

УДК 622.834(477.6)

*Канд. техн. наук, доц., академик МАНЭБ Ларченко В. Г.
канд. техн. наук, проф. Короткова С. Е.
аспирант каф. МГ и Г Тишенкова Е. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ТОЛЩИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПОДРАБОТКЕ

Наведені результати теоретичних досліджень: алгоритм і математична модель розрахунку зсуву п'ятишарової товщі гірських порід у напрямку, перпендикулярному лінії очисного вибою, які описують зсув та деформації товщі над очисною виробкою.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Исследования напряженно - деформированного состояния пород вокруг горных выработок и определения давления горных пород является одной из основных задач горного дела. Сложность задачи объясняется разнообразием физико-механических и структурных свойств пород массива, условиями проведения и эксплуатации горных выработок. Поэтому ясна сложность выбора алгоритма, расчетной схемы и механической модели работы массива.

В настоящее время вполне очевидным являются сдвигения и деформации подработанного массива в виде последовательного прогиба отдельных слоев, что дает возможность при расчетах сдвижений и деформаций использовать известные методы расчета плит или балок. Но такое решение должно учитывать возникновение бокового распора при прогибе слоев, который должен препятствовать возможности сдвижений по плоскостям напластований при наклонном и крутом залегании пластов. Однако в определенных условиях такие сдвигения возможны и создают наиболее опасные деформации земной поверхности и подрабатываемых сооружений.

Поэтому исследования геомеханической сущности условий сдвижений и деформаций горных пород по напластованию с одновременным решением практических задач в конкретных горно-геологических условиях являются актуальными при первичной подработке земной поверхности.

Анализ исследований и публикаций. Расчетная схема механической модели горных пород с круглой горизонтальной выработкой рассматривалась впервые А.Н. Динником, Г.Н. Савиным, Б.Г. Моргалевским [1]. Реальный горный массив моделировался невесомой средой, для которой на бесконечности заданы значения $\gamma \cdot h$. Задача решалась для сплошной, упругой, однородной среды методами теории функции комплексного переменного.

Такой подход применим в случае, когда сначала в невесомом и ненагруженном массиве “образуется” выработка, а затем происходит нагружение массива пород гравитационными силами. В действительности горная выработка проводится в ранее нагруженном массиве, деформации которого от воздействия гравитационных сил уже произошли.

Поэтому возможны два подхода к расчету напряженно - деформируемого состояния породного массива в окрестности горных выработок [2]. Первый из них включает расчет остающегося поля напряжений и остающегося поля перемещений по схеме А.Н. Динника с последующим вычитанием из поля перемещений компонент природного поля перемещений. При втором подходе сначала определяются компоненты природного поля напряжений, а затем по компенсирующей нагрузке определяются компоненты временных полей напряжений и перемещений. Необходимо отметить, что приведенные рассуждения относятся к линейно деформируемому однородному массиву.

Постановка задачи. Исследовать напряженно-деформированное состояние массива горных пород над очистной выработкой, состоящего из двух различных слоев пород (четвертичных отложений и каменноугольной толщи), разбитых на пять слоев, параллельных кровле пласта, а также разработать алгоритм и выполнить расчет сдвижений и деформаций массива горных пород.

Изложение материала и его результаты. Для расчета сдвижений и деформаций пород нами принята область над выработкой в зоне плавного прогиба, состоящая из двух различных слоев, параллельных кровле пласта, и слоев, залегающих в почве очистной выработки. Деформации пород почвы в настоящей статье не рассматриваются. Для исследования напряженно-деформированного состояния вышележащей толщи в первом приближении считаются справедливыми гипотезы, используемые в теории изгиба балок.

Внутренние усилия в слоях приводятся к изгибающим моментам, поперечным и продольным силам. Между слоями действуют нормальные и касательные напряжения, которые выражаются через усилия в слоях при помощи уравнений равновесия. Уравнения совместности деформаций различных слоев получаем, используя гипотезы, аналогичные принятым в работе [3].

Эти гипотезы в применении к изучению напряженно — деформированного состояния в окрестности горных выработок формулируем следующим образом. Первая гипотеза: разность прогибов двух соседних слоев компенсируется растяжением или сжатием в поперечном направлении этих слоев. Это можно записать так

$$y_i - y_{i+1} = \frac{3}{8} \left(\frac{h_i}{E_i} + \frac{h_{i+1}}{E_{i+1}} \right) \sigma_{yi} \quad (1)$$

Здесь обозначено h_i и h_{i+1} - мощности рассматриваемых смежных слоев; E_i и E_{i+1} - модули продольной упругости этих слоев; σ_{yi} - отрывающее напряжение.

