

### ЗАВИСАНИЕ ПОРОД КРОВЛИ ПРИ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Приведено аналіз результатів натурних спостережень за зрушенням гірських порід і земної поверхні в результаті виїмки вугільних пластів. На підставі статистичної обробки спостережень встановлено, що зависання порід покрівлі пласта, що виймається, функціонально залежить від швидкості посування вибою лави, а також існує критична швидкість посування лави, при перевищенні якої відсутнє підвищення навантаження на крайову частину пласта, що виймається.

### OVERHANG OF A ROOF ROCKS IN THE TIME OF EXTRACTION OF COAL SEAMS

The analysis of results of nature supervisions for displacement of mining rocks and earth surface is given as a result of coal seams extraction. On the basis of statistical processing of supervision it established, that the overhang of rocks in a roof of a taken out seams functionally depends on speed face advance of a longwall, and also it exist is a critical speed of longwall face advance, with which excess there is no increase of loading on a regional part of a taken out seam.

Выемка угольных пластов сопровождается сдвижением горных пород и земной поверхности с формированием мульды сдвижения. Прогноз параметров сдвижения является актуальной задачей для обеспечения охраны подрабатываемых объектов. К настоящему времени разработаны несколько методик расчёта сдвижения земной поверхности. Согласно одной из наиболее точных из существующих математических моделей [1], оседания в мульде сдвижения, формирующейся в горном массиве и на земной поверхности при выемке горизонтального пласта, описываются интегральной функцией Гаусса:

$$\eta = (q_0 m / 4) \{ \Phi[A(vt-d-x)] - \Phi[A(d-x)] \} \cdot \{ \Phi[A(D_2/2-d+y)] + \Phi[A(D_2/2-d-y)] \}, \quad (1)$$

где  $q_0$  - относительная величина максимального оседания пород или земной поверхности, принимаемая по [2];  $m$  - вынимаемая мощность пласта;  $\Phi$  - интегральная функция Гаусса;  $A$  - коэффициент, зависящий от длины полумульды  $L$ , и определяемый по формуле:

$$A = 2\sqrt{2\pi}/L, \quad (2)$$

$v$  - средняя скорость подвигания забоя лавы;  $t$  - время движения лавы от разрезной печи;  $d$  - зависание пород над границами выработанного пространства, определяемое при закончившемся процессе сдвижения по формуле:

$$d = z(\operatorname{ctg}\psi_3 - \operatorname{ctg}\delta_0)/2, \quad (3)$$

$x, y, z$  - координаты рассматриваемой точки горного массива;  $\delta_0, \psi_3$  - соответственно граничный угол сдвижения и угол полных сдвижений пород, принимаемые по [2];  $D_2$  - ширина выработанного пространства, равная длине лавы.

Длина полумульды сдвижения  $L$  при полной подработке и горизонтальном залегании пласта определяется по формуле:

$$L = z(\text{ctg}\delta_0 + \text{ctg}\psi_3). \quad (4)$$

В работе [3] приведена формула для расчёта оседаний с учётом угла падения пластов  $\alpha$  и различия длин полумульд. Если лавой длиной  $D_2$  обрабатывается угольный пласт мощностью  $m$  и управление кровлей производится полным обрушением, то в условной системе координат  $X'Y'Z'$  с центром в середине разрезной печи, осью  $X'$ , направленной по оси выработанного пространства, осью  $Z'$ , нормальной напластованию пород и осью  $Y'$ , ориентированной по восстанию пласта, оседание точки горного массива в направлении нормали к напластованию равно:

$$\eta = (q_0 m/4) \{ \Phi[A_X (vt - d_{X'} - x')] - \Phi[A_X (d_{X'} - x')] \} \times \\ \times \{ \Phi[A_{Y1} (D_2/2 - d_{Y1}' + y')] + \Phi[D_2/2 - d_{Y2}' - y'] \}, \quad (5)$$

где  $q_0$  - относительная величина максимального оседания, принимаемая по [2] равной 0,75-0,85;  $\Phi$  - интегральная функция Гаусса;  $A$  - коэффициент, определяемый по формулам:

$$A_X = 2\sqrt{2\pi}/L_{X'}, \quad A_{Y1} = 2\sqrt{2\pi}/L_{Y1}', \quad A_{Y2} = 2\sqrt{2\pi}/L_{Y2}'; \quad (6)$$

