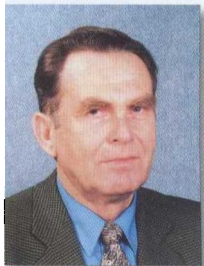


Разработка модели проявления опорного давления в массиве горных пород лавы №1382 по пласту «Байкаимский», в зоне взаимовлияния очистного забоя и конвейерного и путевого уклонов №31



ХАРИТОНОВ Игорь Леонидович

Главный инженер шахты
«Полысаевская» ОАО «СУЭК-Кузбасс»,
соискатель кафедры РМПИ ПС
КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева
г. Ленинск-Кузнецкий, Россия,
e-mail: kharitonovil@suek.ru



РЕМЕЗОВ

Анатолий Владимирович

Доктор техн. наук,
профессор кафедры РМПИ ПС
КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово, Россия,
e-mail: slv5656@mail.ru



НОВОСЕЛОВ

Сергей Вениаминович

Канд. экон. наук, академик МАНЭБ
г. Кемерово, Россия



КОЧКИН Роман Олегович

Студент КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово, Россия

Приведены основы разработки геомеханической модели проявления опорного давления в массиве горных пород по пласту «Байкаимский» лавы №1382, и №1384 в зоне взаимовлияния очистного забоя и ранее пройденных выработок (конвейерного и путевого уклонов №31, демонстрационной камеры). Рассчитаны параметры максимума опорного давления в сложных зонах.

Ключевые слова: геомеханическая модель, расчетная схема, математическое описание, максимум опорного давления.

Наибольший интерес для практиков подземной угледобычи в аспекте изучения вопросов проявления опорного давления являются вопросы его формирования в «сложных зонах», то есть при подвигании забоев на ранее пройденные выработки (группы выработок), находящиеся в условиях взаимовлияния. Авторы выдвигают гипотезу, что в данном случае формируется дополнительный эффект пригрузки, вызванный синергетикой¹ от динамики волн опорного давления впереди очистного забоя и взаимовлияния, ранее пройденных выработок, который проявляется в повышении напряжений в кровле выработок до 2-3 раз. Основываясь на классических теориях о проявлении опорного давления и ранее приведенных исследованиях, разработана схема к расчету параметров опорного давления в массиве горных пород лавы №1382 по пласту «Байкаимский», в зоне взаимовлияния очистного забоя, конвейерного и путевого уклонов №31. Схема учитывает волнообразное проявление опорного давления впереди очистного забоя и взаимовлияния конвейерного и путевого уклонов №31, расположенных друг от друга на расстоянии 22 м (рис 1).

По авторской гипотезе, при подвигании очистного забоя №1382 по пласту «Байкаимский» над уклонами уже образовались своды напряжений по гипотезе В. Риттера — σ_{vk1} и σ_{vk2} , а от подвигания очистного забоя распространялись волны опорного давления в положении 1, 2, 3 соответственно на схеме — $\sigma_{оч\ заб\ 1}$, $\sigma_{оч\ заб\ 2}$, $\sigma_{оч\ заб\ 3}$, согласно источнику [1], а длина (ширина) зон опорного давления $l_{оп\ д} = 74$ м, определена в соответствии с номограммой [1]: для определения ширины зоны опорного давления от глубины разработки (H) и мощности пласта (m). Кроме того, в модели необходим учет сложной зоны — неравномерного распределения нагрузки на крепь от консолей слоев пород кровли (плиты), создающей суммарный изгибающий момент, у которых мощность слоев активной основной кровли [2] составляет 3,3-4 м, что в результате увеличивает амплитуду кривой суммарного опорного давления.

На основании моделей А. Н. Динника [3]:

$$\sigma_z = \gamma H, \quad (1)$$

но с уточнением параметров высоты для активной зоны, определяемой по указаниям ВНИМИ, с учетом давления свода над крепью уклонов модели В. Риттера [4]:

$$P = \frac{l}{48\sigma_{кр\ p}} (l^2\gamma^2 - 48\sigma_{кр\ p}), \quad (2)$$

¹ Синергизм (гр. synergos = действующий вместе) — явление усиления действия. Булыко А. Н. Современный словарь иностранных слов М., 2004. С. 635