Вторая гипотеза: разность продольных деформаций на стыке двух слоев компенсируется сдвигом прилегающих волокон контактирующих слоев. Или в аналитическом виде

$$\int (\varepsilon_{xi} - \varepsilon_{xi+1}) dx = \frac{1}{3} \left(\frac{h_i}{G_i} + \frac{h_{i+1}}{G_{i+1}} \right) \tau_{xyi} \quad (2)$$

В этом выражении G_i , и G_{i+1} - модули упругости при сдвиге; ε_i и ε_{i+1} - относительные продольные деформации волокон на стыке слоев; τ_{xyi} - сдвигающее напряжение.

Разработка алгоритма расчета сдвижений и деформаций массива горных пород. Толщу пород кровли представим в виде пяти слоев как различных так и одинаковых свойств. Система уравнений будет различной для участков над выработкой и для прилегающих участков. Внутренние усилия в каждом слое приводятся к продольной и поперечной силам, а также к изгибающему моменту. В отличие от ранее принятых расчетных схем весь слой рассматривается как слоистая плита на упругом основании в условиях цилиндрического изгиба. Наблюдается совместная работа массива над выработкой и массива над участками, прилегающими к выработке.

Действие одного слоя на другой сводятся к сдвигающему τ_{xy} и отрывающему σ_y напряжениям.

В ранее проведенных исследованиях [4] в расчетной схеме принималась двухслойная модель массива горных пород, хорошо описывающая качественную картину напряженно-деформированного состояния горных пород вокруг очистной выработки, но еще отличающаяся от результатов натурных наблюдений [5] из-за различия расчетной крепости пород, неучтенных пластических деформаций и ползучести четвертичных отложений. В настоящей работе были продолжены исследования, испытываемые слои пород также представлены слоем глины мощностью 50 метров и слоистого песчаника мощностью 100 метров, однако при

расчете нижний слой песчаника толщиной 30 метров исключался из работы (зона обрушения пород и зона с наличием перпендикулярных напластованию водопроводящих трещин), оставшаяся толща делилась на три одинаковых слоя, а верхний слой четвертичных отложений делился на два слоя. Происходящие явления ползучести были учтены снижением модулей упругости: модуль упругости глинистых отложений снижен в 12 раз, песчаника – в 8 раз, что позволило приблизить результаты расчетов к натурным наблюдениям [5].

По полученным результатам были построены графики оседаний нижнего слоя и поверхности (рис. 1б), а также график горизонтальных деформаций поверхности (рис. 1а), при этом использовались граничные углы и углы полных сдвижений, характерные именно для Западного Донбасса [6, 7].

Выводы и направление дальнейших исследований. Полученные результаты теоретических исследований адекватны результатам натурных наблюдений, что дает уверенность в правильности выбора подхода, алгоритма и методики расчета напряженно-деформируемого состояния, а также сдвижений и деформаций массива горных пород над очистной выработкой в главном сечении мульды сдвижения.

Использование этой методики в дальнейшем позволит установить мощность прочных слоев горных пород, при которой эти породы в состоянии длительное время сдерживать процесс сдвижения, образуя полости расслоения (Вебера), заполняемые газом или водой, которые при образовании трещин могут создавать опасные по взрыву и затоплению условия над очистной выработкой. Также появится возможность уточнить механизм деформации слоев и установить зависимость определяемых параметров процесса сдвижения горных пород от коэффициента крепости слоев подрабатываемой толщи.

Приведены результаты теоретических исследований: алгоритм и математическая модель расчета сдвижений пятислойной толщи горных пород в направлении, перпендикулярном линии очистного забоя, которые описывают сдвижения и деформации над очистной выработкой.

The results of theoretical investigation are presented: algorithm and mathematical model of account five-layer stratum movement in the direction, perpendicular of a line mining face. This model shows massif shifting and deformation, which above the mining.