$v$  - средняя скорость подвигания забоя лавы;  $t$  - время движения лавы от разрезной печи;  $d$  - зависание пород, определяемое по формулам:

$$d_X = z' \cdot (\text{ctg}\psi_3 - \text{ctg}\delta_0)/2, \quad d_{Y1} = z' [\text{ctg}\psi_1 - \text{ctg}(70^\circ + 0,2 \cdot \alpha)]/2, \\ d_{Y2} = z' [\text{ctg}\psi_2 - \text{ctg}(\gamma_0 - \alpha)]/2; \quad (7)$$

$x', y', z'$  - координаты рассматриваемой точки горного массива в нормальной напластованию системе координат;  $L'$  - длина полумульды сдвижения при полной подработке, определяемая по формулам:

$$L_{X'} = z' (\text{ctg}\delta_0 + \text{ctg}\psi_3), \quad L_{Y1}' = z' [\text{ctg}(\alpha + \beta_0) + \text{ctg}\psi_1], \\ L_{Y2}' = z' [\text{ctg}(\gamma_0 - \alpha) + \text{ctg}\psi_2]; \quad (8)$$

$\beta_0, \gamma_0, \delta_0$  - граничные углы сдвижения пород соответственно со стороны падения, восстания и простирания пластов, принимаемые по [2];  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  - углы полных сдвижений пород со стороны их падения, восстания и простирания со-

ответственно;  $\alpha$  - угол падения пластов.

В обеих моделях не учитывается влияние скорости подвигания лавы на величину зависания пород. С возрастанием нагрузки на лаву, при прочих равных условиях, увеличивается скорость её подвигания. Общепринято, что при движущемся забое лавы породы зависают несколько больше при большей скорости подвигания вследствие возрастания влияния прочностных свойств пород на процесс их сдвижения.

Увеличение зависания пород кровли вынимаемого пласта сопровождается увеличением нагрузки на его краевую часть. Повышенное локальное горное давление может спровоцировать выбросы угля и газа, зажатие секций механизированной крепи и другие неблагоприятные последствия. Поэтому оценка влияния скорости подвигания лавы на изменение зависания пород кровли актуально для прогноза опасности геодинамических явлений, особенно при работе высоконагруженных лав.

Для установления зависимости величины зависания пород от скорости подвигания забоя лавы нами был выполнен анализ результатов натуральных наблюдений сдвижения подрабатываемых пород и земной поверхности при выемке пластов тремя шахтами Львовско-Волынского бассейна (табл. 1).

На рис. 1 приведена зависимость отношения длины полумульды сдвижения  $L$  к глубине разработки  $H$  от скорости подвигания забоя лавы  $v_L$ . Эта зависимость может быть аппроксимирована степенной функцией вида:

$$\frac{L}{H} = k^v, \quad (9)$$

где  $k$  – эмпирический коэффициент, зависящий от физико-механических свойств подрабатываемых пород.

Таблица 1 – Результаты наблюдений сдвижений горных пород и земной поверхности в условиях Львовско-Волынского бассейна

Номер наблюдательной станции	Глубина горных работ, $H$ , м	Величина зависания пород кровли, $d$ , м	Скорость подвигания забоя лавы $v_L$ , м/месяц
1	400	100	50
2	508	120	55
3	490	125	42
4	460	95	20

Таким образом, на основе анализа результатов инструментальных наблюдений установлено, что длина полумульды сдвижения *нелинейно* зависит от скорости подвигания забоя лавы. Новым в этом выводе является то, что, согласно анализу зависимости, при небольших нагрузках на лаву, то есть при скорости её подвигания до 30 м/месяц, длина полумульды сдвижения существенно не изменяется. Однако, при увеличении скорости подвигания лавы более 45 м/месяц наблюдается существенное увеличение длины полумульды.

Экстраполируя функцию  $L/H = f(v_{Л})$  можно сделать вывод, что при  $v_{Л} \approx 65$  м/месяц в данных условиях имеет место существенное нелинейное возрастание длины полумульды.

