

УДК 622.272

А.М. Никольский

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕЛИКА ПРИЛЕГАЮЩЕГО К ДЕМОНТАЖНОЙ КАМЕРЕ

Приведена геомеханическая оценка напряженного состояния целика прилегающего к демонтажной камере.

Ключевые слова: демонтажная камера, целик, напряжения.

Семинар № 13

Опыт разработки угольных месторождений подземным способом показывает, что в большинстве лав при управлении кровлей способом полного обрушения, наиболее неблагоприятными с точки зрения безопасности очистных работ являются места монтажных и демонтажных камер (краевые участки). Значительная концентрация напряжений на этих участках является причиной неуправляемого разрушения горных пород и повышенных деформаций. В определенных условиях эти разрушения носят динамический характер и сопровождаются тяжелыми последствиями – длительные остановки очистного забоя, травматизм трудящихся, значительные затраты на восстановление выработок [1, 2].

Известно, что основными факторами, влияющими на напряженность массива являются мощность пласта, физико-механические свойства угля и вмещающих пород, глубина разработки, геометрия и размеры выработанного пространства, способ управления кровлей и т.д. Непрерывная механизированная выемка угля, как правило, сопровождается постоянным приростом смещений пород, в котором трудно выделить мгновенные (динамические) и постепенные (статические) разрушения. Так, например, при подходе лавы к демонтажной камере

на ряде угольных шахт Кузбасса возникают проблемы связанные с опасным обрушением кровли и отжимами угля от груди очистного забоя, размеры которого резко уменьшаются. Это делает необходимым оценить напряженно-деформированное состояние (НДС) массива в районе демонтажной камеры в зависимости от длины оставляемого целика.

Рассмотрим конкретную задачу по определению НДС массива в процессе разработки угольного пласта при подходе к демонтажной камере на основе упругой модели в условиях плоской деформации [3, 4]. На рис. 1 представлена схема расчетной области и основные параметры. Решения выполнены в зависимости от вариации линейного размера целика ($L_{ц}$), прилегающего к демонтажной камере (длина целика $L_{ц}$ – 20, 30, и 40 м). Средняя мощность разрабатываемого угольного пласта 2,5 м, падение – горизонтальное. Горные работы ведутся на глубине 200 м от дневной поверхности. Условия на границе расчетной области определяются напряженным состоянием нетронутого массива. Управление кровлей – обрушение налегающих пород. Высота обрушения определяется из условия полного заполнения очистного пространства. При мощности пласта 2,5 м и коэффициенте разрыхления 1,3 высота

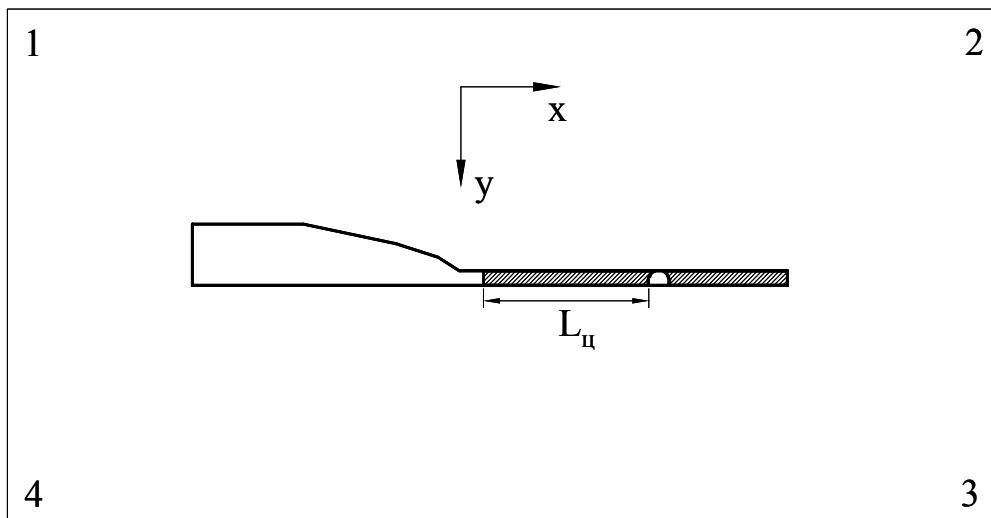


Рис. 1. Схема и основные параметры расчетной области

обрушения составляет – 8,5 м. В задаче не учитываются обрушенные породы в выработанном пространстве, которые в реальных условиях создают боковой подпор на окружающий массив, тем самым, влияя на характер распределения напряжений. Вес горных пород в моделях учитывался объемной силой.

