

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА СМЕЩЕНИЙ ПОРОД ПОЧВЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Ковальчук И.С., Касьяненко А.Л., Горбылёв Г.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

В данной работе определяются смещения пород почвы горной выработки с использованием расчетной схемы в виде балки на упругом основании. Рассмотрено изменение смещений пород при установке стойки.

Выдавливание почвы горных пород выработок является одним из самых распространенных и неблагоприятных проявлений горного давления которое полностью может вывести выработку из эксплуатации. С увеличением глубины разработки угольных пластов обеспечение устойчивого состояния выемочных выработок является одной из основных проблем подземной угледобычи. В условиях наличия неустойчивых пород почвы угольных пластов потеря устойчивости выработок является результатом выдавливания пород почвы. Традиционно принятой мерой борьбы с пучением является подрывка пород почвы с использованием средств механизации. Потеря же устойчивости прочных пород почвы ($\sigma_{сж} > 60$ МПа) не позволяет производить механизированную подрывку почвы. Это снижает темпы подрывки почвы в 4-5 раз.

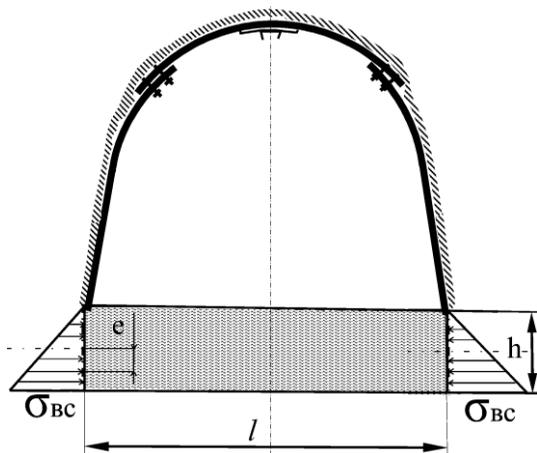
Известно [1-4], что в условиях глубоких шахт смещение контура выработок является следствием образования вокруг последних зоны разрушенных пород, что влечет появление трещин в массиве, создаются дополнительные плоскости ослабления. Если рассматривать породы с учетом их слоистого строения, то при однородном составе слабых слоёв их разрушение происходит в виде мелкообломочных породных фрагментов, а при наличии прочного слоя — крупными породными блоками.

А.В. Гурдусом [5] впервые рассмотрен вопрос выдавливания пород почвы в результате продольного сжатия силами горного давления. По мнению М.А. Комисарова [6] слои пород почвы и кровли могут рассматриваться, как балки бесконечной длины на упругом основании, разгруженных в средней части и испытывающие боковое давление из-за сдвижения пород.

В данной работе верхний слой породы рассматривается, как короткая балка на упругом основании длина, которой равна ширине

выработки l , с толщиной слоя h , и шириной $b=0,5$ м, равной шагу установки крепи (рис. 1).

а)



б)

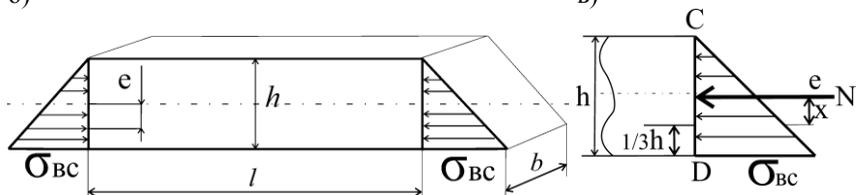


Рис. 1. Расчетная схема для определения смещений верхнего слоя пород почвы: а – схема действующих напряжений на верхний слой почвы в массиве, б – силы действующие на балку, в – напряжение и силы, действующие на торце балки

Основываясь на работе [7] нагрузку, действующую горизонтально вдоль оси, приложенную к торцам балки предполагаем как равнодействующую горизонтальных напряжений $\sigma_{вс}$, действующих на торцах балки, со стороны окружающего массива пород (рис. 1,б).

В торцевых точках С и D (рис. 1,в) балки в зоне выработки, горизонтальные сжимающие напряжения, из-за повышенной концентрации и последующего разрушения пород, падают до нуля, увеличиваясь вглубь массива по закону близкому к линейному, поэтому распределение горизонтальных напряжений на торцах балки принято по линейному закону (рис. 1,в). Горизонтальные напряжения

действующие в нижних точках слоя края выработки принимаем максимальные, т.е. равные пределу прочности пород на одноосное сжатие $\sigma_{вс}=\sigma_{сж}$. Равнодействующая горизонтальных напряжений N приложена с эксцентриситетом $e=h/6$.