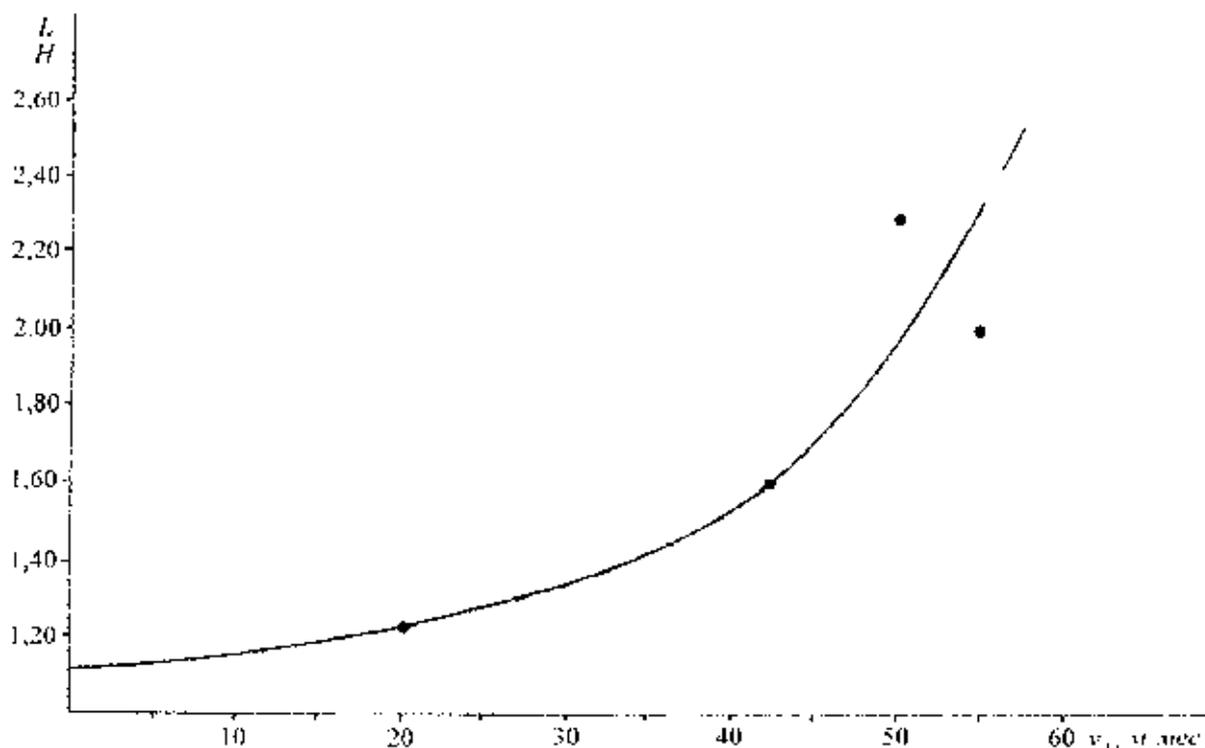


Рис. 1 – Зависимость отношения  $L/H$  от  $v_{Л}$

Однако, пригрузку на краевую часть пласта обуславливает не полумульда сдвижения, а величина консоли пород кровли вынимаемого пласта, нависающей над лавой. Поэтому для оценки изменения нагрузки на краевую часть пласта в районе лавы от скорости её подвигания рассмотрим зависимость  $d/H$  от  $v_{Л}$  (рис. 2).

Условия залегания и выемки пластов во Львовско-Волынском бассейне подобны условиям Западного Донбасса. В работе [4] зависимость  $d=f(H, v_{Л})$  в условиях Западного Донбасса для статической полумульды аппроксимирована следующей линейной зависимостью:

$$d = 0,015 \cdot H + 7,4. \quad (10)$$

Согласно (10), на горизонте отработки пласта после окончания процесса сдвижения зависание пород составляет 7,4 м.

В [5] для условий Львовско-Волынского бассейна зависимость  $d=f(H, v_{Л})$  предложено аппроксимировать уравнением:

$$d = H \cdot (0,013 + 0,00273 \cdot v_{Л}), \quad (11)$$

где  $v_{Л}$  – скорость подвигания забоя лавы.

