

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА И ПАРАМЕТРОВ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПОЛОГИХ И КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Как известно, опорное давление — горное давление в массиве пород, возникающее в результате создания в нём полостей (горных выработок, расслоений и т. п.) [1]. Представляет собой нормальные к пласту сжимающие напряжения, действующие вблизи опорного контура по всему его периметру (периметру обнажения). Опорное горное давление оказывает значительное влияние на: эффективность управления кровлей очистных забоев, параметры крепления очистных и подготовительных выработок, шаг и характер первичной осадки основной кровли, величину отжима угля в лавах, а также на производительность выемочного оборудования и др. [1]. Проявления опорного давления и его изменение в пространстве и во времени представляют сложную картину. На характер проявления опорного давления в значительной степени влияют горно-геологические факторы [2]. Основным влияющим фактором — глубина разработки [3–4]. В то же время с уменьшением предела прочности пород увеличивается смещение кровли и пучение почвы [3]. С увеличением угла падения разрабатываемого пласта доля нормальной составляющей горного давления снижается, что в свою очередь приводит к перераспределению напряжений по всему опорному контуру. Исследование характера и параметров опорного давления при различных углах залегания угольного пласта, по мнению авторов, изучено в недостаточной степени и является актуальной задачей.

Для решения данного вопроса авторами разработана численная объемная модель углепородного массива с применением многофункционального программного комплекса Ansys, позволяющая исследовать напряженно-деформированное состояние кровли и почвы в очистном забое, а также в окрестности подготовительных выработок при различных значениях горно-геологических и горнотехнических факторов. Фрагмент модели, с указанием взаимного расположения подготовительных выработок и очистного забоя, представлен на рисунке 1.

Для исследования параметров и характера зон опорного давления рассмотрено распределение нормальных к напластованию напряжений при пологом падении пласта (модель с $\alpha = 10^\circ$) и крутонаклонном залегании ($\alpha = 45^\circ$). Рассмотрены различные расстояния до очистного забоя: от 20 м впереди лавы до 20 м за лавой. Построены графики изменения опорного давления по мере приближения и отдаления от лавы при различных углах падения пласта (рис. 2). Анализ величины опорного давления на линии очистного забоя при пологом залегании больше на 25–35 %, чем при крутонаклонном. Разрывы кривых напряжений формируются на пересечениях с подготовительными выработками.

Если рассматривать распределение опорного давления впереди очистного забоя при различных углах падения пласта (рис. 2, б–г), то наблюдается аналогия в характере распределения, но значения напряжений отличаются на 5–15 % в зависимости от расстояния до лавы.

По мере отдаления от линии очистного забоя разница значений максимальных напряжений снижается, что можно объяснить уменьшением влияния очистного забоя. На линии очистного забоя (рис. 3, а) наблюдаются всплески значений напряжений опорного давления у выработок, а также в средней части лавы, достигая максимальных значений. При отходе лавы (рис. 3, б–г) максимальные напряжения вокруг подготовительных выработок возрастают, что приводит к росту нагрузки на крепь. В то же время в выработанном пространстве напряжения снижаются на порядок, т. е. создается зона разгрузки.

