

2. Азаров Н. Я., Яковлев Д. В. Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений. -М.: Недра, 1988. -199 с.
3. Kenneth D.Mahrer, An empirical study of instability and improvement of absorbing boundary conditions for the elastic wave equation. -Geophysics, vol. 51.N7.
4. Kelly K. R., Ward R.W., Treitel S. Alford R. M. Synthetic Seismograms, a finite-difference approach. - Geophysics,1976,41, P. 2-27.
5. Aki K., Larner K.L. Surface motion of layered medium having an irregular interface due to incident plane SH waves. -J. Geophys. Res.,1970,75, P. 933-954.
6. Jean Virieux, H-wave propagation in heterogeneous media: Velocity-stress finite-difference method. -Geophysics.vol.49,N. 11. P.1933 -1957.
7. Virieux J., Madariaga R. Dynamic faulting studied by a finite-difference method. - Bull. Seism. Soc. Am.,1982,72,P.345-369.
8. Smith W.D. A nonreflecting plane boundary for wave propagation problems. - J. Comp. Phys. 15,1974, P. 492-503.
9. Smith W.D. The application of finite-element analysis to body wave propagation problems. Geophys. J. Roy. Astr. Soc., 1975. 42, P. 747-768.
10. Аки. К, Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы. Т. 2. Пер. с англ. - М.: Мир, 1983. - 360 с.
11. Анциферов А.В., Захаров В.Н, Глухов А.А. Комплект программ моделирования процесса распространения сейсмических волн в угленосной толще // Каталог прогр. средств / ГосФАП, М.1991, №50910000379
12. Kanasewich. E.R., 1973. Time Sequence Analysis in Geophysics. The University of Alberta Press, 352 pp.
13. Kanasewich. E.R., Hemmings. C. D. and Alpaslan. T., 1973. Nth-root stack nonlinear multichannel filter. Geophysics,38:327-338 p.

УДК 622.831.24

В.Б. Демченко, В.Г. Колесников,
В.Г. Перепелица, Г.Л. Сергийченко,
А.А. Подорванов

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СДВИЖЕНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ ОДИНОЧНОГО КРУТОГО ПЛАСТА

Показано, що обчислення параметрів зсуву гірського масиву і земної поверхні при відробці пластів з кутом падіння, більшим за 35° , необхідно виконувати з урахуванням формування мульди ковзання порід по напластунню.

SOME LEGALITY-MEASURES OF DISPLACEMENT OF A ROCK MASS AT IMPROVEMENT OF A SINGLE ABRUPT LAYER

It shown, that the calculation of parameters of displacement of a rock mass and ground surface at the extraction of seams with the angle of dip more then 35° is necessary to emplement with registration formation of through sliding of mining rocks to the bedding.

Выемка угольного пласта сопровождается перераспределением напряжений в породах его кровли и почвы, вследствие чего они претерпевают сдвигения и деформации.

На рис.1,а представлена общепринятая в настоящее время схема сдвигения горного массива при выемке одиночного крутопадающего пласта. Согласно существующим представлениям [1,2], после выемки пласта, в его кровле формируются зона обрушения пород непосредственной кровли I, зона прогиба с расчленением пород II и зона плавного прогиба пород без разрыва сплошности III.

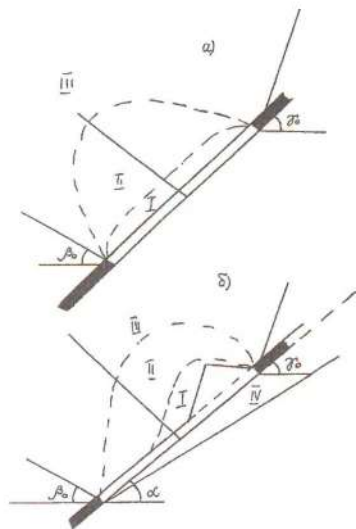


Рис. 1 – Схема сдвижения горного массива при выемке одиночного крутого пласта:
 а) общепринятая; б) уточненная с учетом скольжения пород.

Согласно отменённым в Украине «Правилам охраны...» (1981 г.), скольжение пород по напластованию имеет место при угле падения пород α , большем предельных значений $\alpha_{\text{п}}$. Величина β_{01} составляет 35° при $\alpha = 50$ и 85° , $\beta_{01} = 40^\circ$ при $\alpha = 55-80^\circ$ и $\beta_{01} = 25^\circ$ при $\alpha = 90^\circ$. В подработанной толще углы β_{01} рекомендуются на 5° меньше. Такой подход к расчетам обуславливает некорректную ситуацию, когда при угле α , равном, например, 49° и 50° прогноз сдвижений выполняется по различным методикам с получением существенно различных результатов. Таким образом, по отмененным «Правилам охраны...» расчет скольжения пород по напластованию может быть выполнен для частного случая, по действующим [3] он не предусмотрен.

