© В.А. Матвеев, А.В. Матвеев, 2006

УДК 622.23; 622.831

*В.А. Матвеев, А.В. Матвеев*

# *ХАРАКТЕР “СВОДООБРАЗОВАНИЯ” В СЛОИСТОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ*

**Семинар № 15**

Гипотеза образования области обрушенных пород над выработкой или выработанным пространством, граница которой имеет сводчатую форму, известна с конца 19-го столетия. К ней обращаются многие авторы работ по геомеханике и в последние годы, поскольку она базируется на реальных наблюдениях в натурных условиях и на физических моделях. В современном толковании она представляется в форме арочной поверхности в массиве горных пород, которая воспринимает на себя нагрузки от вышележащей толщи пород, а максимальная нагрузка на крепь или почву выработки определяется весом пород внутри свода.

Существует несколько теоретических интерпретаций гипотезы свода, из которых наиболее известны разработанные В. Риттером (1879 г.) и М.М. Протодьяконовым (1930). Все известные теоретические разработки выполнены применительно к однородному сплошному массиву и в своей основе имеют выполнение условий равновесия между силами тяжести пород и внутренними силами в массиве, зависящими от уровня сцепления и внутреннего трения, для которых вводятся гипотетические формы определения. При этом были получены результаты, в которых форма свода, как правило, определялась параболой с различными параметрами.

Для массива горных пород, представленного слоистой структурой, работ по теоретическому исследованию характера их обрушения над выработкой или выработанным пространством в известной литературе до последнего времени не было.

В работе [1] нами была предпринята попытка исследовать процесс обрушения слоистой кровли над выработанным пространством на базе гипотезы разрушения плит, поскольку такой подход характеризуется близким соответствием хорошо разработанной математической модели деформации плит реальной физической картине и не требует введения каких-либо мало обоснованных гипотез в силовые схемы.

В результате этой работы были получены теоретическое обоснование наклонного положения границы обрушения слоистого массива в вертикальной плоскости и метод определения смещения линии излома от точки заделки последовательно вверх от слоя к слою.

Вывод о формировании таких наклонных поверхностей обрушения слоистой кровли свидетельствует о том, что в этих условиях образуется область обрушения пород по форме напоминающая свод, хотя это название следует считать условным.

В настоящей работе представлены некоторые качественные зависимости форм и параметров границ “свода” от

исходных условий на основе реализации компьютерной программы математической модели этого явления.

Определение величины смещения $S$ точек излома слоя относительно теоретической точки его защемления производится путем нахождения вещественного положительного корня $x_1$ уравнения

$$x^4 - 2вx^3 + в^2 x = k_\sigma h^3 m, \qquad (1)$$

где *в* - ширина свободного пролета рассматриваемого слоя; *h* - мощность слоя; *m* - глубина расположения слоя от поверхности:

$m = H - y$,

где *H* - глубина расположения нулевого уровня выработанного прос-транства; *y* - высота расположения рассматриваемого слоя от нулевого уровня; $k_\sigma$ – коэффициент концентрации напряжений у места заделки рассматриваемого слоя.

Коэффициент концентрации напряжений меняется в зависимости от положения слоя по отношению к нулевому уровню и относительной величины его свободного пролета.

В результате обработки и анализа известных данных о величинах коэффициента концентрации напряжений определены основные факторы влияния на его величину: фактор положения рассматриваемого слоя по высоте по отношению к максимальной глубине положения области выработанного пространства (нулевому уровню) – $z = m / H$ и фактор относительной величины свободного пролета на его уровне – $r = в / m$.

Коэффициент концентрации $k_\sigma$ аппроксимируется в форме произведения двух экспоненциальных функций указанных аргументов:

$$k_\sigma \approx \left(6.5 - 5.5e^{-z}\right)\left(1.1 - 0.7e^{-r}\right) \qquad (2)$$

В диапазонах значений $z$ = 0.1...1 и $r$ = 0.3...3 приведенная формула дает приемлемые средние величины $k_\sigma$ для условий слоистого массива пород каменноугольной формации.

Определение элементов формы области обрушения пород слоистой кровли над выработанным пространством производится путем последовательного расчета параметров образующихся свободных пролетов и величин смещений $S$ точек излома по слоям снизу вверх до уровня, когда образующийся пролет слоя уже не приводит к его самообрушению.

Ниже приводятся основные формулы для определения необходимых параметров процесса обрушения слоев.

Максимальная мощность слоя, способного к самообрушению в пределах обнажения прямоугольной формы

$$h_{i\,\max} < \qquad (3)$$

$$< 2\gamma d_i^4 \left(\sqrt{1 + 3\left(a / 2 / d_i\right)^2} - 1\right)^2 / \sigma_{вр} / a^2 .$$

Используется определения верхнего уровня образующегося “свода” обрушения по условию $h_{i\,\max} \le h_{i\,зад}$, где $h_{i\,зад}$ – заданная мощность слоя по условию.

