

ГЕОМЕХАНІЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 622.002.2: 624.131

БАЧУРИН Л. Л., ЛЯШОК Я. А., к.т.н. (КИИ ДонНТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОД НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ КРОВЛИ В ОКРЕСТНОСТЯХ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Викладено результати дослідження однієї з причин руйнування нижнього шару порід покрівлі у привибійному просторі комплексно-механізованих очисних вибоїв, що здійснюють відробку пластів в умовах важкообвалюваних порід із управлінням покрівлею повним обваленням.

В исследовании [1] для определения уровня напряжений и характера их распределения в породах кровли призабойного пространства была применена достаточно распространенная модель балки-стенки, анализ которой сводится к решению бигармонического уравнения [2]:

$$\frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} = 0, \quad (1)$$

где ϕ — функция, через которую выражаются нормальные (σ_x), растягивающие (σ_y) и касательные (τ_{xy}) напряжения. Их значения равны:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \phi}{\partial x \partial y}, \quad (2)$$

Уравнение (1) можно решать в полиномах, но подобрать их значения бывает очень сложно. В конкретном примере задача была решена методом конечных разностей (методом сеток). При этом исследуемая область разбивается с помощью квадратной или прямоугольной сетки, а производные в уравнениях (1) и (2) заменяются их конечно-разностными выражениями, которые легко получить с помощью рядов Тейлора [2]. Точность решения повышается с уменьшением шага сетки.

Задача решалась для следующих исходных данных: глубина работ $H = 1100$ м, мощность основной кровли – 30 м, непосредственной – 2,2 м, угольного пласта – 1,8 м. Характеристики пород приведены в таблице:

	Модуль упругости E , ГПа	Кoeff. Пуассона ν	Объемная масса γ , т/м ³	Кoeff. сцепления C , МПа	Угол внутр. трения ϕ , ...°
Основная кровля – песчаник	38,4	0,16	2,4	21	33
Непосредственная кровля – аргиллит	29,4	0,2	2,64	9	28
Угольный пласт	18	0,27	1,48	7	35

Расчетная схема приведена на рис. 1. Балка-стенка опирается на перекрытие секций мехкрепи и краевую часть угольного пласта; породы непосредственной кровли пригружены нагрузкой q , распределенной в форме треугольника и уменьшающейся в

направлении от груди забоя лавы в сторону выработанного пространства. Такой характер пригрузки обусловлен тем, что оседающие породы основной кровли в месте своего защемления имеют самый большой уровень напряжений (это прилегающая часть пласта и бесстоечное призабойное пространство). При решении задачи область балки-стенки была разбита квадратной сеткой с шагом $h_z = h_y = 0,55$ м.

Детальные результаты и их анализ приведены в работе [1]. Отметим отдельно один из ключевых показателей – распределение горизонтальных напряжений в слое пород непосредственной кровли – на основании анализа которого был сделан вывод о возможных причинах вывалообразования в комплексно-механизированных лавах, отрабатывающих выемочные столбы с полным обрушением кровли. В частности, расчет показал, что над бесстоечным призабойным пространством в нижнем слое непосредственной кровли возникает зона растягивающих напряжений в плоскости напластования, наличие которой после прохождения забоя через зону сжатия над призабойной частью пласта способствует увеличению вывалообразования.

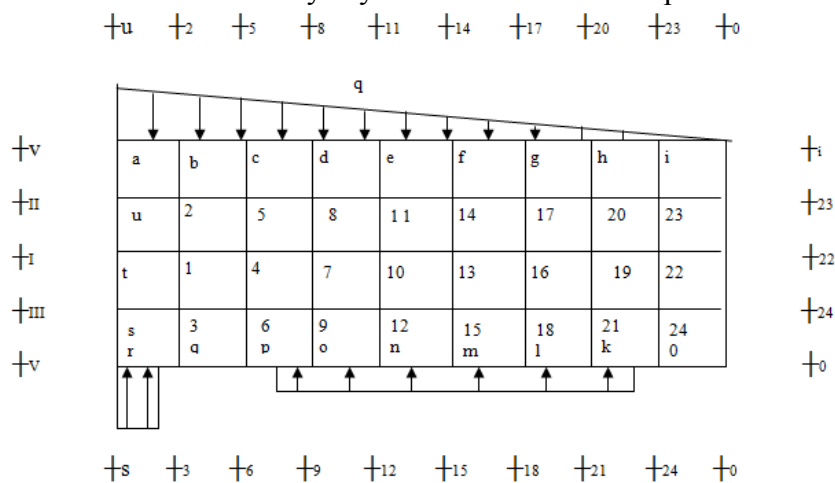


Рис. 1. Расчетная схема балки-стенки пород непосредственной кровли при их полном обрушении.