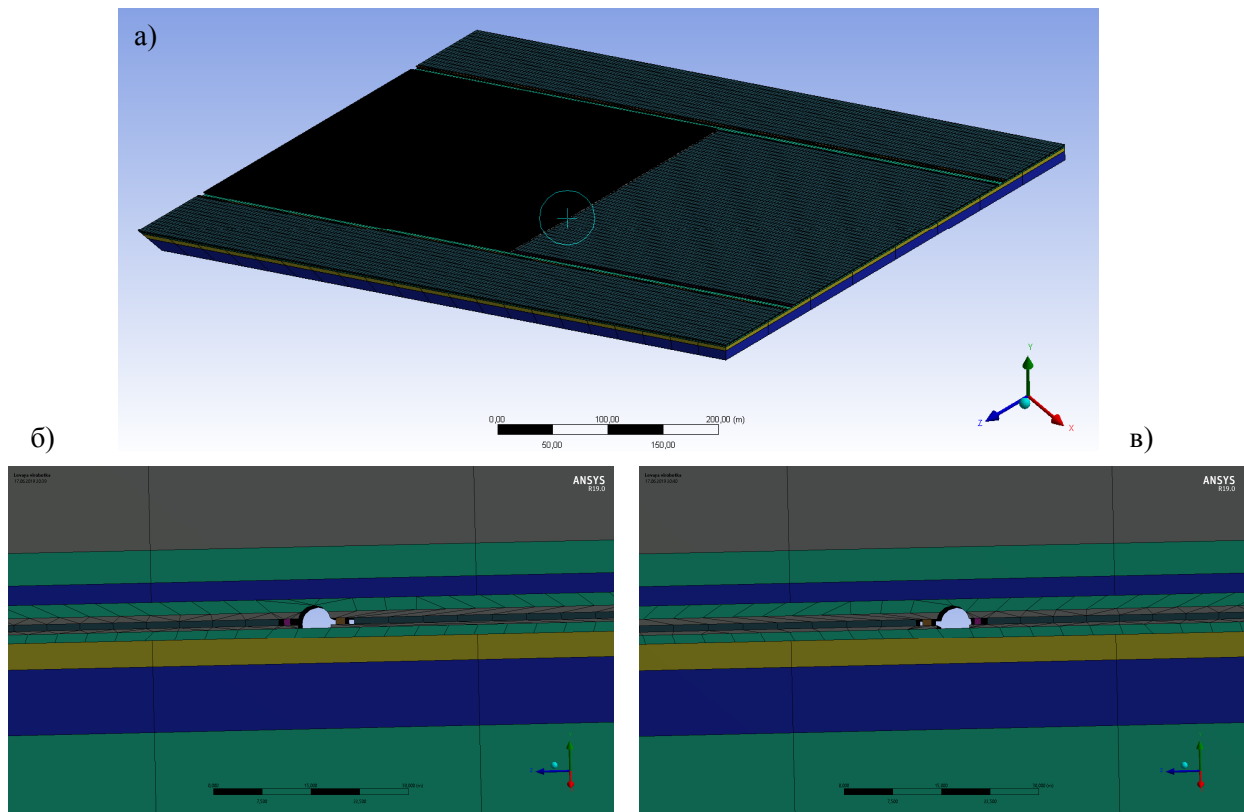


Рисунок 1 — Общий вид расположения выработок и очистного забоя в пространстве: а) вид в плане; б) сечение по вентиляционной выработке; в) сечение по транспортной выработке

