

УДК 622.834

ГРАНИЦЫ ЗОН ОБЛАСТИ СДВИЖЕНИЯ МАССИВА В РАСЧЕТНЫХ СХЕМАХ

Кулибаба С. Б., Рожко М. Д.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Розглянуто різні розрахункові схеми для прогнозу зрушення масиву гірських порід над очисною виробкою, що застосовувалися в останні десятиріччя в нормативно-методичних документах вугільної промисловості України. На основі їх аналізу запропоновано новий підхід до визначення місця розташування границь між різними зонами зрушення масиву.

Different computational schemes to predict rock movement above production working used in recent years in the regulatory guidance documents for coal industry of Ukraine are considered. On the basis of their analysis a fresh approach to determine location of the boundaries of different rock movement zones is proposed.

Постоянное увеличение глубины разработки угольных пластов в современных условиях требует корректировки существующих методов прогноза сдвижения горного массива для принятия корректных инженерных решений по обеспечению устойчивой эксплуатации подземных горных выработок. К одной из проблем, возникающих при расчетах сдвижения массива в этих условиях, относится определение местоположения границ между зонами области сдвижения над очистной выработкой, которые в существующих прогнозных методиках имеют большое значение.

В основе методик прогноза сдвижения подрабатываемого массива горных пород, применяемых для расчета деформаций вертикальных шахтных стволов в последние несколько десятков лет в Украине [1–3], лежат исследования ВНИМИ и УкрНИМИ [4–6]. В основе всех этих методик лежит построение на каждом

из двух вертикальных разрезов в главных сечениях мульды схемы изолиний равных оседаний в границах различных зон области сдвижения. Остановимся подробнее на способах построения этой схемы, которые в каждой из упомянутых методик имеют свои особенности.

Известно, что вся область сдвижения горного массива над очистной выработкой может быть условно разделена на несколько основных зон, отличающихся друг от друга характером или степенью деформирования горных пород [4, 7]. При этом границами между соседними зонами в массиве являются некоторые поверхности, где происходят качественные и количественные изменения указанных параметров при переходе из одной зоны в другую. На рисунке 1 показан вертикальный разрез по главному сечению мульды сдвижения вкрест простирания пластов, где пунктиром показаны изолинии расчетных оседаний подрабатываемого массива, а цифрами в кружочках – условные обозначения зон области сдвижения над очистной выработкой EF , принятые в действующем ныне в угольной промышленности Украины нормативном документе [3]: 1 – полных сдвижений, 2 – перегибов и 3 – неполных сдвижений.

Построение схемы изолиний равных оседаний на каждом вертикальном разрезе в главных сечениях мульды сдвижения осуществляется методом интерполяции между расчетными узловыми точками с известными значениями оседаний – абсолютных или относительных. Такие узловые точки наносятся на границы между соседними зонами области сдвижения и на линию земной поверхности, а значения оседаний в них определяются с использованием известных методик, например, [8].

В методике расчета первого из анализируемых нормативных документов [1], созданной на основе исследований 40-летней давности, рассматривались лишь две зоны – полных сдвижений 1 и перегибов 2. Граница между ними не строилась, а узловые точки с вычисленными по действующим в тот период "Правилами охраны..." наносились на линию земной поверхности в каждой из полумульд сдвижения CO_2 и O_2R (см. рис. 1). Это было обусловлено относительно небольшими глубинами разработки пластов того периода, при которых отношение размера выработанного

пространства к средней глубине разработки часто позволяло не учитывать особенности деформирования пород в зоне неполных сдвижений 3.