Позднее, с целью уточнения и проверки результатов, данная задача была решена методом конечных элементов в упругопластической постановке с разупрочнением на запредельной стадии деформирования (алгоритм согласно рекомендациям [3]; использовано кусочно-линейное представление деформационной характеристики пород).

При решении задачи методом конечных элементов сплошное тело, объем которого равен V , разбивается на элементы (рис. 2).

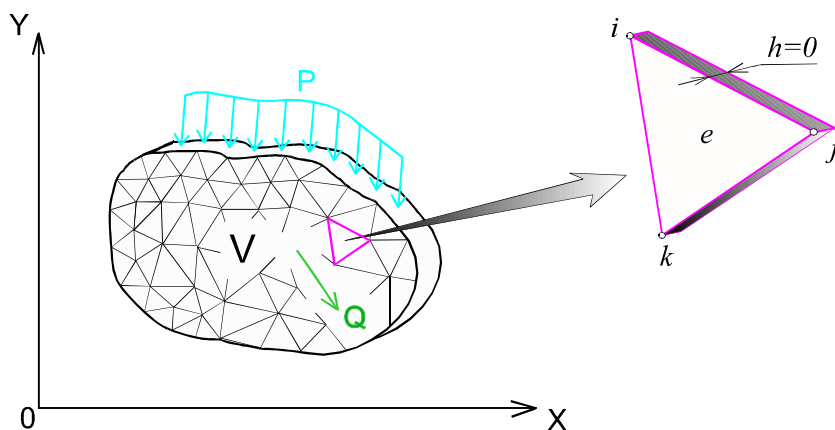


Рис. 2. Принципиальная схема конечно-элементного разбиения сплошного тела.

Пусть на границе заданы поверхностные силы P и на тело действуют объемные силы Q . На основе принципа минимума потенциальной энергии поле перемещений узлов конечно-элементной сети, удовлетворяющее уравнениям равновесия и совместности для двумерной задачи упругости, минимизирует функционал, заданный уравнением

$$\chi = \int_V \frac{1}{2} \{\varepsilon\}^T \{Q\} dV - \int_V \{\delta\}^T \{Q\} dV - \int_S \{\delta\}^T \{P\} dS, \quad (3)$$

где векторы деформации ε и напряжений σ определяются матрицами

$$\{\varepsilon\} = \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}, \quad \{\sigma\} = \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

а на объем V и внешнюю поверхность S действуют соответствующие силы

$$\{Q\} = \begin{bmatrix} q_x \\ q_y \end{bmatrix}, \quad \{P\} = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \end{bmatrix},$$

$\{\delta\} = \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$ - вектор узловых перемещений.

Потенциальная энергия деформации тела также определяется перемещениями, или

$$\int_V \frac{1}{2} \{\varepsilon\}^T \{\sigma\} dV = \int_V \frac{1}{2} \{\delta\}^T [K_c] \{\delta\} dV,$$

где $[K_c]$ - квадратная матрица жёсткости системы размерности $f \cdot n$ (f - показатель степени свободы для узлов элементов, при двумерной задаче $f = 2$, трехмерной $f = 3$, n - количество элементов).

Из (3) и (4) можно получить:

$$[K_c] \{\delta\} = \{F\}, \quad (5)$$

где $\{\delta\}$ - вектор узловых перемещений, $\{F\}$ - вектор узловых сил. Это есть основное матричное уравнение МКЭ. Компоненты матрицы жесткости определяются координатами узлов элементов и их упругими характеристиками: модулем упругости и коэффициентом Пуассона. Поэтому достаточным условием является определенность вектора нагрузки (узловых сил) или вектора смешанных сил, либо смешанные, взаимно уравновешивающие условия [4, 5].