Однако, при выемке крутого пласта в условиях ЦРД процесс сдвижения горного массива имеет ряд особенностей. Так, после выемки пласта породы его непосредственной кровли обрушаются и под собственным весом перемещаются в направлении падения, забutoвывая низ выработанного пространства. Поэтому зона беспорядочного обрушения пород непосредственной кровли имеет более сложную асимметричную форму (зона I на рис. 1,б), а над верхней частью выработанного пространства формируется купол обрушения. Выемка также сопровождается смещениями пород почвы в направлении выработанного пространства. Это вызывает формирование зоны скольжения пород по напластованию (зона IV на рис. 1,б) и расширение мульды сдвижения в сторону их восстания. Параметры скольжения пород нормативным документом [3] не учтены, хотя существенно влияют на распределение сдвижений в горном массиве и на земной поверхности.

Существенное влияние указанных факторов подтверждается, например, данными натуральных наблюдений [2], выполненных на шахтах им. В.И. Ленина и "Кочегарка" ПО «Артемуголь» (рис. 2). При угле падения пласта 55° и длине лавы 125 м наблюдалось скольжение пород почвы пласта по напластованию на удалении до 55 м вглубь горного массива. Это свидетельствует о прогибе почвы вынимаемого пласта в сторону выработанного пространства. При достигнутых в ЦРД глубинах горных работ в сдвигение вовлекается горный массив на расстояние сотен метров от прогнозной [3] границы мульды на земной поверхности. Поэтому при прогнозе параметров сдвижения необходимо учитывать процесс скольжения пород по напластованию.

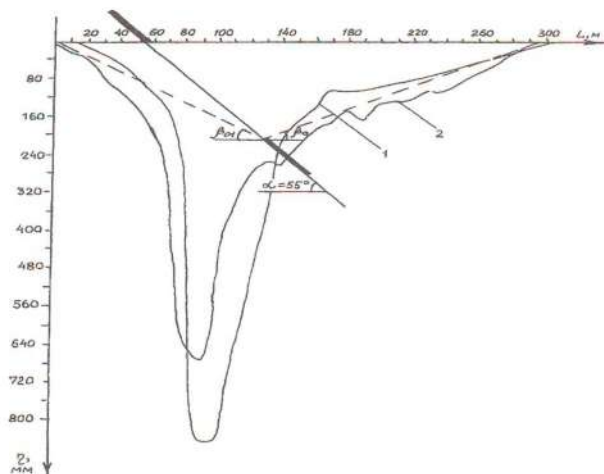


Рис. 2 – Оседания реперов наблюдательной станции на вентиляционном горизонте:
1 – шахта им. В.И. Ленина; 2 – шахта «Кочегарка».

Теряющий опору надработанный горный массив выше откаточного горизонта, ограниченный углом β_{01} и вынимаемым пластом (рис. 3), послойно смещается по плоскостям напластования. В этих условиях подсеченный лавой целик угля и вышележащие породы, залегающие на движущемся основании, также смещаются в направлении напластования.

Скольжение пород имеет место в пределах зоны, ограниченной углом β_{01} в почве пласта, и углом β_{02} в кровле пласта, причем на границах этой зоны сдвижения пород по напластованию практически отсутствуют, а в зоне обрушенных пород кровли вынимаемого пласта – максимальны.

Вычисления параметров сдвижения в мульде скольжения пород выполняют в плоскости, ориентированной перпендикулярно оси OY' , с последующим их проецированием на горизонтальную плоскость. Окончательными параметрами сдвижения являются алгебраические суммы соответствующих сдвижений в основной мульде и в мульде скольжения пород по напластованию.

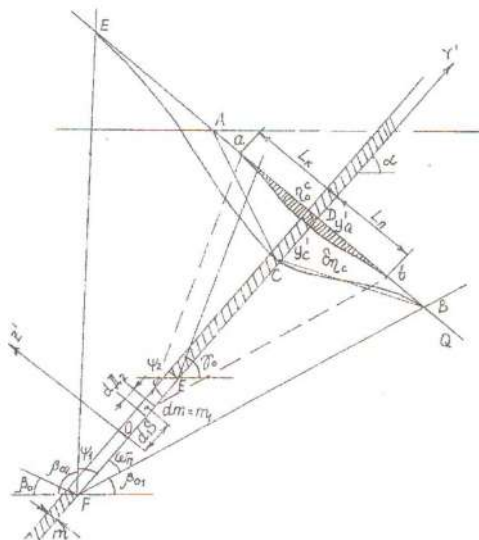


Рис. 3 – Схема формирования мульды скольжения пород по напластованию

Наблюдения сдвижения пород почвы вынимаемого пласта показали, что зависимость величины скольжения $\eta(z')$ в плоскости, нормальной напластованию (сечение $Y'O'Z'$), можно аппроксимировать функцией Гаусса вида:

$$\eta^C(z') = [1/(\sigma \cdot \sqrt{2\pi})] \exp[-(z'-a)^2/(2\sigma^2)],$$

где σ и a - параметры кривой скольжения, причем величина $1/(\sigma \cdot \sqrt{2\pi})$ определяет величину экстремума кривой оседания пород в плоскости напластования, а величина a - расстояние от экстремума до начала координат.

