

УДК 622.834

ОСОБЕННОСТИ ОСЕДАНИЯ ГОРНОГО МАССИВА НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Кулибаба С. Б., Рожко М. Д., Крижановская Л. Н.
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Проаналізовано характер локалізації зони повних зрушень над розроблюваним вугільним пластом. Показано, що висота цієї зони визначається мінімальним з двох лінійних розмірів виробленого простору пласта. На основі аналізу експериментальних даних встановлено нову залежність відносного осідання масиву в зоні повних зрушень від цього параметра.

Localization parameters for the zone of complete movement above the mined coal seam are analyzed. It is shown that the height of this zone is defined by the lower of two linear dimensions of the seam open area. Based on the analysis of experimental data a new relative rock mass subsidence variation with this parameter in the zone of complete movement is determined.

Сдвигение горных пород, происходящее вследствие подземной разработки угольных пластов, является сложным геомеханическим процессом, распространяющимся на обширные области массива, и влияющим на состояние природных объектов, зданий и сооружений, расположенных на земной поверхности, а также на подземные горные выработки. Параметры, характеризующие интенсивность протекания и форму проявления этого процесса, зависят от ряда геологических и горнотехнических факторов. Точность, с которой прогнозируются эти параметры, определяет степень адекватности и эффективности применения мер защиты подрабатываемых объектов.

Одним из ключевых параметров, определяющих в большинстве прогнозных методик величины сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности при их подработке, является относительное оседание массива горных пород. Так, в методике расчета ожидаемых вертикальных сдвижений и деформаций массива горных пород, входящей в действующий нормативно-методический документ [1], относительное оседание $q_{\text{п}}$ массива в зоне полных сдвижений является функцией от параметров n_1 и n_2 , определяющих относительную удаленность расчетной точки подрабатываемого массива от разрабатываемого пласта по нормали к напластованию в зоне полных сдвижений в каждом из главных сечений мульды:

$$q_{\text{п}} = a_0 \cdot \exp[a_1(\sqrt{n_1} + \sqrt{n_2})^2], \quad (1)$$

где a_0 и a_1 – эмпирические коэффициенты, величина которых зависит от физико-механических свойств горных пород.

Практика расчета оседаний массива по данной методике показывает, что точность прогноза вертикальных сдвижений и деформаций крепи подрабатываемых объектов (в частности, стволов) вследствие влияния очистных работ уменьшается в тех случаях, когда линейные размеры выработанного пространства пласта в двух главных сечениях мульды сдвижения значительно отличаются друг от друга. Так, в условиях Донбасса при десятикратном превышении размера выемочного участка по простиранию пласта длины лавы погрешность прогноза может достигать 100 мм и более.

Для выяснения причин таких погрешностей методики остановимся подробнее на некоторых ее положениях. В основе упомянутой методики, регламентированной документом [1], лежат расчеты оседаний, проводимые внутри ряда зон области сдвижения на двух вертикальных разрезах в главных сечениях мульды. Анализируя эту методику, можно видеть, что образующаяся над разрабатываемым участком пласта зона полных сдвижений в конечном итоге определяет величины оседаний и характер их распределения во всей области сдвижения.

Под зоной полных сдвижений понимается часть подработанного горного массива, в пределах которой образуется плоское дно

мульды сдвижения – когда участки породных слоев занимают положение, параллельное первоначальному, занимаемому ими до подработки. Границы этой зоны в реальном массиве криволинейны, но с определенной степенью приближения они могут быть определены с помощью углов полных сдвижений ψ_1 , ψ_2 и ψ_3 . В маркшейдерской практике принято рассматривать отдельно проекции зоны полных сдвижений на две взаимно перпендикулярные вертикальные плоскости, расположенные по главным сечениям мульды сдвижения – вкрест и по простиранию слоистого массива, что обусловлено положениями методики расчета сдвижений и деформаций земной поверхности [2]. В то же время, при неравенстве между собой линейных размеров выработанного пространства в рассматриваемых сечениях, такой подход не совсем корректен.