Предел прочности проверялся по условию Кулона-Мора. Упругопластическое решение достигнуто методом начальных напряжений с постоянной матрицей жесткости системы. Остаточная прочность пород принималась на уровне 10% от начальной.

Задача решалась в упругой постановке (алгоритм согласно рекомендациям [3]). При этом, в отличие от вышеописанного решения, в расчёт был включён слой основной кровли, пригруженный вышележащими породами в месте защемления, а также расширена расчётная схема вглубь массива впереди очистного забоя (рис. 3):

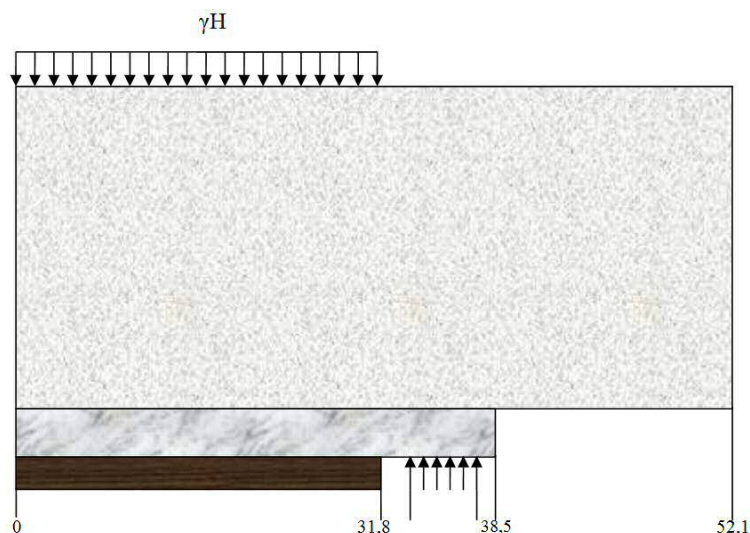


Рис. 3 – Расчётная схема для решения МКЭ.

Для конечно-элементной дискретизации использованы прямоугольные изопараметрические элементы серендипова семейства [4] с квадратичной аппроксимацией перемещений. Расчетная область разбивалась на 89 элементов. В расчетах учитывался собственный вес пород, а нагрузки от вышележащих слоёв породного массива, как и отпор крепи, учитывались в виде распределенных по площади нагрузок, приведённых к узловым силам.

Полученные при расчёте значения напряжений и деформаций для сглаживания распределены по узлам, принадлежащим этим элементам. Результаты представлены в виде эпюр и изолиний для области массива вблизи очистного забоя (рис. 4—7).

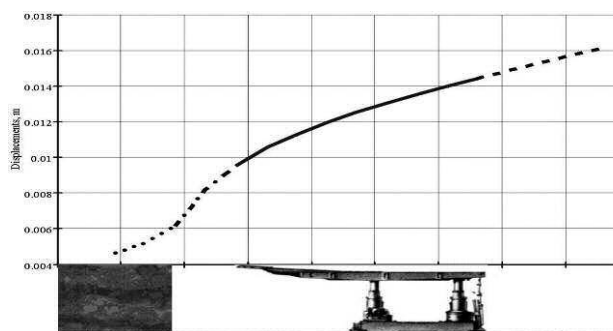


Рис. 4 – Смещения пород кровли над призабойным пространством лавы (м)

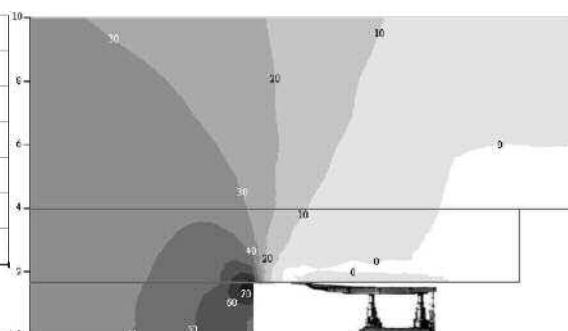


Рис. 5 – Поле вертикальных напряжений (МПа)