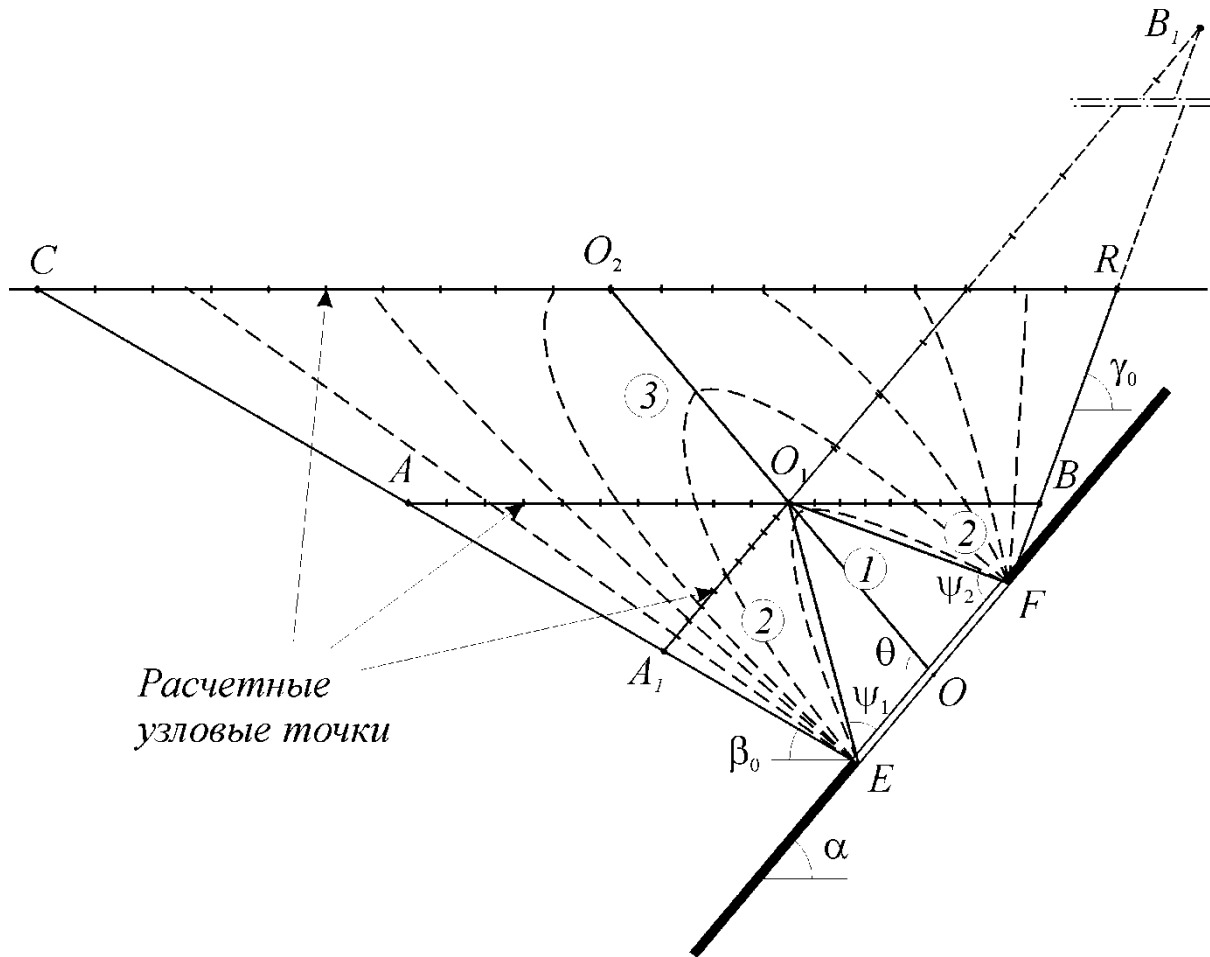


Рис. 1. Геомеханическая схема для расчета изолиний равных оседаний горного массива

В последующий период, в связи с увеличением глубины разработки угольных пластов, методика расчета [1] перестала отвечать реальным условиям, и во введенном в действие в 1984 г. документе [2] новая методика стала учитывать наличие границы между зонами 2 и 3, в качестве которой предлагалась горизонтальная прямая AB , проходящая в массиве через вершину зоны полных сдвижений O_1 , разделяющую всю мульду на две полу-мульды – со стороны падения пласта AO_1 и со стороны восстания O_1B (см. рис. 1). К недостаткам этой методики в аспекте исследуемой проблемы следует отнести следующие:

– рассматриваемая методика расчета сдвижения породного массива является продуктом тривиального проецирования расчетных методов сдвижения земной поверхности в толщу горных пород, что не позволяет учитывать особенности протекания процесса сдвижения в породном массиве и обуславливает снижение точности его прогноза при переходе горных работ на более глубокие горизонты;

– при увеличении угла падения пластов одновременно с возрастанием асимметрии полумульд сдвижения массива по падению и восстанию пласта увеличивается асимметрия шкал с расчетными узловыми точками на границе между зонами 2 и 3, что приводит при расчетах к некорректному сопряжению изолиний в разных полумульдах.

Следует отметить, что обе из приведенных выше методик позволяли осуществлять прогноз лишь горизонтальных сдвижений массива горных пород по оси вертикального ствола с целью расчета его ожидаемого искривления вследствие планируемой подработки.

В методике расчета, приведенной в последнем нормативно-методическом документе [3], позволяющей прогнозировать вертикальные сдвижения и деформации массива по оси подрабатываемого ствола, наряду с целым рядом изменений было предложено проводить границу между зонами сдвижения 2 и 3 через точку O_1 параллельно напластованию (линия A_1B_1). Такой подход имел целью максимально приблизить расчетную схему к положенной в ее основу модели, в которой сдвижение породных слоев рассматривается как следствие их изгиба и зависания над выработанным пространством. При этом с увеличением угла падения пород направление вектора сдвижения приближается к нормали к напластованию по всей длине полумульды [6].