Исходное напряженное состояние массива горных пород для месторождений осадочного типа описывается уравнениями:

$$\sigma_y = \gamma g H, \quad \sigma_x = \lambda \sigma_y, \quad \tau_{xy} = 0. \quad (1)$$

где H – расстояние от дневной поверхности до пласта, λ – коэффициент бокового распора, γ – плотность пород, g – ускорение свободного падения.

Учитывая незначительную глубину разработки, верхняя граница модели «1-2» (рис. 1) соответствует дневной поверхности. Поэтому считаем, что она свободна от внешних нагрузок:

$$\sigma_y = 0, \quad \tau_{xy} = 0. \quad (2)$$

На правой боковой границе «2-3» задается условие характерное для нетронутого массива:

$$\sigma_x = \lambda \sigma_y, \quad \tau_{xy} = 0. \quad (3)$$

здесь $\lambda = \frac{\nu}{1-\nu}$, ν – коэффициент Пуассона (по А.Н. Диннику).

На нижней «3-4» и левой боковой «1-4» границах модели приняты краевые условия:

$$\text{Поверхность «3-4»} \quad u_y = 0 \quad \tau_{xy} = 0$$

$$\text{Поверхность «1-4»}$$

$$u_x = 0, \quad \tau_{xy} = 0. \quad (4)$$

Массив горных пород моделировался со следующими механическими свойствами: угольный пласт – $E = 3000$ МПа (E – модуль упругости), $\nu = 0,35$, $\gamma = 1,3$ т/м³; песчаник, аргиллит и алевролит – $E_{cp} = 23000$ МПа, $\nu = 0,27$, $\gamma = 2,7$ т/м³.

Анализ основных особенностей напряженного состояния массива в районе демонтажной камеры представлен на рис. 2-5.

На рис. 2. приведен характер распределения действующих напряжений в зоне демонтажной камеры при длине оставляемого целика 30 м.