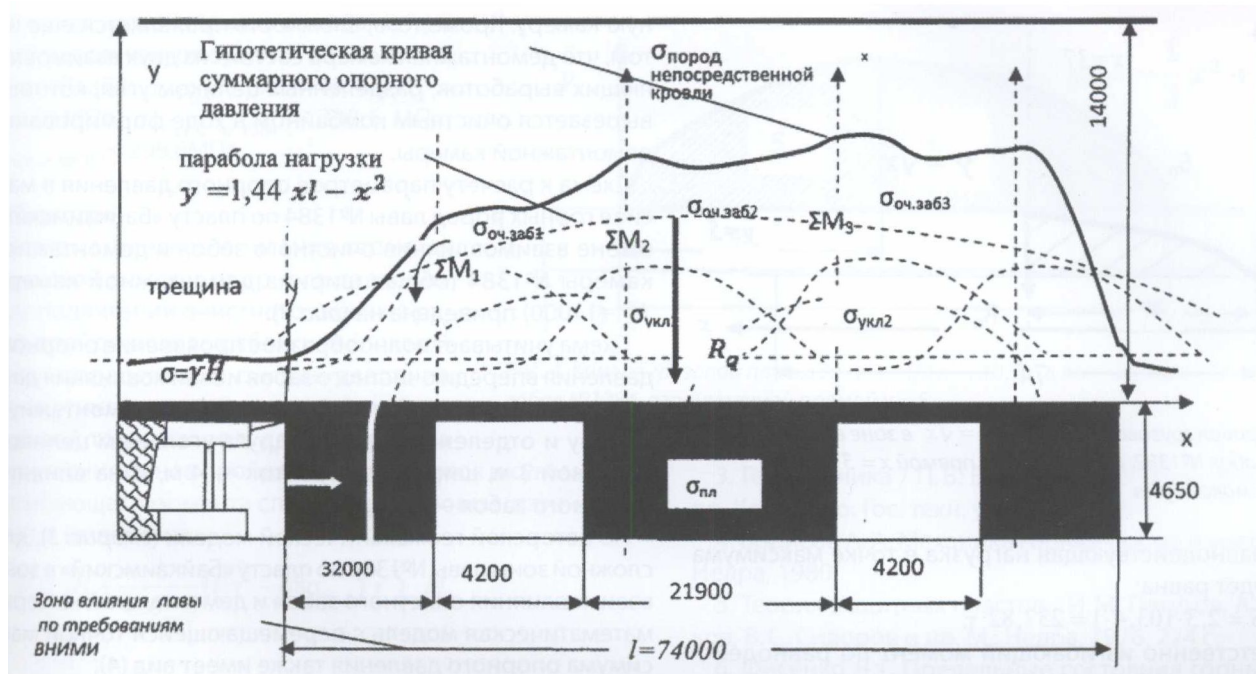


Рис. 1. Схема к расчету параметров опорного давления в массиве горных пород лавы №1382 по пласту «Байкаимский» в зоне взаимовлияния очистного забоя и конвейерного и путевого уклонов №31

и учета опорного давления по утверждению А. А. Борисова [4], что суммарный изгибающий момент слоев пород $\sum M_i$ влияет на пределы изменений максимальной интенсивности опорного давления:

$$q_{\max} > (2-5) \sigma_z, \quad (3)$$

авторы предлагают для расчета опорного давления в сложных зонах математическую модель с перемещающейся точкой максимума опорного давления, при помощи интегрального исчисления равнодействующей нагрузки зависящих плит по эмпирической кривой в виде $y = ax^2 + bx + c$, модель имеет вид:

$$P = \gamma H + \frac{l}{48\sigma_{\text{пл}}}(l^2\gamma^2 - 48\sigma_{\text{пл}}) + \sum_1^n M_i \quad (4)$$

Согласно геологическому прогнозу расчетная величина вертикальных напряжений (σ_z) в кровле очистного забоя №1382 составила 55,55—66,7 МПа.