Опыт применения данной методики показал, что она в большей степени адаптирована к реальным условиям, чем предыдущие, однако все же имеет ряд недостатков. Одним из главных является проблема, возникающая при практических расчетах сдвижения массива в полумульде по восстанию разрабатываемого пласта. Из рисунка 1 видно, что для расчета этой полумульды при больших углах падения ее граничная точка B_1 все более уда-

ляется от верхней границы очистной выработки F , перемещаясь при определенных условиях в "воздух", т.е. выше уровня земной поверхности. Кроме того, при углах падения пластов, равных или превышающих значение граничного угла γ_0 , точка B_1 не определена, поскольку уходит в бесконечность, и проведение расчетов в этом случае становится невозможным. Для исключения такой ситуации в методике предложено рассчитывать этот граничный угол способом, несколько отличающимся от принятого в нормативном документе [8], что не является корректным.

Анализ данной ситуации, а также опыт проведения расчетов сдвижения подрабатываемого горного массива, вмещающего подземные сооружения, показал, что оптимальным решением в данном случае является комбинированный подход к определению локализации границы между зонами 2 и 3, при котором в полумульде по падению пласта она проходит параллельно напластованию (A_1O_1), а в полумульде по восстанию – горизонтально (O_1B). С геомеханической точки зрения такой подход, вполне оправдан, поскольку базируется на следующих соображениях, опирающихся на известные экспериментально подтвержденные положения:

– сдвижение массива в полумульде по падению при больших углах падения пород в зонах 2 и 3 является следствием изгиба слоев и их зависания над выработанным пространством подобно балкам или плитам, защемленным с одной (нижней) стороны; при этом ввиду отсутствия защемления слоев в верхней граничной части полумульды со стороны их восстания, процесс сдвижения в этой части массива можно с определенной степенью приближения рассматривать подобным сдвижению земной поверхности (при отсутствии наносов) над этим участком массива, что подтверждается инструментальными наблюдениями на комплексных наблюдательных станциях;

– при горизонтальном или пологом залегании породных слоев обе полумульды сдвижения массива как в зоне 2, так и в зоне 3 симметричны относительно линии максимальных оседаний OO_2 , и местоположение границ между ними практически совпадает с горизонталью в обеих полумульдах, т. е., положение отрезка A_1O_1 совпадает с положением отрезка AO_1 на рисунке 1.

Такой подход к определению местоположения границ между различными зонами области сдвижения позволяет избавиться от приведенных выше недостатков, проявляющихся в разных горно-геологических условиях подземной разработки угольных пластов при прогнозе сдвижения массива горных пород. В частности, практически исчезает асимметрия шкал с расчетными узловыми точками на границе между зонами 2 и 3, что способствует плавному сопряжению изолиний равных оседаний в обеих полумульдах, и как следствие – увеличивается точность прогноза сдвижения массива по оси горной выработки, пересекающей обе эти зоны.

Для проверки корректности этого подхода нами было проведено сопоставление ожидаемых оседаний массива в полумульдах по падению и восстанию разрабатываемого пласта, рассчитанных по методике действующего нормативно-методического документа [3], с экспериментальными данными из фонда УкрНИМИ. Результаты этого сопоставления показаны на рисунке 2: в полумульде по падению – в условиях квершлага горизонта 510 м шахты им. Изотова ПО "Артемуголь" (рис. 2 а), и в полумульде по восстанию – в условиях квершлага горизонта 160 м шахты "Заря" ПО "Торезантрацит" (рис. 2 б). На графиках пунктирными линиями показаны изолинии ожидаемых оседаний массива, сплошными – кривые ожидаемых оседаний горных выработок, рассчитанные с их помощью, а точками – фактические оседания, полученные в результате инструментальных наблюдений. Из сопоставления видно, что предлагаемый подход к определению местоположения границ между различными зонами области сдвижения позволяет корректно прогнозировать величины сдвижений подрабатываемого массива горных пород над очистной выработкой.