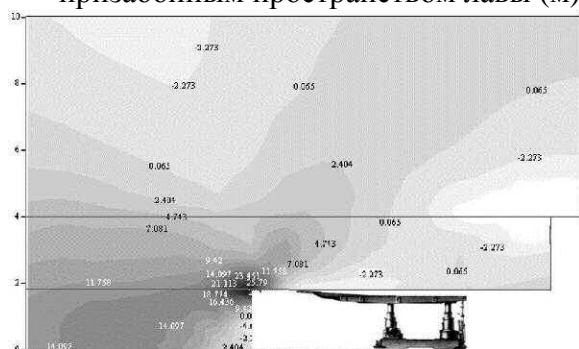


Рис. 6 – Поле горизонтальных напряжений (МПа)

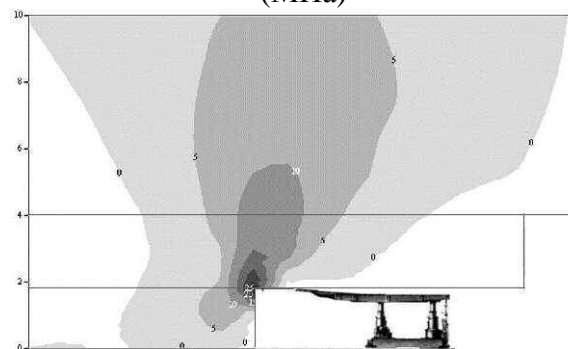


Рис. 7 – Поле касательных напряжений (МПа)

Анализ распределения напряжений показал, что характер изменения растягивающих напряжений соответствует вышеописанному, однако сама зона растягивающих напряжений в нижнем слое непосредственной кровли (от 0,5 до 1 м толщиной), ориентированных в плоскости напластования, располагается над консолью секции механизированной крепи. Объясняется это (для данных условий) тем, что вследствие большего шага обрушения мощного слоя основной кровли, пригрузка ею непосредственной кровли осуществляется преимущественно вблизи участка заземления. Конечный же участок необрушенного слоя непосредственной кровли смещается под действием собственного веса, встречая отпор механизированной крепи.

Таким образом, при отработке пластов в условиях труднообрушаемых кровель нижний слой непосредственной кровли подвергается последовательному воздействию сжимающих, а затем – растягивающих напряжений, что способствует отслоению пород в незакрепленной зоне призабойного пространства, что подтверждает выводы [1].

Библиографический список:

1. Ляшок Я. А. Разработка способа предотвращения вывалов пород кровли в лавах пологих пластов при выемке угля механизированными комплексами: Дис... канд. техн. наук: 05.15.02. – Донецк, 2000. – 135 с.
2. Соппротивление материалов с основами теории упругости, под ред. Г. С. Варданяна – М., Издательство АСВ, 1995. – 568 с.
3. Фадеев А. Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
5. Ержанов Ж. С., Каримбаев Т. Д. Метод конечных элементов в задачах механики горных пород. – Алма-Ата: Наука, 1975. – 240 с.

УДК 622.861: 614.8-05

БАЧУРИНА Я. П.; АНДРЕЙКО Р. В., студ. (КП ДонНТУ)

СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ПРИЧИНИ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ

У статті коротко розглянуті соціально-психологічні причини та шляхи зниження виробничого травматизму

На ефективність діяльності людини впливає комплекс психологічних, фізіологічних, антропометричних та гігієнічних факторів, що визначаються відповідними параметрами машин і середовища. Під психологічними і фізіологічними факторами розуміється дія конструктивних, експлуатаційних та інших характеристик виробничого середовища та обладнання на психічні процеси людини і на функціональний стан його організму. Діяльність людини суттєво залежить від ступеня її напруги та стомлення, а також від мотивації, зацікавленості та задоволеності працею.

Робочий стан вимагає від персоналу високого рівня знань, навичок, а також наявності декількох особистісних якостей, з яких деякі більш-менш легко підлягають цільовому вихованню, а інші є більш стійкими і практично не змінюються під впливом життєвого досвіду людини. До рис першого типу відносяться морально-характерологічні якості особистості – працелюбність, цілеспрямованість, почуття обов'язку, відповідальності, рішучість, мужність, наполегливість та ін.

До рис другого типу – емоційна врівноваженість, витриманість, вміння зосередитися, психічна стійкість. Всі ці якості грають визначну, а іноді і вирішальну