

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА
СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ВЫЕМКЕ
ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

По встановлених закономірностях зрушення підробленого масиву гірських порід приведено взаємозв'язок між параметрами процесу зрушення й очисного вибою. На його основі розроблена методика розрахунку тривалості процесу зрушення і його етапів. В основу методики покладене співвідношення швидкості розвитку деформацій розтягань у масиві і швидкості переміщення очисного вибою.

**TECHNIQUE OF ACCOUNT OF DURATION OF PROCESS
DISPLACEMENT OF A TERRESTRIAL SURFACE AT UNDERGROUND
COLLECTION OF FLAT COAL LAYERS**

On the established laws displacement underdevelopment a file of mountain breeds the interrelation between parameters of process displacement and clearing face is given. On her basis the technique of account of duration of process displacement and his stages is developed. In a basis of a technique the parity of speed of development of deformations of stretchings in a file and speed moving clearing face is necessary.

Вопросу расчета продолжительности процесса сдвижения земной поверхности уделяли внимание многие исследователи (Июфис М.А., Медянцев А.Н., Борщ-Компонец В.И., Петрук Е.Г. и др.). Для прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности ими используются эмпирические зависимости. Их параметры установлены в результате анализа и обобщения экспериментальных данных, лабораторных и натурных исследований за процессом сдвижения горных пород. В «Правилах охраны...» [1] приведены регламентированные усредненные значения продолжительности процесса сдвижения. Но они справедливы только для скоростей подвигания очистного забоя 30-70 м/месяц и не учитывают степень метаморфизма пород. Недостатком этих методов является то, что, используя статистику и обобщения, не учитываются геомеханические явления, которые происходят в массиве, не рассматриваются их причины, не учитываются динамика процесса и взаимосвязь параметров.

Отличительной особенностью излагаемой ниже методики определения продолжительности процесса сдвижения земной поверхности является то, что, она основана на геомеханической модели, включающей отрыв и оседание послойно блоков, разработанной проф. М.С. Четвериком (ИГТМ НАН Украины) [2].

Разработанная методика расчета продолжительности процесса сдвижения земной поверхности основывается на установленной взаимосвязи между скоростью подвигания очистного забоя и скоростью развития деформаций растяжений по плоскости сдвижения. Скорость развития деформаций в массиве нами впервые была определена в работе [3] и для пород средней степени метаморфизма составляет 10-15 м/сутки (средняя по массиву). Следует отметить, что определенная нами скорость развития деформаций соответствует изменению

часового градиента нормированных оседаний массива в исследованиях С.Б. Кулибабы [4].

Методика расчета раскрывает этапы геомеханической модели сдвижения подработанного массива горных пород и состоит из времени отрыва блока от массива, времени его оседания и нахождения зоны деформаций растяжений над выработанным пространством. Следствием этих процессов является оседание земной поверхности, а динамика и интенсивность процессов влияют на продолжительность сдвижения.

Общую продолжительность процесса сдвижения T в динамической мульде можно определить следующим образом

$$T = t_n + T_a + T_o + t_3, \text{ сутки} \quad (1)$$

где t_n , t_3 – соответственно начальный этап подработки и этап затухания оседания (окончание процесса сдвижения), сутки; T_a – время отрыва блока от массива (время развития деформаций растяжений по плоскости сдвижения), сутки; T_o – время активного оседания блока, сутки.

Время отрыва блока от массива определяется исходя из условия подработки, которое заключается в следующем. На развитие зоны деформаций растяжений по плоскости сдвижений отводится время подработки очистным забоем двух блоков.

Время необходимое для развития зоны деформаций растяжений по плоскости сдвижения от выработанного пространства до земной поверхности.

$$t_a = \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} \quad (2)$$

где H – глубина разработки, м; V_d – скорость развития деформаций растяжений по плоскости сдвижения, м/сутки; ω – угол наклона плоскости сдвижения, градусы.

$$\omega = \arcsin \frac{H}{\sqrt{H^2 + \left(L_n + \frac{H}{\operatorname{tg} \gamma} - L \right)^2}} \quad (3)$$

где L_n – расстояние от разрезной печи до забоя лавы, при котором начинается процесс сдвижения, м; γ – граничный угол, град.