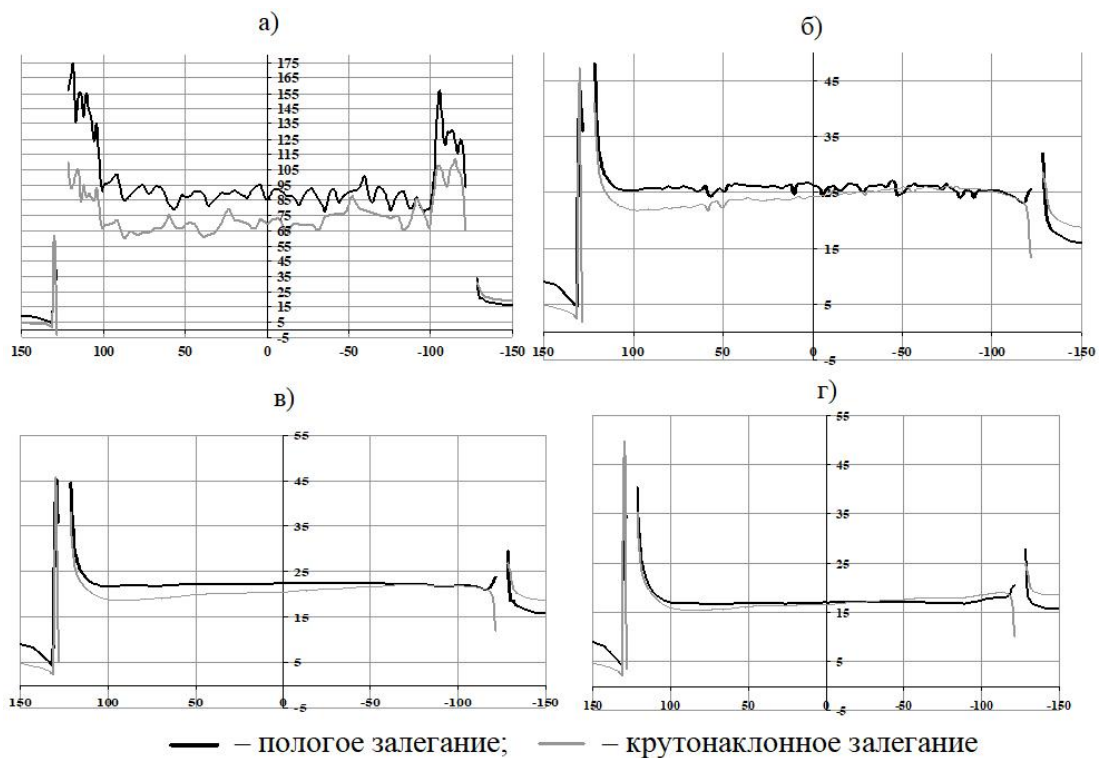


Рисунок 2 — Изменение опорного давления при разных углах залегания пласта: а) вдоль линии очистного забоя; б) на расстоянии 5 м впереди линии очистного забоя; в) на расстоянии 10 м впереди линии очистного забоя; г) на расстоянии 20 м впереди линии очистного забоя

