

УДК 622.831.22+622.833.5

д.т.н. Литвинский Г.Г.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, ligag@ya.ru)

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ ЛАВЫ

Рассмотрена задача о напряженно-деформированном состоянии массива горных пород в окрестности очистного забоя. Расчетная схема задачи учитывала контактное взаимодействие кровли и почвы в выработанном пространстве лавы. Получены удобные аналитические выражения для определения концентрации опорного давления впереди лавы и в зоне обрушенных пород до и после осадки основной кровли. Раскрыты закономерности проявлений горного давления в подготовительных выработках в зоне вредного влияния очистных работ. Показана важная роль параметра L , характеризующего зависание консоли основной кровли в лаве.

Ключевые слова: очистные работы, лава, напряженное состояние, опорное давление, обрушение кровли, осадка основной кровли, выработанное пространство, подготовительная выработка.

Определение напряженного состояния массива пород при выемке полезного ископаемого и устойчивость выработок в зоне влияния очистных работ – важнейшие проблемы горной геомеханики, привлекающие к себе внимание многих исследователей; они особенно актуальны в сложных геологических условиях и на больших глубинах [1-3 и др.]. В большинстве случаев широкое распространение получили численные методы решения на ЭВМ задачи о напряженно-деформированном состоянии (НДС) массива горных пород в окрестности очистного забоя. Однако получаемые результаты об НДС в виде набора частных решений для конкретных горно-геологических условий были плохо обозримы, трудно поддавались обобщению с целью получения общих закономерностей и в лучшем случае могли служить лишь иллюстрацией к решению общей проблемы.

Для изучения устойчивости подготовительных выработок в зоне вредного влияния очистных работ нужно знать, как перераспределяются напряжения вокруг движущегося очистного забоя, описать проявления горного давления в одиночной капитальной, затем в подготовительной выработке, непосредственно не примыкающей к выработанному пространству, и,

наконец, в подготовительной выработке, оказавшейся в зонах краевой части пласта либо раздавленного угля.

Сложность проблемы заключается в необходимости учета изменчивости поля напряжений вокруг выработки по мере движения очистного забоя. В первую очередь следует рассмотреть закономерности распределения напряжений вокруг лавы. Применение механики сплошной среды при решении задач о напряжениях в окрестности очистного забоя основано на ряде идеализаций, которые иногда принимаются без достаточного обоснования и могут коренным образом повлиять на окончательное решение и практические выводы.

Наиболее распространенные упрощения, которые принимались многими авторами, нередко без попытки их анализа и обоснования, сводятся к предположению об упругом поведении горного массива в окрестности очистного забоя, об отсутствии взаимодействия кровли и почвы пласта в выработанном пространстве. Кроме того, постулировалась невесомость массива горных пород, не учитывались касательные напряжения, вызванные трением при проскальзывании кровли относительно почвы в области их контакта при обрушении пород на наклонном пласте. Эти и ряд других гипотез и идеализаций ограни-

чивали возможность практического использования многих численных решений на ЭВМ, которые получили в последнее время довольно большое распространение, особенно благодаря доступности использования известных пакетов прикладных программ (ANSY, Лира и др.), реализующих метод конечных элементов (МКЭ), метод конечных разностей, метод граничных интегральных уравнений и т. д., и простоте получения с их помощью численных решений.

Однако до сих пор отсутствуют теоретически обоснованные аналитические зависимости, позволяющие раскрыть основные закономерности распределения напряжений в окрестности лавы, оценить НДС пород вокруг подготовительных выработок различного назначения, что существенно затрудняет принятие горноинженерных решений при добыче полезных ископаемых.

Цель исследований – получение теоретически обоснованных закономерностей проявлений горного давления в окрестности лавы и оценки их влияния на устойчивость подготовительных горных выработок.

Объекты исследования – НДС массива горных пород, вызванное ведением горных работ, и устойчивость подготовительных горных выработок в зоне вредного влияния лавы.