Время подработки двух блоков. (Двух потому, что зона деформаций растяжений сначала должна развиваться по плоскости сдвижения – один блок, а потом смениться зоной деформаций сжатий – подработка второго блока.)

$$T_3 = \frac{2L}{V_3} \quad (4)$$

где L – длина обрушаемого блока (шаг посадки основной кровли), м; V_3 – скорость подвигания очистного забоя, м/сутки;

Отсюда возникает условие

$$\frac{2L}{V_3} < > \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} \quad (5)$$

Если продолжительность подработки двух блоков больше, чем необходимо на развитие зоны деформаций растяжений по плоскости сдвижения, то в массиве образуется блочная модель сдвижения и время распространения деформаций в массиве включает в себя длительность подработки двух блоков

$$\text{если } \frac{2L}{V_3} > \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega}, \quad \text{то } T_a = \frac{2L}{V_3} \quad (6)$$

Если для развития зоны деформаций растяжений по плоскости сдвижений необходимо больше времени чем дает подработка двух блоков очистным забоем, то время распространения деформаций включает в себя продолжительность распространения деформационных процессов по глубине разработки

$$\text{т.е. если } \frac{2L}{V_3} < \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega}, \quad \text{то } T_a = \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} \quad (7)$$

Следовательно, если за время подработки двух блоков деформации достигнут только зоны расслоений и нижележащие геологические пласты обрушаются блочно, то вышележащие пласты также подвергнутся деформационным процессам. Однако деформации не достигнут критических значений, при которых в сплошности геологической толщи возникают трещины, разрывы и расслоения.

Время оседания определяется по соотношению величин максимального оседания к средней скорости оседания земной поверхности, т.е.

$$T_o = \frac{\eta}{V_o} = \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_o}, \text{ сутки} \quad (8)$$

где m - вынимаемая мощность пласта, м; α - угол падения пласта, градус; $q(H)$ –коэффициент главного вектора сдвижения показывающий влияние глубины разработки на оседание земной поверхности

$$q_{сл} = \frac{3.807}{H^{0.3252}}; \quad q_{ср} = \frac{14.109}{H^{0.6184}}; \quad q_{выс} = \frac{14.421}{H^{0.755}}; \quad (9)$$

где $q_{сл}$, $q_{ср}$, $q_{выс}$ - коэффициенты главного вектора сдвижения для пород соответственно слабой, средней и высокой степени метаморфизма.

Тогда в зависимости от условия (5) и определения времени развития деформаций в массиве (6 или 7) продолжительность процесса сдвижения составит

$$T = t_n + \frac{2L}{V_3} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_o} + t_3 \quad \text{или} \quad T = t_n + \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_o} + t_3 \quad (10)$$

Так как продолжительность начального и затухающего этапов составляют 0,05 и 0,2 соответственно от общей продолжительности процесса сдвижения, то

$$T = 1,25 \cdot \left(\frac{2L}{V_3} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_o} \right) \quad \text{или} \quad T = 1,25 \cdot \left(\frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_o} \right) \quad (11)$$

Наибольшие деформации растяжений и сжатий, оседания земной поверхности происходят в период интенсивного отрыва блока от массива (когда зона деформаций растяжений располагается возле центра масс блока и, развиваясь по плоскости сдвижения, достигает выработанного пространства) и его интенсивного оседания. Поэтому за период опасных деформаций $T_{оп}$ принимается время интенсивного отрыва блока и его оседание. Расположение центра масс блока может быть приближенно принято как середина линии сдвижения. Об интенсивном оседании блока можно судить по максимальной скорости оседания земной поверхности. Тогда время опасных деформаций:

$$T_{оп} = 0.5 \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_{o \max}}, \text{ сутки} \quad (12)$$

где $V_{o \max}$ - максимальная скорость оседания земной поверхности, м/сутки.

В работах [2, 3] формула общей продолжительности процесса сдвижения T представлена в виде

