигения пород под влиянием подземных разработок происходит их перемещение, в результате чего на земной поверхности образуется мульда сдвигения, одним из основных параметров которой является максимальное оседание. С данным параметром связаны все сдвигения и деформации в мульде сдвигения. Для выбора мер охраны при подработке объектов, находящихся на земной поверхности или в массиве горных пород необходимо знать величину сдвижений и деформаций. Официальным методом прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности в нашей

стране является метод типовых кривых, основанный на использовании данных натуральных измерений, по которым строятся кривые сдвижений и деформаций [1]. При всех своих достоинствах, среди которых главное – использование фактических данных, полученных в результате проведения большого количества наблюдений за процессом сдвижения, данный метод не свободен и от недостатков, которые вызваны, в основном, необходимостью упрощения и обобщения методов расчета сдвижений и деформаций, что часто препятствует получению достоверной информации применительно к конкретным, часто нетипичным условиям. В этом случае вполне оправдано применение метода компьютерного моделирования при условии, что он учитывает всё многообразие факторов, влияющих на процесс сдвижения и подтверждается данными натуральных измерений.

Разработанная автором математическая модель процесса сдвижения горных пород и земной поверхности, реализованная в виде компьютерной программы, позволяет с достаточной достоверностью прогнозировать ожидаемые максимальные оседания земной поверхности [2].

Распределение деформаций в области влияния очистного забоя

При ведении горных работ возникает зона сдвижения, характеризующаяся наличием в ней вертикальных и горизонтальных сдвижений и деформаций.

Вертикальные и горизонтальные деформации возникают вследствие неравномерности распределения в зоне подработки горизонтальных и вертикальных сдвижений (горизонтальных и вертикальных составляющих векторов сдвижения). К горизонтальным деформациям относят сжатия (растяжения) в горизонтальной плоскости, а к вертикальным деформациям – наклоны интервалов и кривизну поверхности, определяемые в направлении профильной линии, то есть по горизонтали.

Деформации растяжения (сжатия) в вертикальном направлении в литературе практически не рассматриваются, хотя они имеют прямую связь с зонами разгрузки и повышенного горного давления, что свидетельствует об актуальности их изучения.

Для определения вертикальных растяжений (сжатий) необходимо знать оседания пород послойно. Разность оседаний точек, на границах слоя, отнесённая к толщине этого слоя даст значение вертикальной деформации. При горизонтальном расположении угольного пласта график вертикальных деформаций симметричен относительно центра лавы, зоны сжатий расположены у краевых частей выработанного пространства, а зоны растяжений – в центральной части. При наклонном залегании пласта зоны растяжений находятся в верхней части лавы, а зоны сжатий – в нижней.

Это можно объяснить тем, что при наклонном расположении пласта мульда сдвижения выполаживается в сторону падения и меняется направление векторов сдвижения. Само наличие и характер расположения зон вертикальных деформаций также объясняется тем, что мульды сдвижения на разной высоте от выработанного пространства имеют различные размеры в плане, но одинаковый объём, поэтому вертикальные сдвижения с удалением от выработанного пространства в центральной части (при горизонтальном залегании) уменьшаются, а на краевых частях увеличиваются.

Вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы:

- зоны вертикальных деформаций в подработанном массиве горных пород представляет собой сложные геометрические тела, приближающиеся по форме к эллипсоидам вращения;
- при увеличении наклона пласта в верхней краевой части выработанного пространства образуется зона растяжений, а в нижней краевой части – зона сжатий пород.

Условия и параметры изменения формы мульды полных сдвижений

Зона полных сдвижений в принятой терминологии и классификации зон сдвижений находится в подработанной части горного массива и располагается непосредственно над выработанным пространством выше зоны обрушения. Её границы со стороны выработанного пространства определяются в соответствии с принятыми представлениями и действующими нормативными документами углами полных сдвижений [1]. Данные углы образуются между плоскостью обрабатываемого пласта и линиями, соединяющими границы плоского дна мульды сдвигения с границами выработки (лавы) – нижней, верхней, по простиранию. Характерной особенностью зоны полных сдвижений является параллельное перемещение слоев горных пород на величину полного оседания, то есть в этой зоне происходит полная подработка массива горных пород. При этом горизонтальные и вертикальные деформации пород отсутствуют. Поэтому данную зону можно также назвать зоной отсутствия деформаций. К ней примыкают зоны вертикальных растяжений (горизонтальных сжатий) и опорного давления (вертикальных сжатий или горизонтальных растяжений). При планировании горных работ может возникнуть задача проведения горных выработок в подработанном массиве горных пород. От правильного выбора места расположения горной выработки будут зависеть условия её эксплуатации. Наиболее приемлемым является расположение горных выработок в зоне, где отсутствуют деформации горных пород, то есть в зоне полных сдвижений. Аналогичная задача возникает при проектировании, строительстве или охране здания (сооружения) на земной поверхности. В связи с этим определение границ данной зоны является актуальной задачей.