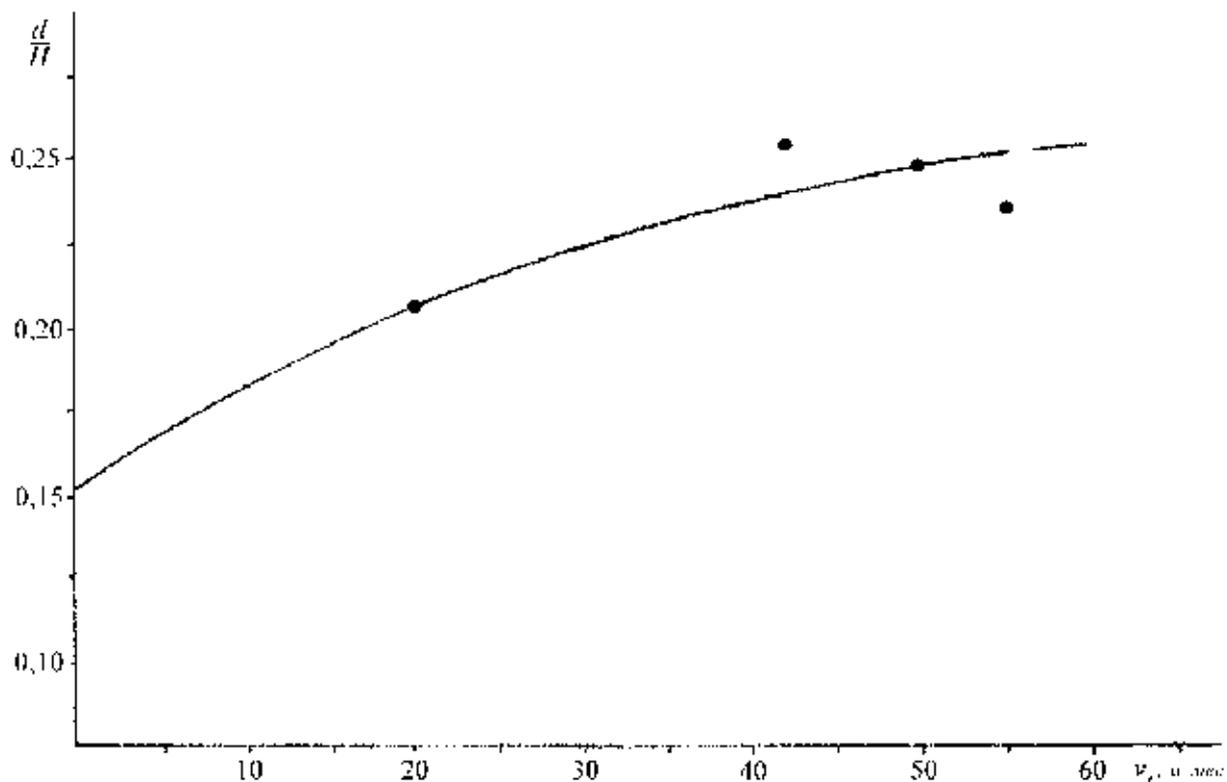


Рис. 2 – Функциональная зависимость отношения  $d/H$  от  $v_{Л}$

Если в (11) положить  $H = 0$ , то на горизонте отработки пласта  $d = 0$ , то есть зависания пород нет.

Анализ графика на рис. 2 показывает: функциональная связь между зависанием подрабатываемых пород  $d$  и скоростью подвигания забоя лавы  $v_{Л}$  носит нелинейный характер

Указанная особенность свидетельствует о том, что если линейный параметр сдвижения ( $d$ ), ранее определяемый пересечением параллельной пласту поверхности с прямой линией, проведенной под углом  $\psi$  к пласту, описывается некоторой кривой, остальные элементы сдвижения (линии, определяющие границы полумульды сдвижения) также могут не являться прямыми линиями. В этом случае становится проблематичной возможность традиционного использования основных угловых параметров – граничных углов сдвижения и углов полных сдвижений горных пород и земной поверхности, для описания процесса сдвижения.

Кроме того, угол полных сдвижений необходимо откладывать не от кромки вынимаемого пласта, а от некоторой точки, расположенной в выработанном пространстве.

Из графика на рис. 2 также следует, что существует предельное асимптотическое зависание пород, соответствующее «критической» скорости подвигания лавы. При подвигании лавы со скоростью, превышающей критическую, зависания

ние пород не увеличивается и возрастания горного давления на краевую часть пласта не происходит. В данных условиях критическая скорость подвигания лавы составляет около 70 м/месяц.

Этот вывод является новым и достаточно важным для обоснования мероприятий по обеспечению безопасности работ при выемке газоносных выбросоопасных пластов высоконагруженными лавами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мякенький В.И. Сдвижение и дегазация пород и угольных пластов при очистных работах.- Киев: Наукова думка, 1975.- 99 с.
2. КД12.00159226.013-95. Временные технические условия по охране сооружений и природных объектов от влияния подземных горных разработок - Донецк: Минуглепром Украины, УкрНИМИ, 1995.- 237 с.
3. Подорванов А.А., Демченко В.Б., Колесников В.Г. Модель сдвижения горного массива с учётом скатывания пород / Геотехническая механика: Меж-вед. сб. науч. трудов / Институт геотехнической механики НАН Украины.- Днепропетровск, 2001.- Вып. 26.- С.108-112.
4. Беліченко О.В. Обґрунтування параметрів процесу зрушення породного масиву в умовах пологих вугільних пластів. Автореф. дис. .... канд. техн. наук. / Національний гірничий університет.- 2003.- 16 с.
5. Пидгайный Я.М. Обоснование инженерно-технологических решений снижения влияния отработки угольных пластов Львовско-Волынского бассейна на подрабатываемую земную поверхность. Автореф. дис.... канд. техн. наук / Институт геотехнической механики НАН Украины.- 1996.- 24 с.