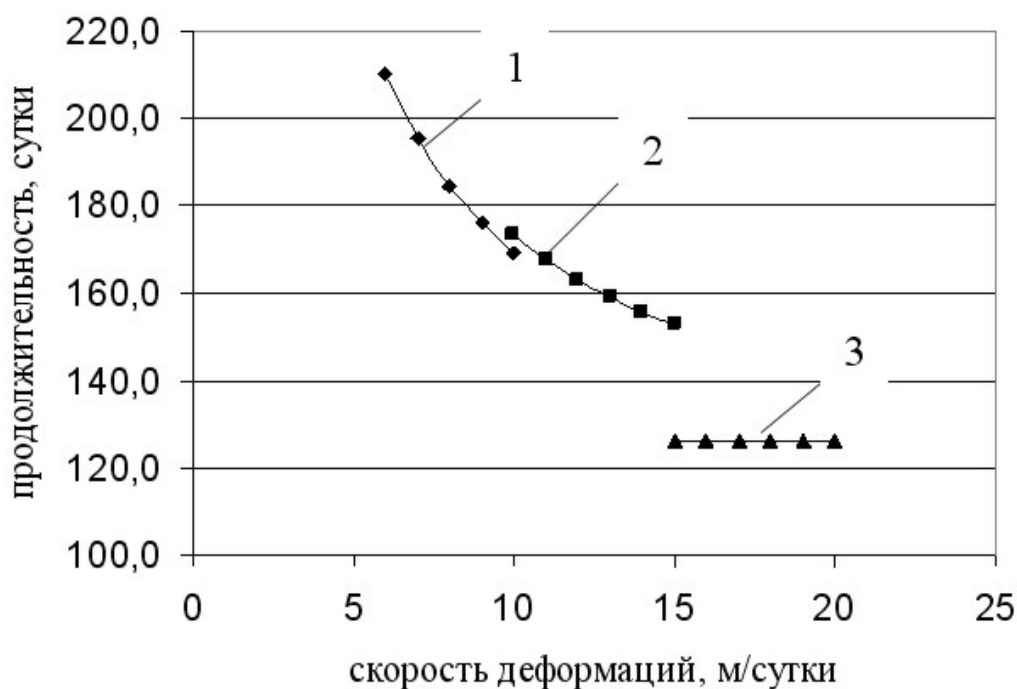
$$T = t_n + \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} \pm \frac{2L}{V_3} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_o} + t_3, \text{ сутки} \quad (13)$$

которая также справедлива, но дает немного больше погрешность.

Методика расчета применима для условий залегания пологих угольных пластов, для пород разной степени литификации, без ограничений в глубине разра-

ботки и скорости подвигания очистного забоя. Так как методика основана на взаимосвязи параметров процесса сдвижения и очистного забоя, то был проведен анализ по основным параметрам для пород разной степени метаморфизма.

Изменение продолжительности процесса сдвижения под влиянием скорости развития деформаций в массиве (рис. 1) показывает обратно пропорциональную зависимость: с увеличением скорости деформационных процессов уменьшается длительность оседания земной поверхности.

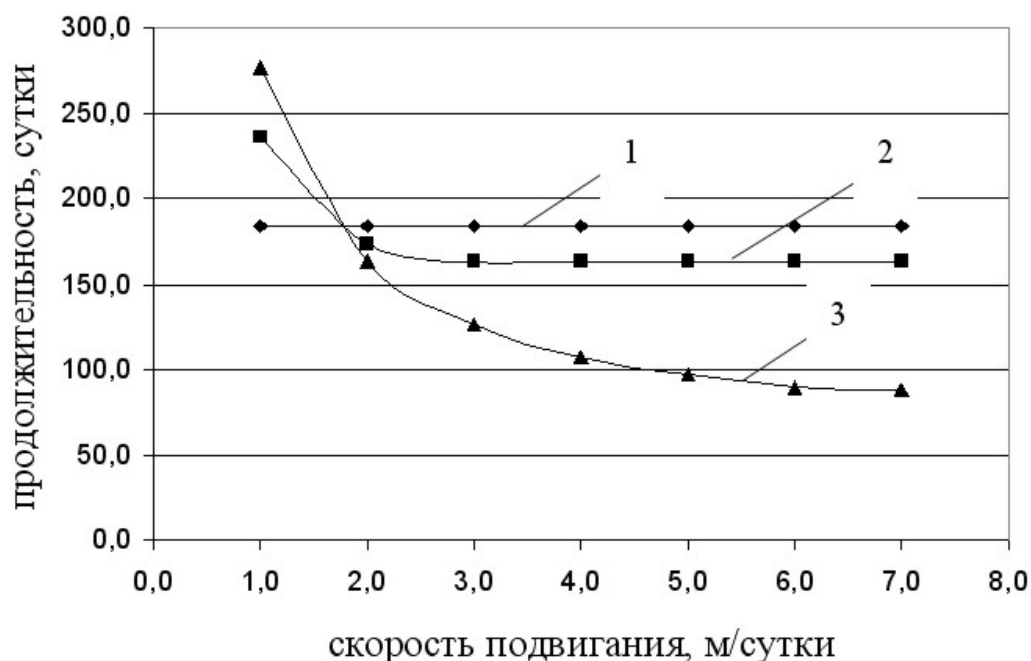


1, 2, 3 – соответственно слабая, средняя и высокая степень метаморфизма

Рис. 1- Изменение продолжительности процесса сдвижения в зависимости от скорости развития деформаций в массиве

В породах высокой степени метаморфизма график продолжительности процесса сдвижения представляет собой горизонтальную линию. Это говорит о том, что для выбранных условий, даже при минимальной скорости развития деформаций, в массиве происходит блочный процесс сдвижения. И так как для анализа скорость подвигания очистного забоя берется постоянной, то при увеличении скорости развития деформаций - продолжительность процесса сдвижения также остается величиной постоянной. Разница во времени объясняется тем, что увеличивается время простоя зоны растяжений над выработанным пространством.