Основная идея выполненных исследований состоит в использовании аналитико-экспериментального метода решения задачи при нахождении НДС в виде удобных для практики проектирования аналитических зависимостей.

Основное отличие данного исследования от ранее проведенных состоит в попытке получения решения задачи об НДС массива вокруг очистного забоя с учетом контактного взаимодействия кровли и почвы лавы в выработанном пространстве.

С нашей точки зрения, для решения такой сложной задачи наиболее уместен аналитико-экспериментальный метод, заключающийся в том, что вначале, исходя

из обоснованно упрощенной расчетной схемы распределения напряжений, определяют структурные аналитические зависимости между наиболее важными факторами, а затем погрешности решения, вызванные рядом допущений, корректируют эмпирическими коэффициентами. Их находят по результатам шахтных инструментальных замеров. Такой подход преследует цель получения достаточно простых, удобных и пригодных для практического применения зависимостей о НДС массива горных пород вокруг лавы.

Для реализации предложенной методики исследований в качестве исходной расчетной схемы (рис. 1) рассмотрим массив горных пород как весомую полуплоскость, в которой расположен угольный пласт заданной мощности m с произвольным углом падения β на глубине H . Очистной забой продвинулся на достаточно большое расстояние от разрезной печи, когда первичная осадка основной кровли уже произошла и кровля пласта вошла в силовое контактное взаимодействие с почвой.

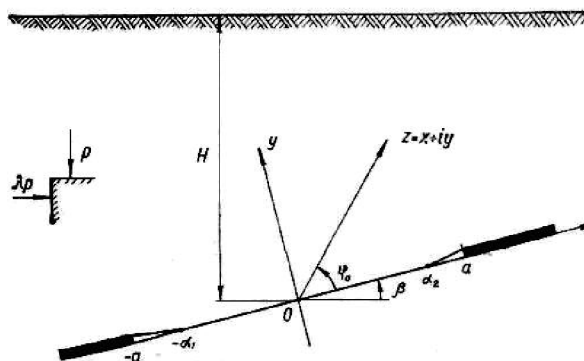


Рисунок 1 – Расчетная схема задачи по определению НДС горных пород в окрестности очистного забоя

Если пренебречь небольшой по мощности зоной интенсивного разрушения и беспорядочного обрушения пород, сравнимой с несколькими мощностями пласта m , то можно без особо значимой ошибки считать, что основная толща массива горных пород над выработанным пространством, постепенно прогибаясь, на участке,

где прогиб достигает мощности отработанного пласта m , входит в контактное взаимодействие с почвой пласта. Эта нагрузка на участке контакта возрастает по мере удаления от забоя в сторону выработанного пространства, начиная от точки смыкания кровли с почвой.

Используя работу [4] с точки зрения приложения к рассматриваемой задаче, можно обобщить полученное в ней решение на случай, когда очистной забой движется по простиранию или падению пласта, а точки смыкания кровли с почвой оказываются на различном расстоянии от забоя у вентиляционного и откаточного штреков.

Исходное напряженное состояние массива можно задать произвольным, но для нашего случая, без уменьшения общности, вертикальное напряжение p принимаем равным давлению вышележащих пород

$$p_B = \gamma H,$$

а горизонтальное напряжение с учетом бокового распора массива принимаем равным:

$$p_T = \lambda \gamma H,$$

где γ – средний объемный вес пород вышележащего массива, $\gamma = (2,5 \dots 2,7) \text{ тс/м}^3$;

λ – коэффициент бокового распора массива, определяемый по натурным геофизическим измерениям, обычно его значения изменяются в пределах $0 < \lambda < 1$.

Очистная выработка (рис. 1) и выработанное пространство расположены вдоль наклонной плоскости с углом падения β . В центре очистного пространства поместим прямоугольную систему координат xOy , ориентированную вдоль линии падения пласта.