Таким образом, расчётную схему слоя пород можно представить как короткую балку с шарнирными опорами на упругом винклеровском основании (рис. 2), нагруженную моментами равными:

$$M = Ne = \frac{1}{2} \sigma_{вс} hb \frac{h}{6} = \frac{\sigma_{вс} bh^2}{12}, \quad (1)$$

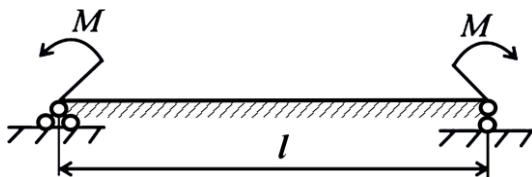


Рис. 2. Расчётная схема балки на упругом основании

При расчете балки используем уравнения прогибов по методу начальных параметров [8]:

$$\begin{aligned} W = & W_0 V_1(\beta x) + \frac{1}{\beta} \varphi_0 V_2(\beta x) + \frac{1}{\beta^2 EI} \varphi_0 V_3(\beta x) + \frac{1}{\beta^3 EI} Q_0 V_4(\beta x) + \\ & + \sum \frac{M_i}{\beta^2 EI} V_3[\beta(x-a)] + \sum \frac{P_i}{\beta^3 EI} V_4[\beta(x-b)] + \\ & + \frac{q}{4\beta^4 EI} \{ [1 - V_1(b(x-c))] - [1 - V_1(b(x-d))] \}, \end{aligned} \quad (2)$$

где W_0 , φ_0 , M_0 , Q_0 , M_i , P_i , q – соответственно прогиб, угол поворота сечения, моменты и силы в начале координат, моменты силы, интенсивность распределённой нагрузки действующей на балку; $(x-a)$; $(x-b)$; $(x-c)$; $(x-d)$ – расстояние от рассматриваемого сечения до точки приложенного момента a , силы b , начала c и конца d распределённой нагрузки; V_1, V_2, V_3, V_4 – функции М.А. Крылова; β – коэффициент:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}, \quad (3)$$

где E – модуль упругости материала балки, Па; I – осевой момент инерции сечения балки, м^4 ; k – коэффициентом винклеровского основания, который характеризует связь между балкой (слоем породы) с нижележащими слоями почвы, по данным натуральных испытаний, может принимать значения от $10\text{-}50 \text{ кг/см}^3$ для разрушенных трещиноватых пород, до $300\text{-}500 \text{ кг/см}^3$ для плотных оснований.

Для определения начальных параметров записывались граничные условия при $x=0, W_0=0, M_0=-M, x=1, W_0=0, M=-M$.

С помощью программного комплекса MathCAD были выполнены расчеты и построены графики прогибов (смещений) в зависимости от: прочности и толщины верхнего слоя почвы, ширины выработки, значений коэффициента винклеровского основания. Так например, на рисунке 3 показаны эпюры прогибов (смещений) в зависимости от ширины выработки.

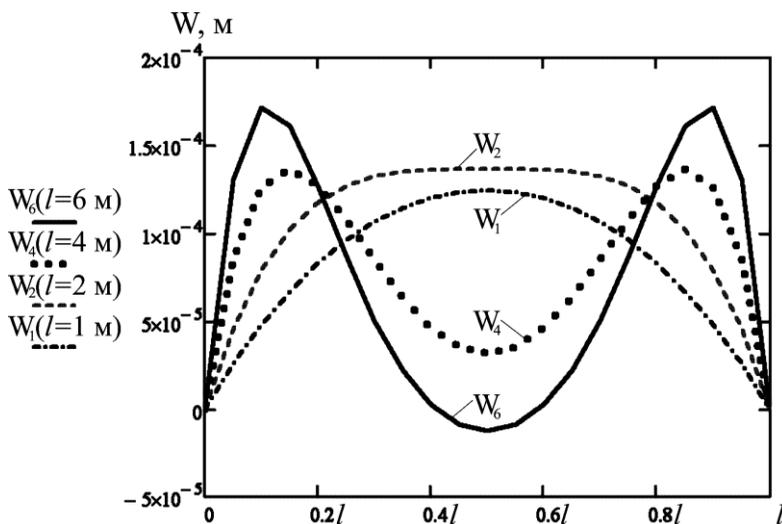


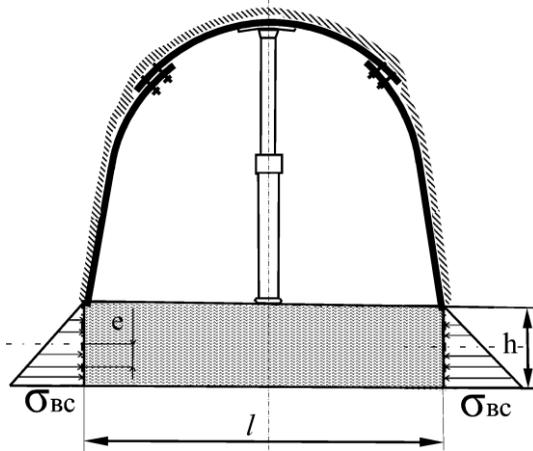
Рис. 3. Значения прогибов балки W по ширине выработки в зависимости от ее ширины W_1, W_2, W_4, W_6 – соответственно при l равной 1, 2, 4, 6 метров

С целью обеспечения устойчивости пород почвы предлагается установить стойку непосредственно на верхний слой почвы, как показано на рисунке 4,а, тогда в принятой нами расчетной схеме (рис. 2) необходимо, учитывать силу P , действующую от стойки на верхний

слой почвы, равной критической силе, определяемой по формуле Эйлера для шарнирно закреплённого стержня, с учетом изменения длины стойки при смещении ее элементов в соединяющихся замках.