1. Давления пород покрывающей толщи в зоне уклонов будет равно

$$\sigma_z = \gamma H = 2,3 \cdot 240 = 55,2 \text{ МПа.}$$

2. Давление свода над крепью уклонов №31, с учетом того, что при микротрещиноватости $\sigma_{\text{пл}} = (0,05 - 0,2) R_p$, где: R_p — предел прочности на одноосное растяжение, при микротрещинах $\sigma_{\text{пл}} = (0,01 - 0,1) R_p$, а $\sigma_{\text{пл}} = (0,3 - 0,35) R_{\text{сж}}$ [4], и для однородных пород массивной текстуры $\sigma_{\text{сж}} = (8 - 12) \sigma_p$ [3], то принимаем в нашем случае $\sigma_{\text{сж}} = 40 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{пл}} = (0,01 - 0,40 \text{ МПа}) = 0,4 \text{ МПа}$

$$P = \frac{4,2}{48 \cdot 0,4} (4,22 - 2,32 - 48 \cdot 0,42) =$$

$$= 0,21 \cdot (17,64 - 5,29 - 7,68 = 17,98) \text{ МПа.}$$

3. Из теории известно, что при определении нагрузки в некоторых моделях принимается вес пород, заключенный в площади эллиптического сегмента [5]. В. Риттер определяет, что граница свода имеет форму параболы [6]. В других моделях нагрузка на крепь учитывается по криволинейному контуру, представленному в виде полуэллипса

[7, 8], или напряжения изменяются по закону квадратной гиперболы [9].

Поэтому, на основании исследований по пласту «Байкаимский», авторы пришли к выводу, что у кривых суммарного опорного давления в большинстве случаев наблюдаются параболический характер и неравномерность распределения нагрузки ввиду микротрещин в плитах. Согласно утверждению А. А. Борисова, в ориентировочных расчетах q принимается:

$$q > \gamma \sigma H. \quad (5)$$

Поэтому для сложной зоны взаимовлияния выработок (см. рис. 1), для определения нагрузки принимаем вес пород, заключенный в площади параболы:

$$y = \frac{\gamma}{4\sigma_{\text{пл}}} x(l-x). \quad (6)$$

В нашем случае:

$$y = \frac{2,3}{4 \cdot 0,4} x(l-x) = 1,44 \cdot 2,1 \cdot 4,2 - 2,1^2 = 8,29 \text{ т/м.}$$

Изгибающий момент определится: $M(x) = -\frac{1}{2} q l^2$,

$$M(x) = -\frac{1}{2} 8,29 \cdot 7,4^2 = -30673 \text{ кН·м.}$$

Проведем другой расчет суммарных изгибающих моментов зависящих слоев пород непосредственной кровли в лаве №1382. Изгибающий момент $M(x)$ от неравномерно распределенной нагрузки равен грузовой площади, лежащей по одну сторону от сечения, на расстоянии от центра тяжести этой площади до рассматриваемого сечения (плечо равнодействующей). Площадь для нашего случая, допустим, заключена кривой $y = \sqrt{x}$ (принята из расчета, что активная зона имеет высоту на расстоянии 37 м от забоя, почти равную $\sqrt{37}$) около 6 м, и, следовательно, ограничена прямой $x = 37$ (рис. 2).

По определенному интегралу площадь определится:

$$S = \int_0^{37} (\sqrt{x} - 5) dx = \frac{2}{3} x^{\frac{3}{2}} - 5x \Big|_0^{37} = \frac{2}{3} 37^{\frac{3}{2}} - 5 \cdot 37 =$$

$$= 81,6 - 185 = 100,4 \text{ м}^2.$$

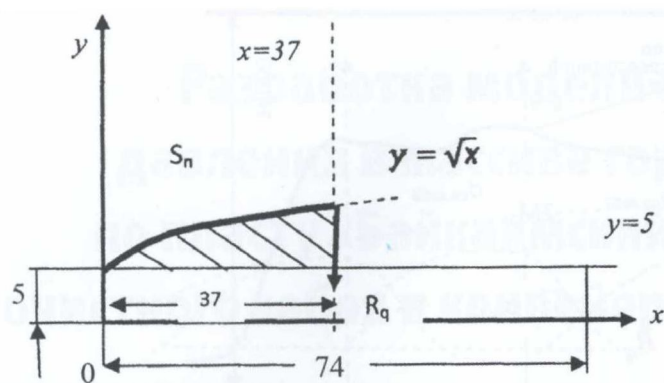


Рис. 2. Кривая грузовой площади $y = \sqrt{x}$ в зоне влияния очистного забоя №1382, ограниченная прямой $x = 37$ и $y = 5$ в точке максимума

Тогда равнодействующая нагрузка в точке максимума $x = l/2$ будет равна:

$$R_q = \gamma S = 2,3 \cdot 103,4 \cdot 1 = 237,82 \text{ т.}$$

Соответственно изгибающий момент по равнодействующей $R_q = 99,81 \text{ т/м}$ определится: $M(x) = -R_q \frac{l}{2} = -2376,2 \cdot 37 = -87919 \text{ кН·м.}$