Скорость подвигания очистного забоя является одним из основных показателей, влияющих на продолжительность процесса сдвижения (рис. 2). В зависимости от скорости подвигания в массиве могут развиваться две различные геомеханические модели сдвижения, которые определяются по условию подработки (5).



1, 2, 3 – соответственно слабая, средняя и высокая степень метаморфизма

Рис. 2- Изменение продолжительности процесса сдвигания в зависимости от скорости подвигания очистного забоя

В породах слабой степени метаморфизма график представляет собой горизонтальную линию. Это говорит о том, что при увеличении скорости подвигания очистного забоя продолжительность процесса сдвигания остается величиной постоянной. Анализируя последовательность расчета, получили в условии подработки (5), что в массиве происходит плавное опускание кровли. Из чего можно сделать вывод, что для пород слабой степени метаморфизма даже при небольших скоростях перемещения очистного забоя при принятой глубине разработки 400 м зона деформаций растяжений по плоскости сдвигания развивается только до зоны расслоений и подработанный массив подвергается процессу сдвигания плавно без разрыва сплошности.

Для пород средней и высокой степеней метаморфизма графики имеют вид гипербола, которые плавно переходят в горизонтальные линии. Это отличие объясняется следующим. При небольших скоростях подвигания очистного забоя в массиве происходит блочное обрушение кровли. При увеличении скорости выемочных работ, время подработки двух блоков уменьшается, следовательно, уменьшается время простоя зоны растяжений над выработанным пространством. Процесс сдвигания сменяется плавным опусканием, продолжительность которого постоянная.

Выводы.

1. На основании закономерностей сдвигания подработанного массива горных пород установлена взаимосвязь между параметрами процесса сдвигания и очистного забоя. С их использованием разработана методика расчета продолжительности процесса сдвигания земной поверхности, массива горных пород и его этапов. В основу методики положено соотношение скорости развития де-

формаций растяжений в массиве и скорости подвигания очистного забоя.

2. В изложенной методике расчета учитывается условие, которое заключается в том, что при сопоставлении времени подработки двух блоков и времени развития деформаций в массиве возможно блочное и плавное опускание горных пород.

3. Процессом развития зоны деформаций растяжений в массиве можно управлять путем изменения скорости подвигания очистного забоя, тем самым переходить от блочного обрушения кровли к плавному опусканию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на угольных месторождениях. Утв. Минуглепром СССР. М.: Недра, 1981. – 288 с.
2. Четверик М.С., Андрощук Е.В. Теория сдвижения массива горных пород и управления деформационными процессами при подземной выемке угля. Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2004.- 148с.
3. Четверик М.С., Андрощук Е.В. Влияние сдвижения геологической толщи на газовыделение. /Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов вып.33. – 2001. - С. 131 – 137.
4. Кулибаба С.Б.. Маркшейдерское обеспечение охраны вертикальных стволов угольных шахт Донбасса: автореф. дис...д-ра техн. наук. - Донецк, 2004.- 32 с.

УДК 622.268.2:622.411.332

Д-р техн. наук, проф. М.С. Четверик,
асп. Е.А. Бубнова,
к.т.н., научн. сотр. В.В. Зберовский
(ИГТМ НАН Украины)

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГИПСОМЕТРИИ ПЛАСТА И НАПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК

Розглянуто вплив напрямку розвитку очисних і підготовчих виробок стосовно гіпсометрії пласта на деформації цих виробок і особливості водо-газовиділення з виробленого простору.

INFLUENCE HYPSONOMETRY OF A LAYER ON A DIRECTION OF REALIZATION OF PREPARATORY AND WALLS MINES

The influence of a direction of development of walls and preparatory mines in relation to hypsonometry of a layer on deformation of these mines and features gassing and water yield from the produced space is considered.

На выбор системы разработки месторождений, подготовку участков шахтного поля и очистных забоев оказывает влияние ряд факторов. Одним из основных является горно-геологический фактор, который включает форму, размеры и пространственное расположение запасов полезных ископаемых, подлежащих извлечению. В освоенных месторождениях на больших глубинах особое значение приобретают обводненность и газонасыщенность угленосной толщи, которые также необходимо учитывать при выборе направления развития горных работ.

По мере подготовки участков шахтного поля по принятым технологическим