Величина смещения точки излома слоя относительно точки заделки

$$s_i = x_{1i} = \left(в_i - \sqrt{в_i^2} - 4 \cdot \sqrt{N_i}\right) / 2$$

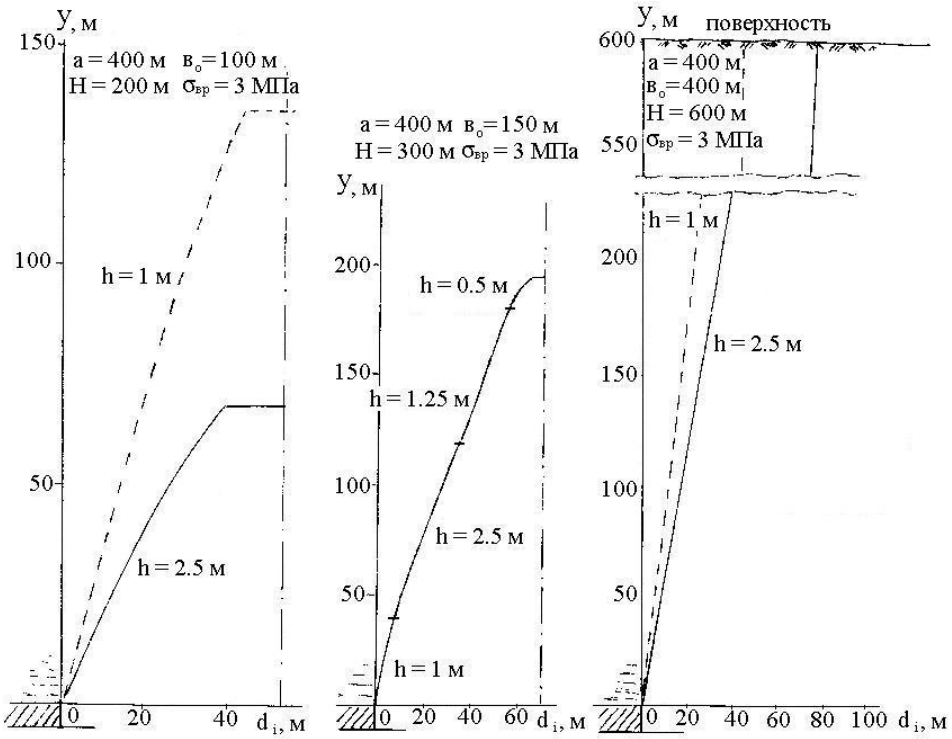
(4)

- решение уравнения (1) – нахождение вещественного корня $x_i$, для слоя $i$;

$$x_i = x_{i-1} + s_i; \quad y_i = y_{i-1} + h_i;$$

$$d_i = d_{i-1} - s_i; \quad m_i = H - y_i .$$

Здесь *a* – большая сторона прямоугольного обнажения [1]; *в* – меньшая сторона прямоугольного обнажения; $d = в / 2$ – полупролет обнажения вдоль меньшей стороны; $N_i = k_{\sigma\,i} h_i m_i$ – свободный член уравнения (1).




***Графики зависимости полупролета обрушающегося слоя*** $d_i = в_i / 2$ ***от высоты его положения у относительно нулевого уровня выработанного пространства***

Были выполнены расчеты для ряда различных сочетаний характеристик слоистого массива: глубины расположения нулевого слоя *H,* величины полупролета обнажения на этом уровне $d$, мощности слоев $h$ и размера большей стороны обнажения *a*.

На рисунке в качестве примеров показаны расчетные формы границ области обрушения при трех вариантах условий, значения которых указаны на рисунке. Изображается одна из двух сторон “сводов” обрушения вследствие их симметрии.

Анализ результатов расчетов позволяет сделать следующие выводы:

1. Образование области обрушения слоистого массива над выработанным пространством в форме “свода” является частным случаем формирования наклонных поверхностей обрушения слоев, когда они смыкаются на уровне слоя-моста без выхода на поверхность.

2. Угол наклона участков поверхностей обрушения в наибольшей степени зависит от мощностей слагающих слоев: их крутизна, а также максимальная высота образующегося “свода” увеличиваются с уменьшением толщины слоев. Указанные параметры также увеличиваются с уменьшением глубин расположения базового пролета на нулевом уровне.

3. Расчеты параметров обрушения по предложенной схеме не могут служить базой для определения нагрузок

на крепь от веса пород внутри “свода”, если она устанавливается в пространстве на уровне нулевого слоя, поскольку в этой схеме рассматривается свободное обрушение всех слоев. Сопротивление крепи вносит существенные изменения в условия заделки слоев и, следовательно, в уравнения изогнутых осей слоев.

4. Предложенная схема определения положения и формы границ обрушения слоистого массива над выработанным пространством может быть использована при формировании математических моделей динамики проявлений горного давления в очистных забоях и деформаций земной поверхности в результате отработки пластового месторождения.

## *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. *Матвеев В.А., Матвеев А.В.* Развитие процесса обрушения слоистой кровли над выработанным пространством очистного забоя пластового месторождения. ГИАБ № 4, 2005 г. М. с. 190-196.

## *Коротко об авторах*

*Матвеев Валентин Александрович* – доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ,
*Матвеев Александр Валентинович* – ведущий инженер,

Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного техничес-кого университета (ЮРГТУ).

## Д И С С Е Р Т А Ц И И

***ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ***

| *Автор* | *Название работы* | *Специальность* | *Ученая степень* |
|---|---|---|---|
| **ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ** | | | |
| ЛУКЬЯНОВА Галина Викторовна | Выбор рациональных вариантов проходческих погрузочно-транспортных модулей на основе моделирования рабочих процессов с учетом случайного характера внешних воздействий | 05.05.06 | к.т.н. |