Максимальное возможное опорное давление, способное инициироваться в зоне взаимного влияния очистного забоя №1382 и демонтажной камеры, равно:

$$P_{\max 1382} = |55,2| + |17,98| + |-87,9| = 161,08 \text{ МПа.}$$

Данный параметр сопоставим с максимальными параметрами давления, по предварительным расчетам, по лаве №1382, $\sigma_{\max \text{ л. №1382}} = 208,4 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{с. №1382}} = 237 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{ч. №1382}} = 276 \text{ МПа}$.

Второй, весьма актуальный, случай «сложной зоны», присутствующий при отработке пологих пластов, это въезд очистного забоя в ранее пройденную демонтаж-

ную камеру. Кроме того, сложность проявляется еще и в том, что демонтажная камера состоит из двух взаимовлияющих выработок, разделенных целиком углем, который вырезается очистным комбайном в ходе формирования демонтажной камеры.

Схема к расчету параметров опорного давления в массиве горных пород лавы №1384 по пласту «Байкаимский» в зоне взаимовлияния очистного забоя и демонтажной камеры №1384 (общая ширина демонтажной камеры $L_{\text{дк}} = 11000$) приведена на (рис. 3).

Схема учитывает волнообразное проявление опорного давления впереди очистного забоя и взаимовлияния двух параллельных выработок, формирующих демонтажную камеру и отделенных друг от друга угольным целиком шириной 3 м, ширина выработок — 4 м, зона влияния очистного забоя — 32 м.

По авторской геомеханической модели (см. рис. 3), для сложной зоны лавы №1384 по пласту «Байкаимский» в зоне взаимовлияния очистного забоя и демонтажной камеры, математическая модель с перемещающейся точкой максимума опорного давления также имеет вид (4).

Эмпирически определенная кривая грузовой площади $y = -1/3 x^2 + 10,3x$, при $C = 0$, в зоне влияния очистного забоя №1384, ограниченная прямой $y = 5$, имеет вид, представленный на рис. 4.

Тогда по определенному интегралу, при $x = l/2$ площадь определится:

$$S = \int_0^{45} \left(-\frac{1}{3} x^2 + 10,3x - 5 \right) dx = \left(-\frac{1}{3} \left(\frac{x^3}{3} \right) + 10,3 \frac{x^2}{2} - 5x \right) \Big|_0^{45} = 78 \text{ м}^2.$$

Результат, полученный по математической модели, сопоставим со значением напряжений, полученных раз-