На рис. 1 показано расположение зоны полных сдвижений $PMQQ'M'P'$ над выработанным участком пласта $PQQ'P'$, залегающего под углом падения α и имеющего размеры D_1 и D_2 соответственно вкрест и по простиранию. На разрезе вкрест простирания (1-е сечение) проекция зоны полных сдвижений принимает форму треугольника $P''O'Q''$, а на разрезе по простиранию (2-е сечение) – $RO'''R''$. Очевидно, что при соотношении $D_1 < D_2$ высота зоны полных сдвижений OO' в 1-м сечении будет меньше высоты OO''' во 2-м. Следовательно, в рассматриваемых условиях в пределах оконтуренной треугольником $MO'''M'$ плоскости отсутствуют участки слоев (в полном понимании этого слова), которые согласно приведенному выше определению заняли бы положение, параллельное первоначальному. Исключение составляет лишь одна линия ST каждого слоя внутри этого треугольника, однако, как видно из приведенной схемы, она расположена выше зоны полных сдвижений.

Рассматривая деформированное состояние подработанных породных слоев двух сравниваемых участков массива (ниже и выше горизонта линии MM') можно выделить их одно общее свойство – в обоих случаях они находятся в разгруженной области массива, где наблюдаются деформации вертикального растяжения. Однако природа этой разгрузки разная: в первом случае это – упругое восстановление и расслоение пород при их опускании, во втором – зависание слоев над опорными участками массива при

их изгибе в сечении с минимальным из двух размеров выработанного пространства. Такое отличие по форме сдвижения и характеру деформирования и определяет разницу в форме мульды сдвижения на рассматриваемых участках массива.