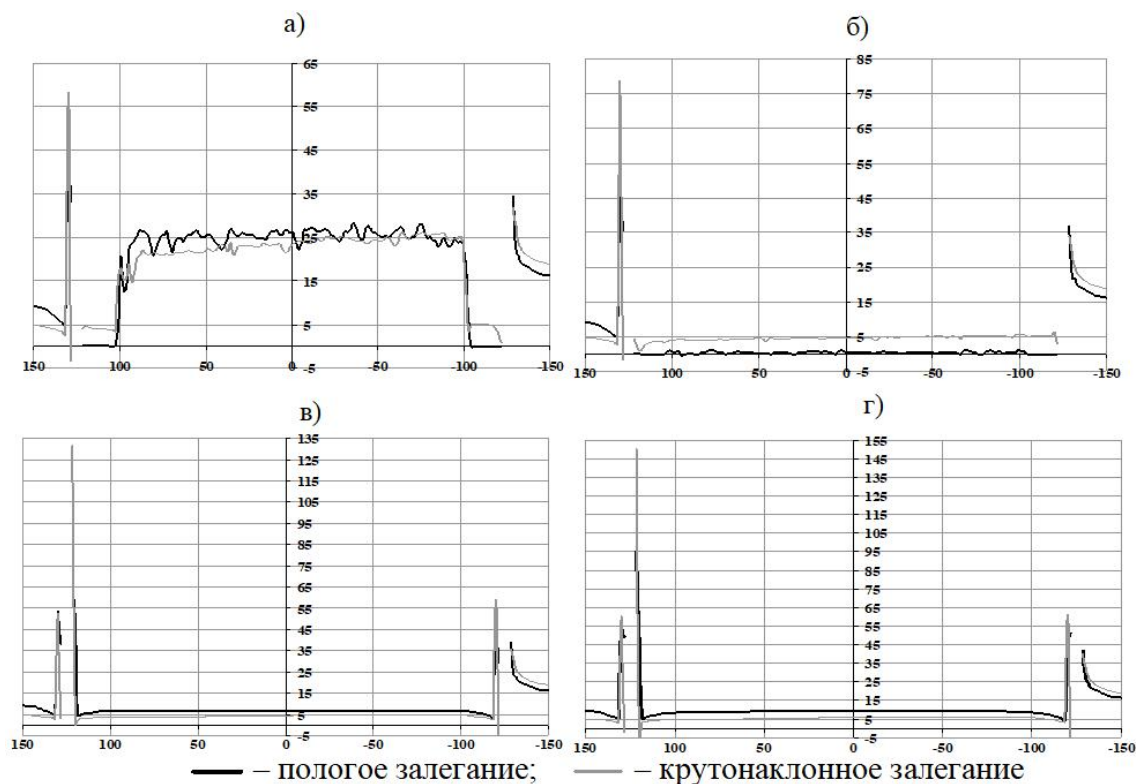


Рисунок 3 — Изменение опорного давления при разных углах наклона угольного пласта на расстоянии: а) 1 м позади линии очистного забоя; б) 5 м впереди линии очистного забоя; в) 10 м позади линии очистного забоя; г) 20 м позади линии очистного забоя

Для прогноза параметров опорного давления решены ряд задач по составленному плану дробного факторного эксперимента с двухуровневым варьированием факторов.

После статистической обработки результатов получены следующие эмпирические зависимости по определению параметров зоны опорного давления:

– длина зоны опорного давления впереди очистного забоя

$$l_{\text{оп}} = 0,021 \cdot H - 0,022 \cdot \alpha + 13,8 \cdot m - 1,96 \cdot f_y + 0,213 \cdot \sigma_{\text{сж}} - 0,005 \cdot l_{\text{л}}, \text{ м}; \quad (1)$$

– расстояние от забоя до максимума опорного давления

$$l_{\text{max}} = 0,0046 \cdot H - 0,0012 \cdot \alpha + 3,09 \cdot m - 1,92 \cdot f_y - 0,00074 \cdot \sigma_{\text{сж}} + 0,0094 \cdot l_{\text{л}}, \text{ м}; \quad (2)$$

– максимальные напряжения

$$\sigma_{\text{max}} = 0,064 \cdot H - 0,69 \cdot \alpha - 22,2 \cdot m + 17,1 \cdot f_y + 0,26 \cdot \sigma_{\text{сж}} + 0,13 \cdot l_{\text{л}}, \text{ МПа}, \quad (3)$$

где H — глубина разработки в средней части лавы, м;

α — угол падения угольного пласта, град.;

m — вынимаемая мощность пласта, м;

f_y — коэффициент крепости угля по шкале М. М. Протодьяконова;

$\sigma_{\text{сж}}$ — средний предел прочности пород на сжатие, МПа;

$l_{\text{л}}$ — длина лавы, м.

По результатам исследований получены следующие выводы:

– длина зоны опорного давления впереди движущегося очистного забоя составляет от 12 до 45 м и существенно зависит от угла падения пласта;

– максимальные напряжения в зоне опорного давления при отработке пологих пластов в 1,2...2,4 больше, чем при крутонаклонных и крутых;

– получены эмпирические зависимости для прогноза параметров зоны опорного давления, которые могут быть использованы при составлении паспортов выемки угля, проведения и крепления подготовительных выработок.

Список литературы

1. Горная энциклопедия Т. 3 Кенган–Орт. — М. : Сов. энциклопедия, 1987. — 592 с.
2. Маньков, В. Н. Исследования проявлений горного давления в подготовительных выработках сейсмоакустическим методом / В. Н. Маньков, В. И. Немов, В. М. Станкус // Вопросы горного давления. — 1971. — Вып. 27–28. — С. 116–120.
3. Управление состоянием массива горных пород : учеб. пособ. / Н. К. Клишин, К. З. Склепович, С. И. Касьян, О. Л. Кизияров. — Алчевск, 2011. — 288 с.
4. Максимов, А. П. Горное давление и крепь горных выработок / А. П. Максимов — М. : Недра, 1973. — 288 с.