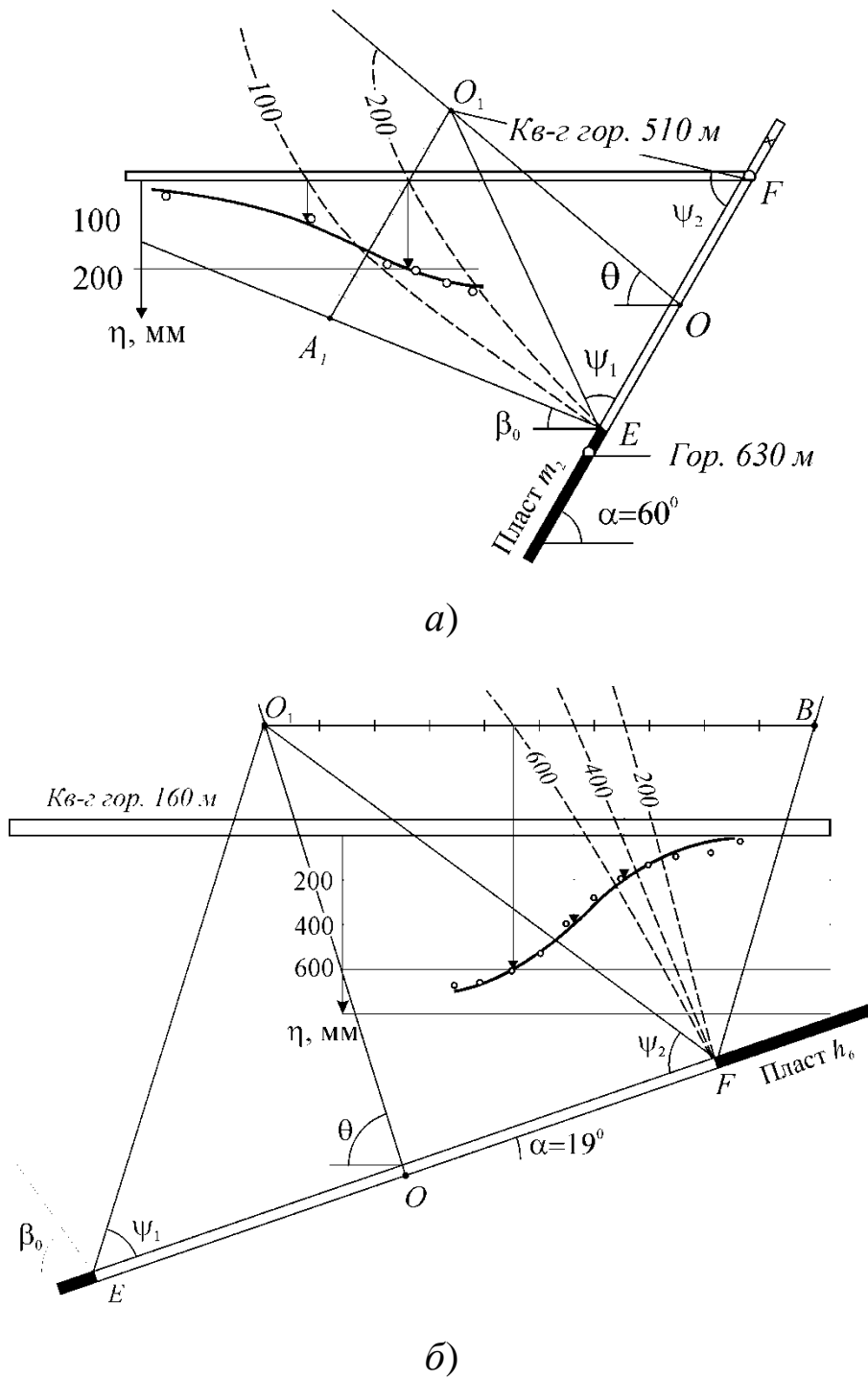


Рис. 2. Сопоставление ожидаемых и фактических оседаний массива горных пород в полумульдах по падению (а) и по восстанию (б) пласта

Таким образом, в результате проведенного анализа различных расчетных схем, применяемых в нормативно-методических документах для прогноза сдвижения массива горных пород над

очистной выработкой, предложен новый подход к определению местоположения границ между различными зонами сдвижения.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. — Л. : ВНИМИ, 1978. — 212 с.
2. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. — Л. : ВНИМИ, 1986. — 222 с.
3. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания: КД 12.01.01.201-98. — Утв. Минуглепромом Украины 25.06.98. — Донецк: УкрНИМИ, 1998. — 154 с.
4. Акимов А. Г. Защита вертикальных стволов шахт от влияния очистных работ / А. Г. Акимов, А. М. Козел — М. : Недра, 1969. — 129 с.
5. Акимов А. Г. Упрощенный метод предрасчета вертикальных шахтных стволов при разработке свит тонких крутопадающих пластов / А. Г. Акимов, Е. В. Бошенятов // Сдвигение горных пород. — Л. : ВНИМИ. — 1974. — Вып. 92. — С. 25—30.
6. Кулибаба С. Б. Прогноз сдвижений и деформаций подрабатываемого породного массива / С. Б. Кулибаба // Уголь Украины. — 2000. — № 1. — С. 41—43.
7. Кратч Г. Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений / Г. Кратч. — М. : Недра, 1978. — 494 с.
8. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ДСТУ 101.00159226.001-2003. — Чинний 2004-01-01. — Офіц. вид. — Донецьк : УкрНДМІ, 2003. — 128 с.