В результате выемки элементарного объема пласта, в вышележащих породах образуется элементарная мульда скольжения пород с максимальным оседанием η_0^C и длиной полумульды L_P в надроботанных и L_K - в подработанных породах. Тогда

$$L_P = L_K = l, \quad dy'm q_{0C} = l, \quad (1)$$

где q_{0C} - относительная величина максимального скольжения пород по напластованию.

Допустив, что мульда скольжения симметрична относительно оси OY' , получим:

$$L_P = 2 y' \operatorname{tg}(\alpha - \beta),$$

где y' - координата плоскости Q .

Из равенства правых частей (1) имеем:

откуда

$$q_{0C} m dy' = \eta_0^C 2 y' \operatorname{tg}(\alpha - \beta_{01}),$$

$$\eta_0^C = q_{0C} m dy' / (2 y' \operatorname{tg}(\alpha - \beta_{01})). \quad (2)$$

В интегральном виде уравнение (2) имеет вид:

$$\int_{y'=-D_2/2}^{y'=D_2/2} \eta_0^C = q_{0C} m \operatorname{ctg}(\alpha - \beta_{01}) \int_{y'=-D_2/2}^{y'=D_2/2} dy' / (2 y'). \quad (3)$$

Интегрируя (3), получим максимальное оседание в мульде скольжения пород:

$$\eta_{max}^C = (1/2) q_{0C} m \operatorname{ctg}(\alpha - \beta_{01}) \ln y' \Big|_{-D_2/2}^{D_2/2} = \int_{-D_2/2}^{D_2/2} q_{0C} m \operatorname{ctg}(\alpha - \beta_{01}) \ln(D_2/2). \quad (4)$$

Для полной мульды скольжения, симметричной относительно оси OY' , оседание равно:

$$\eta^C(z') = (1/(\sigma \cdot \sqrt{2\pi})) \exp(-z')^2 / (2 \sigma^2),$$

$$\text{где } 1/(\sigma \sqrt{2\pi}) = \eta_{max}^C; \quad \sigma = 1/(\eta_{max}^C \cdot \sqrt{2\pi}) = L_{max} / \sqrt{2\pi}; \\ L_{max} = (y' + D_2/2) \operatorname{tg}(\alpha - \beta_{01}). \quad (5)$$

Распределение оседания в мульде скольжения пород имеет вид:

$$\eta^C(z') = \eta_{max}^C \exp[-\pi (z')^2 / (L_{max})^2],$$

где η_{max}^C вычисляются по формуле (4), а L_{max} - по формуле (5).

Приведенные выражения получены при допущении симметричности мульды скольжения относительно оси OY' и выполнении условия:

$$\alpha - \beta_{01} = 180^\circ - \alpha - \beta_{02}.$$

Однако, породы кровли и почвы пласта находятся в различном напряженно-деформированном состоянии, что в общем случае обуславливает взаимное неравенство углов β_{01} и β_{02} .

Для обоснования величины угла β_{02} рассмотрим его физическую сущность. В пределах основной мульды сдвижения скольжение пород по напластованию возможно в зоне, где первоначально плоские слои пород изгибаются в направлении оси OZ' , укорачиваясь в проекции на плоскость $X'OY'$. Как и породы почвы пласта, породы его кровли прогибаются в направлении выработанного пространства. Поэтому зона скольжения пород кровли в направлении оси OY' расположена между нижней границей выработанного пространства (точка F на рис.3) и земной поверхностью. В направлении оси OZ' зона скольжения пород по напластованию ограничена вынимаемым пластом и плоскостью, проведенной под углом β_{02} к горизонту через точку F и середину

кривой оседаний пород в полумульде по падению пластов (границу зоны растяжения пластов).

Вследствие недостаточного объема данных натуральных наблюдений, величину β_{02} можно принять лишь в первом приближении, и углы β_{01} и β_{02} должны корректироваться в период адаптации модели к конкретным горно-геологическим условиям выемки угольных пластов.