Выполненные исследования [3] позволяют сделать следующие выводы:

- зона полных сдвижений в подработанном массиве горных пород представляет собой сложное геометрическое тело, которое на разрезах вкрест простирания и по простиранию пласта может быть аппроксимировано параболической поверхностью, с вогнутостью в сторону выработанного пространства;
- параметры параболической поверхности, ограничивающей зону полных сдвижений зависят от степени разделения породного массива на блоки, что в свою очередь связано с крепостью горных пород и величиной шага обрушения основной кровли обрабатываемого пласта;
- при выборе места расположения выработок в подработанном массиве горных пород необходимо учитывать форму зоны полных сдвижений, принимая во внимание, что на её границах, особенно на небольшом удалении от пласта имеют место повышенные напряжения, связанные с деформациями растяжения и сжатия;
- предлагаемый метод позволяет обоснованно производить выбор места расположения выработок в подработанном массиве горных пород и на земной поверхности.

Значения углов: сдвигения, граничных, полных сдвижений

Исторически изучение процесса сдвигения горных пород под влиянием подземных разработок начиналось с определения углов сдвигения так как с их помощью определялись предполагаемые границы влияния горных работ на земную поверхность и устанавливалась зона ответственности горного предприятия или принимались меры охраны объекта на поверхности. Значения углов сдвигения устанавливались по факту, после подработки земной поверхности. Затем полученные величины экстраполировались на другие участки месторождения.

К сожалению, с начала изучения процесса сдвигения горных пород (с 19 века) до настоящего времени существенных изменений в плане определения с математической или физической стороны значений углов сдвигения не произошло. Существуют

установленные в нормативных документах значения углов сдвижения, а также граничных, полных сдвижений, которые получены как средние результаты из многочисленных наблюдений за сдвижением земной поверхности в определённом угольном бассейне или его части. Основная часть наблюдений производилась в 60 – 70-х годах прошлого века, когда глубина разработки угольных пластов, в основном, находилась в районе 200 – 300 м. Хотя все ученые сходились во мнении о том, что углы сдвижения имеют только локальное значение, то есть определяют точку сдвижения на земной поверхности для определенного очистного забоя и глубины разработки, в нормативные документы по предрасчету сдвижений вошли четко фиксированные значения углов сдвижения вне зависимости от глубины разработки очистных забоев. В связи с этим начали возникать ошибки и неточности в определении границ влияния очистных выработок как со стороны выработанного пространства (определение границ зоны полных сдвижений), так и со стороны массива горных пород (граничные углы, и углы сдвижений).

Предлагаемый автором метод определения границ зон влияния очистных работ основывается на положении о блочно – слоистой структуре массива горных пород [4]. В этом случае для моделирования перемещений блоков массива применяются закономерности перемещений частиц сыпучей среды. Результаты математического моделирования по выбранной схеме хорошо согласуются с фактическими данными. Более того, с помощью компьютерного моделирования удаётся находить новые закономерности в процессе развития сдвижения горных пород и земной поверхности.

Выводы:

1. Существующие нормативные методики прогнозирования сдвижений и деформаций горных пород имеют недостатки, связанные, прежде всего с необходимостью обобщения параметров сдвижения и распространения их на весь угольный бассейн или его часть. При этом часто не учитываются конкретные условия отработки в очистном забое.

2. Математическое моделирование процесса сдвижения горных пород и земной поверхности позволяет учесть многие горногеологические и горнотехнические условия, повышая точность предрасчета сдвижений и деформаций.

Библиографический список:

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом.- Донецк: УкрНИМИ, 2004.- 127с.
2. Кодунов Б.А. Максимальные оседания при сдвижении земной поверхности и их связь с размерами выработанного пространства и глубиной разработки./Геотехнології і охорона праці в гірничій промисловості: Зб. матеріалів IV наук.-практ. конф., Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 26 травня 2010 р. – Донецьк: ООО "Цифровая типография", 2010. – 323 с.
3. Кодунов Б.А., Носач А.К., Жимчича И.М. Определение границ зоны полных сдвижений в подработанном массиве горных пород./Матеріали регіональної науково-практичної конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 28 листопада 2008 р. – Донецьк: ООО "Цифровая типография", 2008. – 167 с.
4. Б.А.Кодунов. Метод прогнозирования сдвижений горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений // Уголь.- 1991.-№2.-С.54-56.