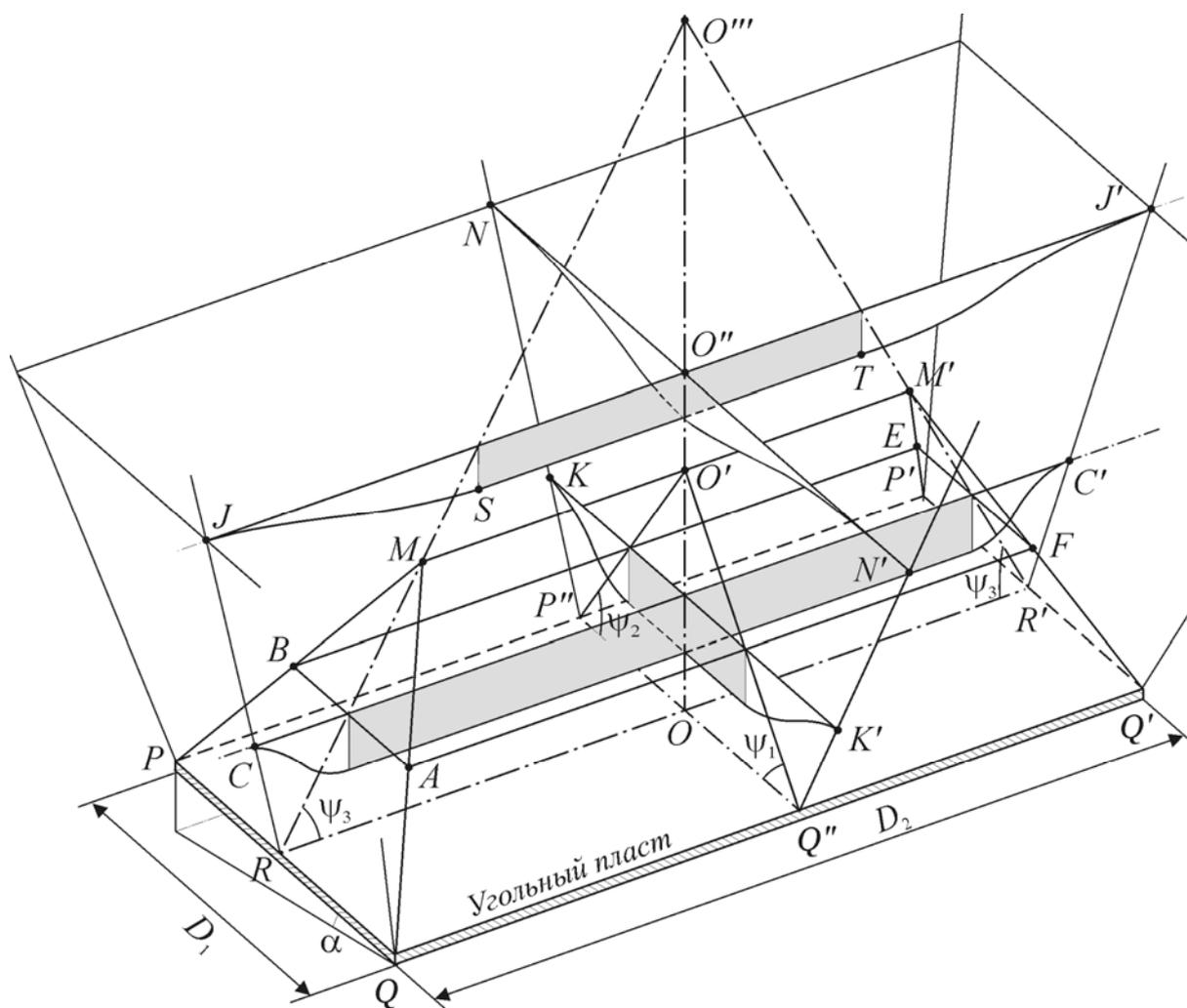


Рис. 1. Схема расположения зоны полных сдвижений над выработанным участком пласта

Так, на горизонте слоя $ABEF$ внутри зоны полных сдвижений плоское дно присутствует в обоих главных сечениях мульды (линии KK' и CC'). На горизонте, расположенном над вершиной зоны полных сдвижений MM' с центром в точке O'' в интервале между точками O' и O''' , плоское дно ST мульды образуется только во 2-м ее главном сечении, совпадающем с направлением

большого из двух линейных размеров выработанного пространства (линия JJ'), в отличие от 1-го главного сечения (линия NN').

Учитывая различную природу возникновения деформаций вертикального растяжения в рассматриваемых двух соседних зонах подрабатываемого массива, мы предположили, что относительное оседание q_{Π} массива в зоне полных сдвижений определяется как функция одного, а именно – минимального, размера выработанного пространства, т.е. одного из двух параметров n_1 и n_2 :

$$q_{\Pi} = f[\min(n_1, n_2)]. \quad (2)$$

Следует отметить, что при подземной разработке угольных пластов в Донбассе в большинстве случаев минимальным размером выработанного пространства пласта является длина лавы – размер очистной выработки вкрест простирания (в рассмотренном примере D_1).

С целью установления новой зависимости относительного оседания горных пород в зоне полных сдвижений от минимального размера выработанного пространства нами были проанализированы данные экспериментальных исследований, проведенных в разное время на 12 шахтах Донбасса. Эксперименты проводились в разных горно-геологических условиях и при различных размерах выработанного пространства, как на земной поверхности, так и в горных выработках и скважинах с глубинными реперами. Регрессионный анализ этих данных позволил установить вид и параметры искомой зависимости:

$$q_{\Pi} = a_0 + a_1 \ln(\sqrt{n_{1(2)}} + a_2), \quad (3)$$

где a_0 , a_1 и a_2 – эмпирические коэффициенты, значения которых для каменноугольных районов Донбасса равны соответственно 0,825; -0,12 и 0,26, а для антрацитовых – 0,740; -0,10 и 0,10;

$n_{1(2)}$ – параметр, определяющий относительную удаленность расчетной точки подрабатываемого массива от разрабатываемого пласта по нормали к напластованию, выраженную в долях от нормальной высоты зоны полных сдвижений на том из главных сечений мульды (1 – вкрест простирания или 2 – по простира-

нию), на котором размер очистной выработки (D_1 или D_2) наименьший:

$$n_{1i} = \frac{M_i}{M_1} = \frac{M_i \sin(\psi_1 + \psi_2)}{D_1 \sin \psi_1 \sin \psi_2} \leq 1; \quad (4)$$

$$n_{2i} = \frac{M_i}{M_{21}} = \frac{2M_i \cos(\alpha)}{D_2 \operatorname{tg} \psi_3} \leq 1; \quad (5)$$

где M_i – расстояние, измеряемое по нормали к напластованию от почвы пласта до i -й расчетной точки массива в сечении 1;

M_1 и M_2 – расстояния, измеряемые по нормали к напластованию от почвы пласта до вершины зоны полных сдвижений соответственно в сечениях 1 (точка O') и 2 (точка O'').

Эмпирическое корреляционное отношение составило 0,84, что говорит о достаточно тесной связи между фактическими и прогнозными значениями q_p .

Вывод. В результате проведенных исследований установлена новая зависимость относительного оседания массива в зоне полных сдвижений от минимального размера выработанного пространства, использование которой позволит повысить точность прогноза сдвижения массива горных пород под воздействием подземной разработки угольных пластов.

СПИСОК ССЫЛОК

1. 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.
2. 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.