Расчетная схема породной балки показана на рисунке 4,б.

а)



б)

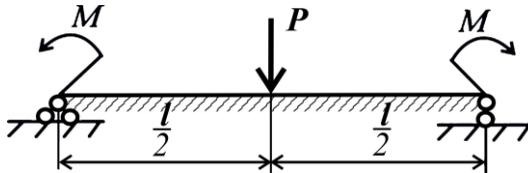


Рис. 4. Расчетная схема для определения смещений верхнего слоя пород почвы с учетом: а – установки стойки в выработке, б – балки на упругом основании с силовым воздействием P

В этом случае уравнение прогибов (смещений) для заданной балки будет иметь вид:

$$W = W_0 V_1(\beta x) + \frac{1}{\beta} \varphi_0 V_2(\beta x) + \frac{M_0}{\beta^2 EI} V_3(\beta x) + \frac{1}{\beta^3 EI} Q_0 V_4(\beta x) - \sum \frac{P_i}{\beta^3 EI} V_3 \left[\beta \left(x - \frac{l}{2} \right) \right] \quad (4)$$

Граничные условия будут такие же, как и в предыдущей схеме. В качестве длины балки принимался размер ширины выработки равный $l=4$ м, балка с пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж}=60$ МПа с толщиной $h=0,4$ м. Результаты расчетов представлены на рисунке 5.

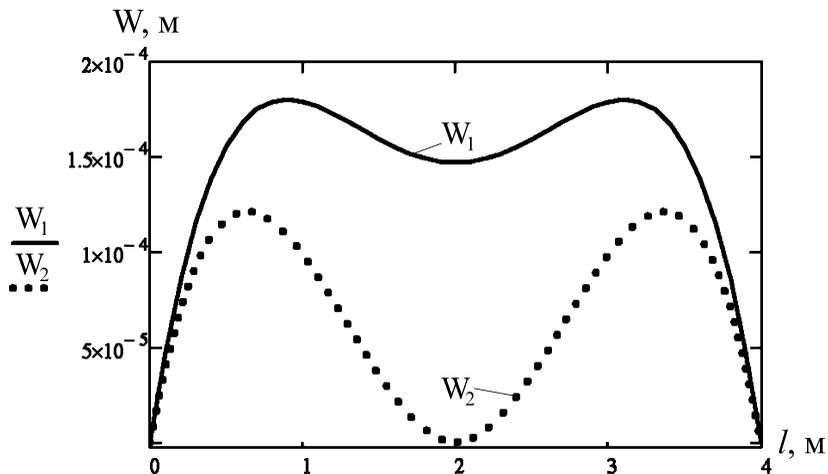


Рис. 5. Значения прогибов балки (смещений верхнего слоя почвы) по ширине выработки W_1 и W_2 с учетом установки стойки

На рисунке 5 представлены графики прогибов балки (смещений верхнего слоя почвы) по ширине выработки W_1 и W_2 при силовом воздействии посредством стойки. Как видно из графиков силовое воздействие значительно уменьшает смещение пород почвы. Предлагаемые мероприятия теоритически позволяют уменьшить смещения пород почвы.

Библиографический список

1. Литвинский Г.Г. Механизм пучения пород почвы подготовительных выработок / Г. Г. Литвинский // Уголь. – 1987. – №2. – С. 15-17.
2. Касьян Н. Н. Механизм пучения почвы горных выработок в условиях хрупкого разрушения пород / Н.Н. Касьян, А.И. Костоманов, О.К. Мороз // Изв. вузов. Горный журнал. – 1996.– №1.– С. 4-8.

3. Роечко А.Н. Новый подход к исследованию явления пучения пород для обоснования мер борьбы с ним // Уголь Украины. – 1997. – №2-3. – С. 20-22.

4. Шашенко А. Н. Оценка устойчивости пород почвы горных выработок [Текст] / А. Н. Шашенко, А.В. Солодянкин // Проблеми гірського тиску. Зб. наук. праць. / під заг. ред. О. А. Мінаєва. – Донецьк, ДонНТУ, 2004. – Вип. 14. – С. 67 – 72.

5. Гурдус А.В. Изучение причин вспучивания горных пород каменноугольной формации Донбасса и меры борьбы с этим явлением. – Харьков:ГОНТИ. – 1933.–76 с.

6. Комиссаров М.А. Некоторые вопросы поддержания подготовительных выработок в условиях пологих пластов Донбасса // Вопросы охраны и крепление горных выработок. ДонУГИ. – Сб. № 41. – М.: «Недра», 1968.– С. 3-25.

7. Литвинский Г.Г. Особенности и закономерности пучения слоистых пород почвы горных выработок / Г.Г. Литвинский, Э.В.Фесенко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. 61. – С. 101-110.

8. Сопроотивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Учебник под ред. Г. С. Варданяна – М.: «АСВ», 1995. – 568 с.