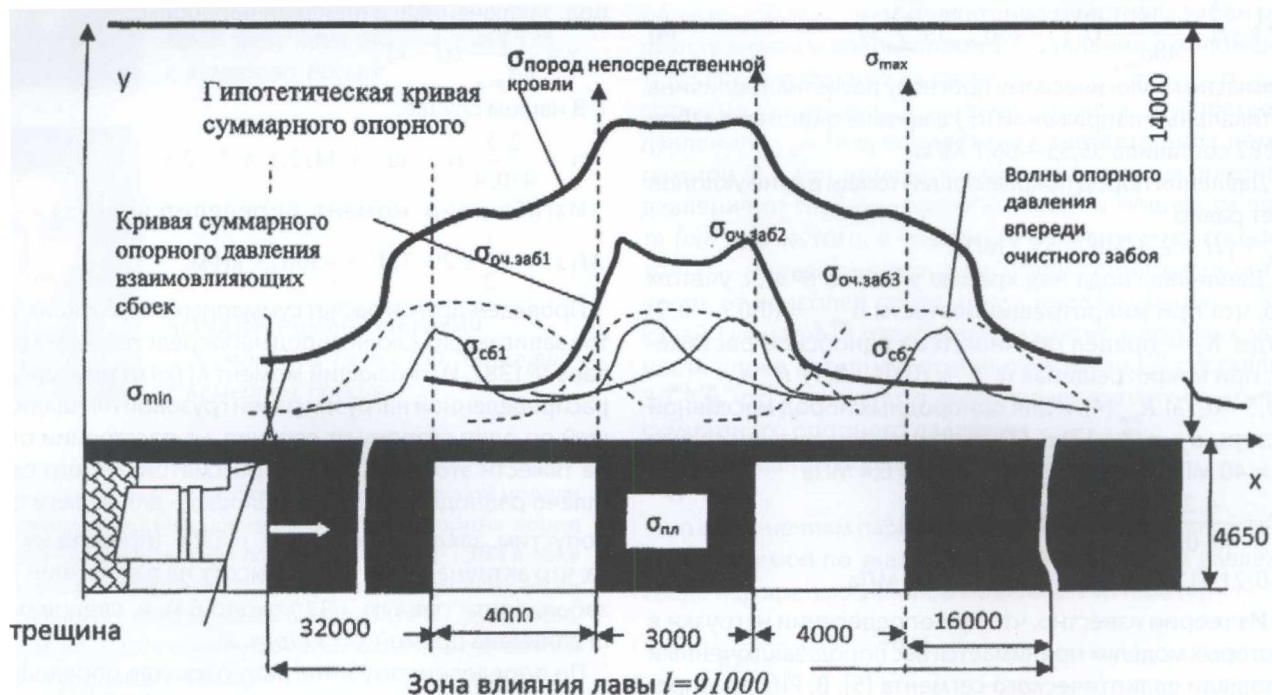


Рис. 3. Схема к расчету параметров опорного давления в массиве горных пород лавы №1384 по пласту «Байкаимский» в зоне взаимовлияния очистного забоя и демонтажной камеры №1384 ($L_{\text{дк}} = 11000$)

личными классическими методами при исследовании опорного давления в лаве №1384: $\sigma_{z\ 1384} = 195$ МПа; $\sigma_{\lambda\ 1384} = 220$ МПа, $\sigma_{\max\ к\ №\ 1384} = 238,1$ МПа; $\sigma_{\min\ к\ №\ 1384} = 296,6$ МПа.

Выводы

Математическое описание геомеханической модели опорного давления при подвигании очистного забоя на ранее пройденные выработки (в сложной зоне) определяется суммой давления от вертикальных напряжений покрывающей толщи пород, давления свода обрушения ранее пройденных выработок и суммарного изгибающего момента слоев пород кровли (плит-консолей) и имеет вид:

$$P = \gamma H + \frac{l}{48\sigma_{np}} (l^2 \gamma^2 - 48\sigma_{np}) + \sum_1^n M_i$$

Список литературы

1. Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах (Сборник документов) / Колл. авт. М.: Госгортехнадзор России, 2000. С. 10.
2. Коровкин Ю. А. Механизированные крепи очистных забоев. М.: Д 990. С. 19.

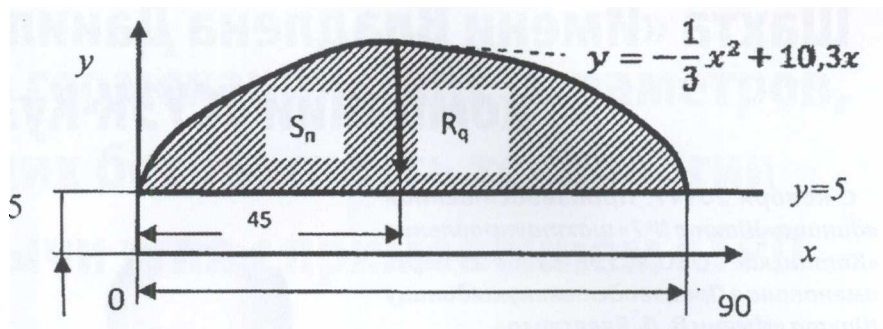


Рис. 4. Кривая грузовой площади $y = -1/3 x^2 + 10,3x$ в зоне влияния очистного забоя №1384, ограниченной прямой $y = 5$

3. Геомеханика / П. В. Егоров, Г. Г. Штумпф, А. А. Ренев и др. Кемерово: Гос. техн. ун-т, 2002. 339 с.
4. Борисов А. А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1980.
5. Теория защитных пластов / И. М. Петухов, А. М. Линьков, В. С. Сидоров и др. М.: Недра, 1976. 224 с.
6. Фисенко Л. Г. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. М.: Недра, 1976.
7. Вопросы теории горного давления / Сб. переводов под ред. А. А. Борисова. М.: Госгортехиздат, 1961.
8. Якоби И. О. Практика управления горным давлением. М.: Недра, 1987. 566 с.
9. Salnstowier A. Szinnik craskw Zagadmeniach mechaniki // Przegląd Gorniczy. 1959. №1-2.