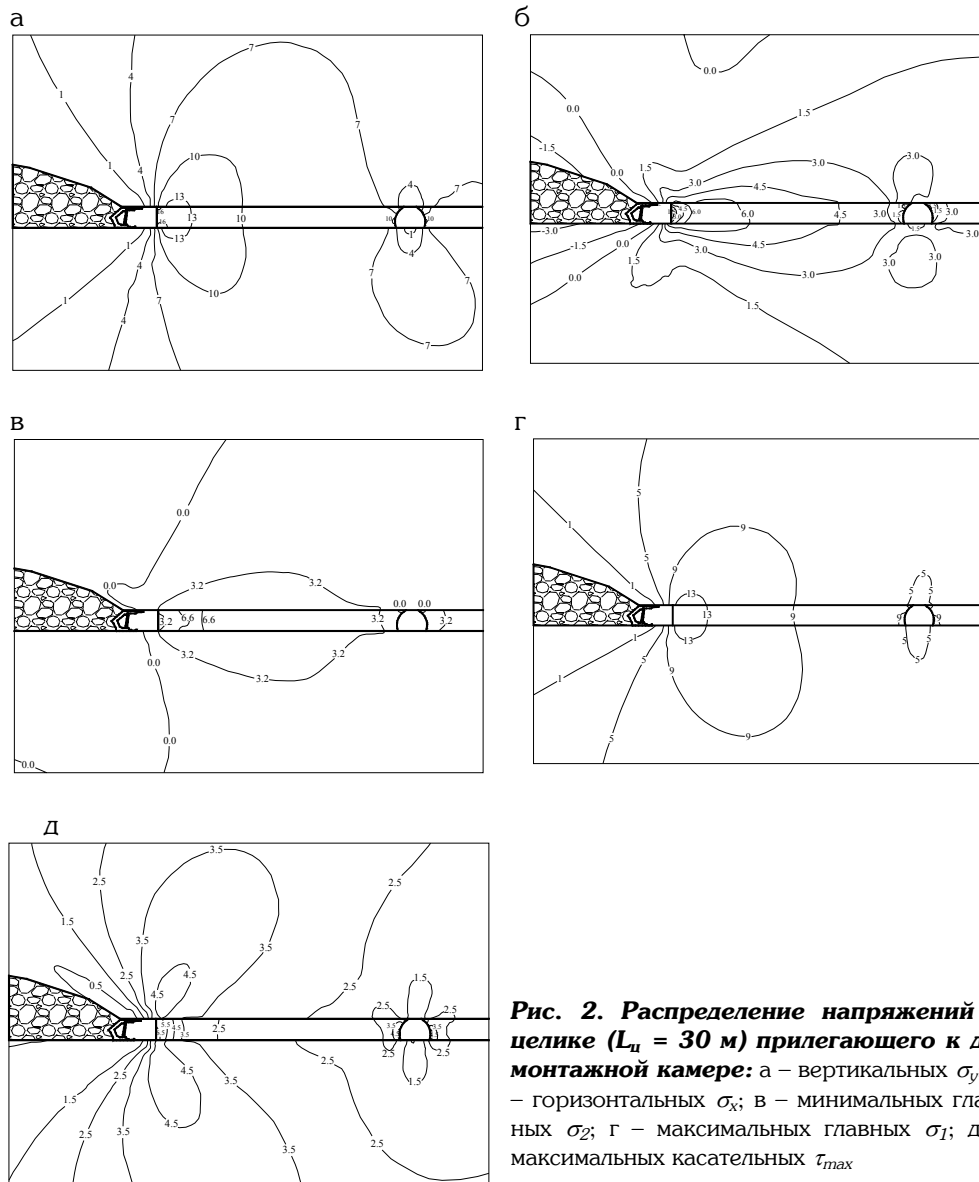


Рис. 2. Распределение напряжений в целике ($L_{ц} = 30$ м) прилегающего к демонтажной камере: а – вертикальных σ_y ; б – горизонтальных σ_x ; в – минимальных главных σ_2 ; г – максимальных главных σ_1 ; д – максимальных касательных τ_{max}

Обобщая результаты расчетов, выделим следующее (рис. 2, 3). Меньшая жесткость (упругие свойства) угольного целика по сравнению с основным массивом и свободные от нагрузки границы очистных выработок приводят к перераспределению напряжений в их окрестностях. Максимальная

концентрация вертикально ориентированных напряжений σ_y наблюдается в районе очистного забоя на расстоянии 1-3 м в глубь массива (угольного целика). При этом нагрузка в сопоставлении с исходным полем напряжений возросла до $2,75\gamma H$ (15 МПа).