Из $\triangle DEF$ на рис. 3, с учетом изложенного, имеем:

$$DE/(y_Q' + D_2/2) = \text{tg}[(180^\circ - \alpha - \beta_0 + \psi_1)/2 + \psi_1].$$

Тогда максимальная длина полумульды скольжения пород в кровле вынимаемого пласта равна:

$$L_{\max}^K = DE = (y_Q' + D_2/2) \text{tg}[(180^\circ - \alpha - \beta_0 + \psi_1)/2], \quad (6)$$

а угол скольжения пород кровли по напластованию составляет:

$$\beta_{02} = \beta_0 + (180^\circ - \alpha - \psi_1 - \beta_0)/2 = (180^\circ - \alpha - \psi_1 + \beta_0)/2.$$

Например, в условиях ЦРД при первичной подработке и $\alpha = 60^\circ$ углы скольжения пород составляют: $\beta_{01} = 40^\circ$ (согласно [3]), $\beta_{01} = 105^\circ - 1,42 \cdot \alpha$ (согласно результатам натуральных наблюдений в ЦРД), $\beta_{02} = 43^\circ$.

Значения углов скольжения пород по напластованию можно определять с использованием графика, приведенного на рис. 4.

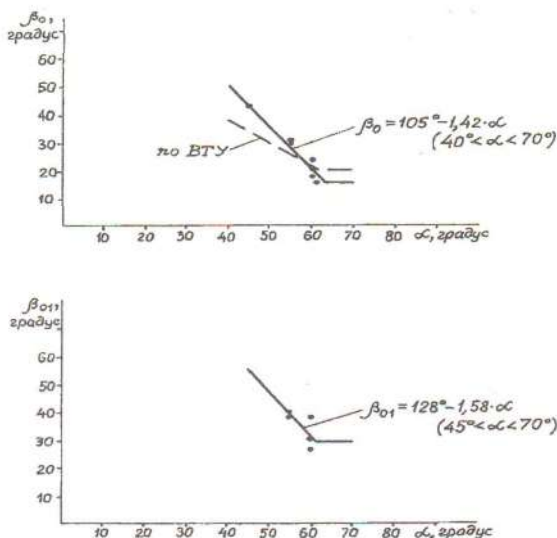


Рис. 4 – Зависимости граничного угла сдвига пород β_0 и угла скольжения пород почвы по напластованию β_{01} от угла падения пласта α

Таким образом, натурными наблюдениями установлено, что при выемке одиночного пласта в ЦРД сдвигание пород почвы и кровли имеет существенные особенности по сравнению со сдвижением при выемке горизонтального пласта, которые необходимо учитывать при оценке параметров зон сдвижений для принятия адекватных технических решений по охране подрабатываемых объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев Е.В. Геомеханические преобразования и охрана подрабатываемых территорий.- М.: Наука, 1988.- 191 с.
2. Александров В.Г и др. Вопросы управления горным давлением на тонких крутых пластах Донбасса.- Донецк, ООО «Лебедь», 1998.- 288 с.
3. Временные технические условия по охране сооружений и природных объектов от влияния подземных горных разработок // Руководящий документ государственного комитета Украины по угольной промышленности.- Донецк, 1995.- 237 с.

УДК 622.42

Т.В. Бунько

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ АНАЛИЗЕ ВЕНТИЛЯЦИИ ШАХТЫ ИМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКО

Розглянуто основні положення теорії структурної ідентифікації вентиляційних систем вугільних шахт. Введені основні визначення та сформульовані властивості елементів шахтних вентиляційних мереж. Запропонований методологічний підхід ілюстровано прикладом аналізу вентиляційної системи шахти ім. О.Ф. Засядька.

PRINCIPAL THESISES OF STRUCTURAL IDENTIFICATION OF THE VENTILATING NETWORK AND ITS APPLICATION AT THE ANALYSIS OF VENTILATION OF MINE NAMED A.F. ZASJADKO

Principal thesises of the theory of structural identification of ventilating systems of coal mines are considered. The basic designations are entered and properties of elements of mine ventilating networks are formulated. The methodological approach to the analysis of ventilating system which is illustrated on an example of mine named A.F. Zasjadko, was offered.

Элементы шахтной вентиляционной сети (ШВС) различаются по своему участию в технологических процессах добычи полезного ископаемого и проветривания. Исходя из этого, можно провести декомпозицию элементов вентиляционной системы на функционально самостоятельные компоненты с учетом ее структуры, определив их функциональное назначение в системе вентиляции, качественные характеристики и набор количественных параметров. Этот процесс называется структурной идентификацией ШВС. Рассмотрим ее основные положения.

Наземная сеть ШВС включает в себя вентиляторы главного проветривания (ВГП), надшахтное здание и канал ВГП. Срок службы ВГП достаточно продолжителен, в среднем 20 и более лет, поэтому этот элемент ШВС можно считать статичным. Как элемент ШВС, ВГП определяется следующим набором аэродинамических параметров: аэродинамическими характеристиками и