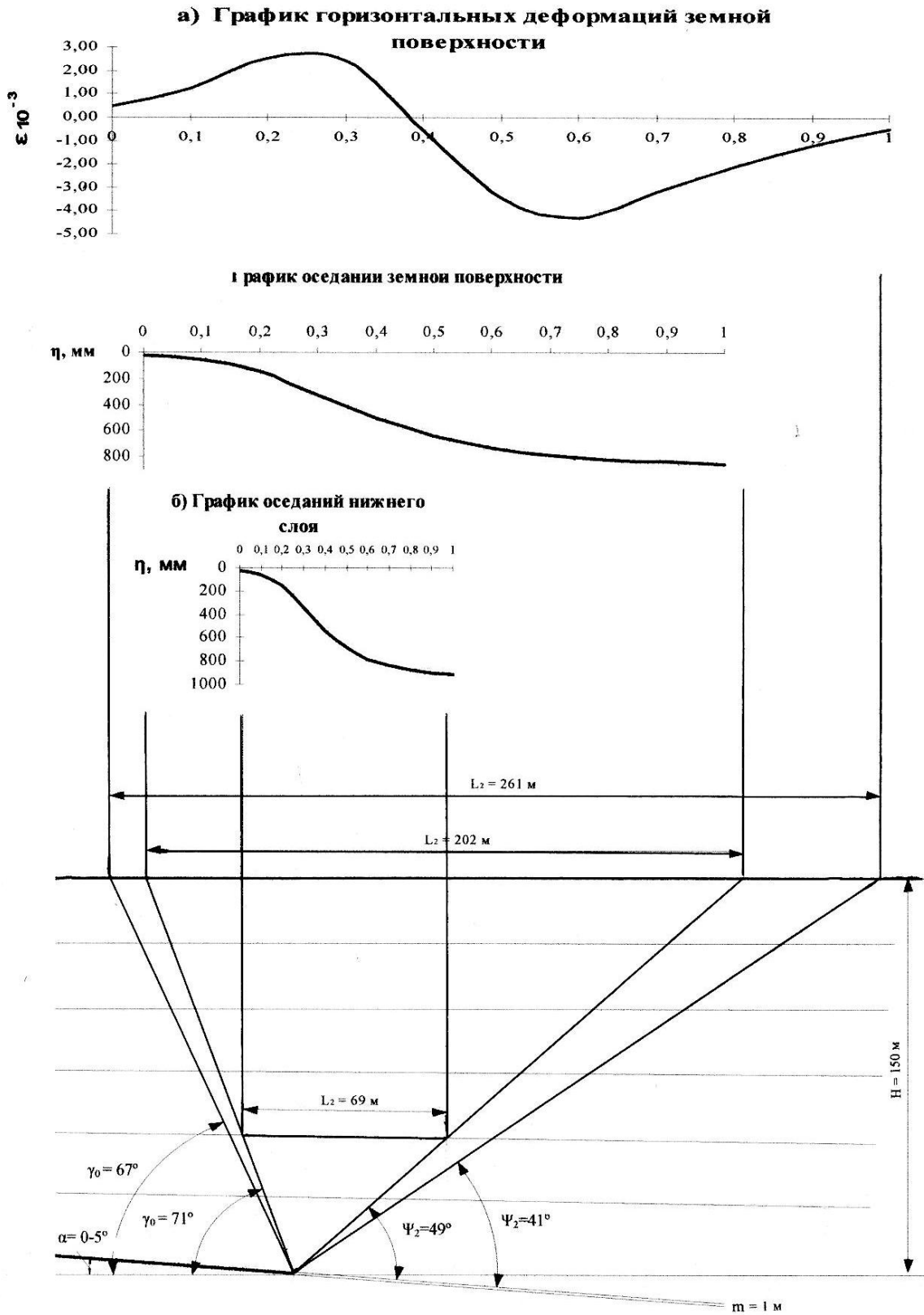


Рисунок 1 – График оседаний и горизонтальных деформаций:
 а) земной поверхности; б) нижнего слоя

Библиографический список.

1. Динник А.Н. *Распределение напряжений вокруг подземной выработки* / А.Н Динник, Г.Н Савин, Б.Г. Моргалевский // *Труды совещания по управлению горным давлением.*- М.: АН СССР, 1938.

2. Ершов Л.Б. *Механика горных пород* / Л.Б Ершов, Л.К. Либерман, И.Б. Нейман.- М.: Недра, 1987.- 192 с.

3. Короткова С.Е. *Особенности постановки задачи концентрации напряжений в клевом соединении с жестким швом дифференциально-разностным методом* / С.Е. Короткова // *Сопротивление материалов и теория сооружений.*- Киев: КНУБА, 2000.- Вып. 67.- С.104-110.

4. Ларченко В.Г. *Расчет напряжений и деформаций толщи горных пород, покрытых мощными четвертичными отложениями* / В.Г. Ларченко, С.Е. Короткова // *Сборник научных трудов ДонГТУ.*- Алчевск: ДонГТУ, 2005.- Вып. 20.-С. 139-150.

5. Ларченко В.Г. *Влияние подземной разработки угольных пластов на состояние земной поверхности* / В.Г.Ларченко // *Вестник МАНЭБ - Санкт-Петербург*, 1998.- № 4(12).- С. 39-41.

6. Ларченко В.Г. *Вертикальные сдвигения и деформации горных пород над движущимся очистным забоем* / В.Г. Ларченко, И.Г Лисица // *Известия вузов. Горный журнал.*- 1984.-№ 4.- С. 6-8.

7. Ларченко В.Г. *Закономерности горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности над движущимся очистным забоем* / В.Г. Ларченко // *Разработка месторождений полезных ископаемых: респ. межвед. техн. сб.*- Киев: Техника, 1984.- Вып. 79.- С. 67-73.