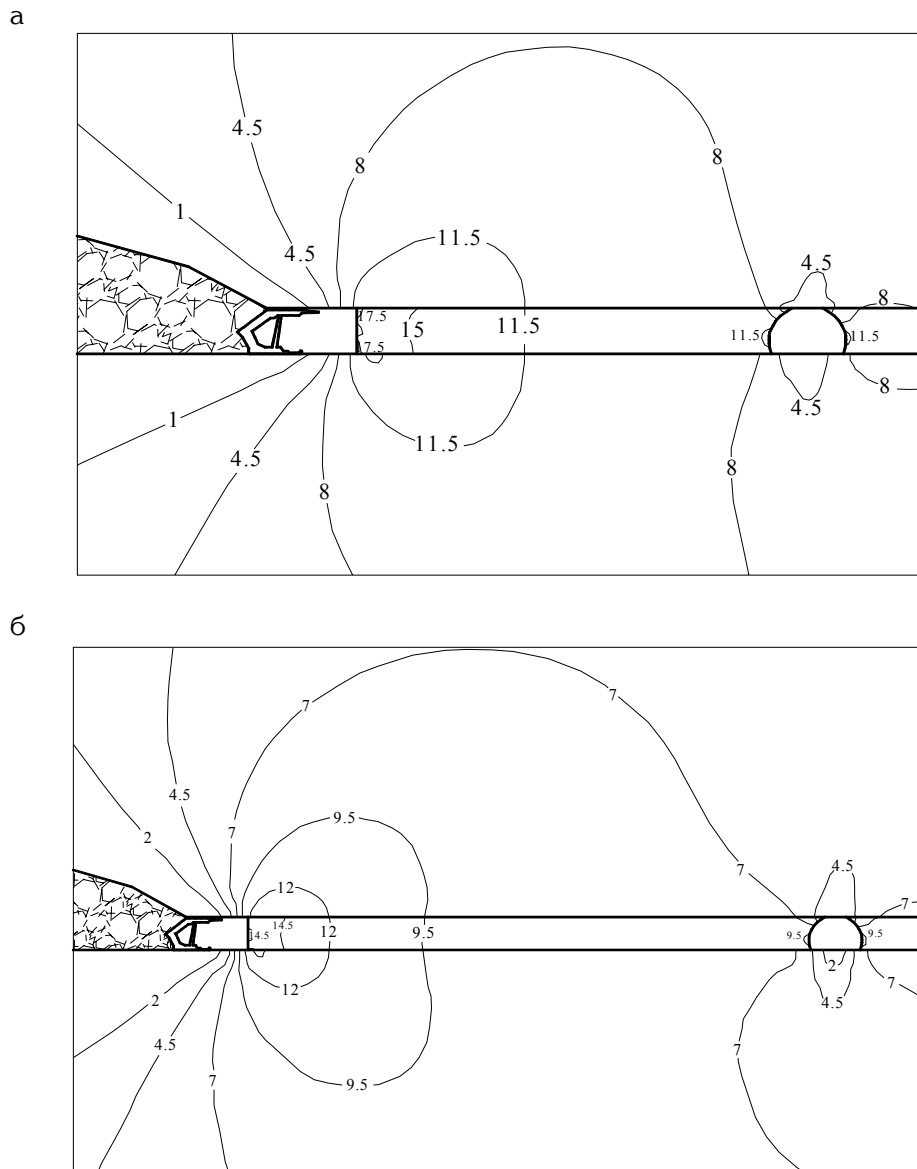


Рис. 3. Характер изменения максимальных главных напряжений σ_1 в районе монтажной камеры: а – при длине целика ($L_{ц}$) 20 м; б – то же 40 м

Величина горизонтальных напряжений σ_x в целике изменяется от 0,4 МПа у забоя до 6,5 МПа к его центру. В районе зоны обрушения (в кровле и почве) прослеживается рост растягивающих на-

пряжений $\sigma_2 = 0,0 \div -3,5$ МПа, которые распространяются в глубь массива до 20 м. Последнее свидетельствует об интенсивном трещинообразовании и потере устойчивости пород.

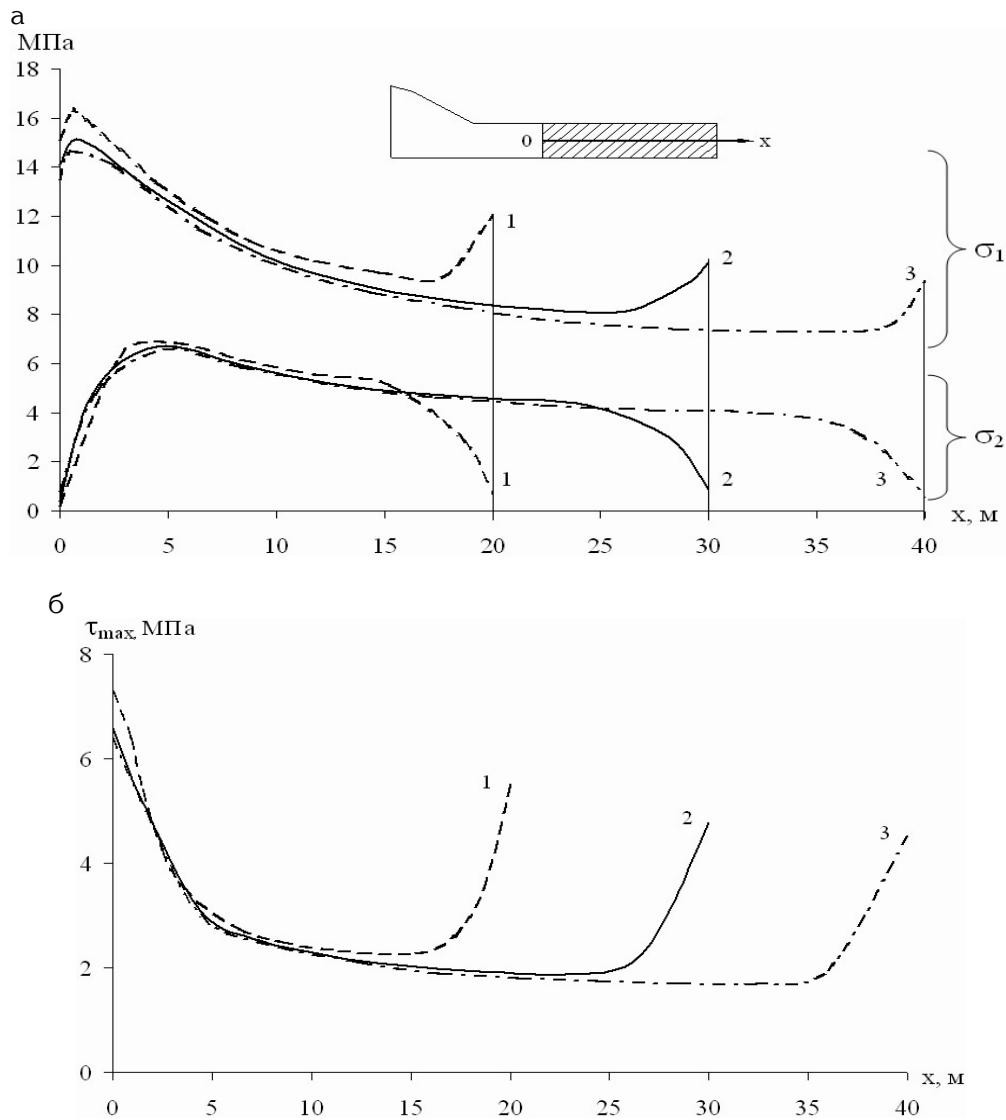


Рис. 4. Распределения напряжений в центральном горизонтальном сечении целика угольного пласта прилегающего к демонтажной камере: а – σ_1 , σ_2 ; б – τ_{max} ; 1, 2, 3 – соответственно при длине целика 20, 30 и 40 м

Наибольшие значения максимальных главных напряжений σ_1 наблюдаются в тех же областях, что и σ_y . Концентрация напряжений τ_{max} в призабойной зоне угольного целика превышает исходное напряжение γH на 20%. В

кровле и почве демонтажной камеры τ_{max} составляет $0,3 \div 0,8 \gamma H$. Необходимо отметить, что наличие труднообрушаемых кровель способствует сохранению повышенной концентрации опорного давления длительное время.

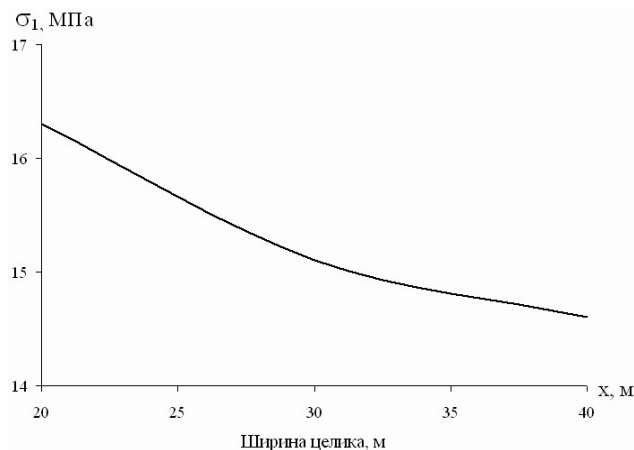


Рис. 5. Величина σ_1 вблизи очистного забоя (1-3 м) в зависимости от ширины целика

Характерные особенности развития напряженно-деформированного состояния в центральном горизонтальном сечении целика угольного пласта прилегающего к демонтажной камере представлены на графиках (рис. 4.).

Из графиков хорошо видна динамика изменения напряжений по всей ширине целика. Начало и конец кривых характеризует соответственно очистной забой и борт выработки (штрека). Существенных отличий в

характере распределения напряжений в зависимости от линейных размеров целика не наблюдается. Однако вблизи очистного забоя на расстоянии 1-3 м в глубь целика абсолютные значения действующих напряжений σ_1 незначительно, но отличаются (рис. 5). Так, при уменьшении ширины целика, с 40 до 20 м при прочих равных условиях, нагрузка на призабойную часть в районе демонтажной камеры увеличивается на 8,0-11,0%.

Таким образом, несущественное отличие, как в характере распределения напряжений, так и в абсолютных их значениях при разных параметрах целика связано, в основном, с незначительными размерами и геометрией моделируемого объекта. В связи с этим параметры целика должны приниматься из условия обеспечения высокой безопасности работ и минимальных разрушений угля (породы), как в демонтажной камере, так и в прилегающих выработках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Христианович С.В., Кузнецов С.В. О напряженном состоянии горного массива при проведении очистных работ // Горное давление, сб. ЦХ. Ленинград, ВНИМИ, 1965. с. 95-111.
2. Жданкин А.А., Жданкин Н.А. Пространственное напряженно-деформированное состояние массива в районе сопряженного выемочных штреков с лавой // ФТПРПИ. — 1985. — № 4.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. — М.: Мир, 1975.
4. Курленя М.В. Техногенные геомеханические поля напряжений / М.В. Курленя, В.М. Серяков, А.А. Еременко. — Новосибирск: Наука, 2005. — 264 с. **ИДБ**

Коротко об авторе

Никольский А.М. – соискатель Института горного дела Сибирского отделения РАН, nikosya@mail.ru