Все выработанное пространство состоит из двух зависших по его концам участков основной кровли с размерами по падению $(-a, -\alpha_1)$ и по восстанию (α_2, a) пласта, примыкающих к массиву. Между ними находится участок контакта кровли с

почвой с границами $(-\alpha_1, \alpha_2)$, расположенными в выработанном пространстве.

Таким образом, $-\alpha_1$ и α_2 – координаты точек смыкания кровли и почвы пласта в выработанном пространстве очистной выработки, которые определяются из решения контактной задачи. На свободных участках кровли и почвы пласта с границами $(-a, -\alpha_1)$ и (α_2, a) нормальная и касательная компоненты тензора напряжений равны нулю. На участке контакта с границами $(-\alpha_1, \alpha_2)$ существует непрерывность нормальных к плоскости пласта напряжений, касательные же напряжения вдоль плоскости пласта подчиняются закону трения Кулона, тогда как вертикальные смещения кровли пласта претерпевают скачок, равный мощности пласта m .

После решения задачи получены значения функций [4], позволяющие вычислить все компоненты напряжений:

$$\left. \begin{aligned} \Phi(z) \\ \Omega(z) \end{aligned} \right\} = \frac{2B + B'}{2\sqrt{z^2 - a^2}} \left[(1-f)\sqrt{(z+\alpha_1)(z-\alpha_2)} + \right. \\ \left. + iz \left(f - \frac{C'}{2B + B'} \right) + (1-if)(\alpha_1 - \alpha_2) \right] \mp \\ \mp \frac{B' - iC'}{2}, \quad (1)$$

где $z = x + iy$ – комплексная переменная;

x, y – координаты комплексной плоскости;

f – коэффициент трения кровли и почвы выработки на участке контакта;

B, B', C' – постоянные, которые вычисляются [5] исходя из начального напряженного состояния горного массива и угла падения пласта β ,

$$B = \frac{1}{4}(1 + \lambda)\gamma H; \quad B' + iC' = \frac{1 - \lambda}{2}\gamma H e^{-2i\beta}.$$

Общее представление о распределении напряжений в окрестности лавы представлено на рисунке 2, где показаны:

кривые 1, 2 и 3 – соответственно максимальное, осредненное и минимальное опорное давление Y_y (вертикальная компонента напряжений) при изменении относительной длины x/L консоли основной кровли до (1) и после (3) ее обрушения;

4 – горизонтальное напряжение X_x в кровле пласта по мере удаления от забоя;

5 – изменение вертикального напряжения в кровле пласта Y_y в координатах Лагранжа при осадках основной кровли по мере приближения лавы;

σ/p – координатная ось концентрации компонентов тензора напряжений в кровле лавы.

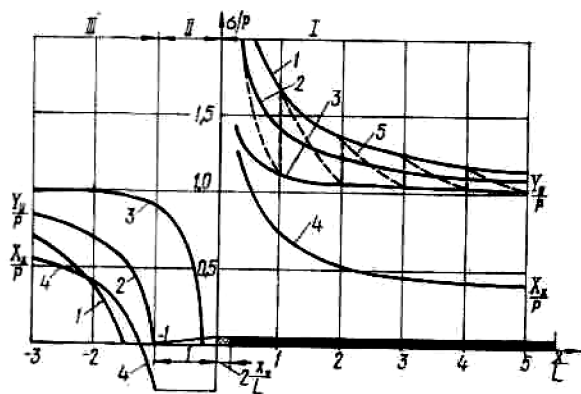


Рисунок 2 – Распределение напряжений в кровле пласта возле лавы по мере изменения относительного расстояния до забоя лавы в пределах $-\alpha_1 < x/L < \infty$

Для полного решения задачи следует найти координаты точек смыкания участка контакта кровли и почвы ($-\alpha_1, \alpha_2$). Однако определенные таким образом координаты будут соответствовать чисто упругому взаимодействию кровли и почвы, и свободные от напряжений зависшие консоли основной кровли окажутся чрезмерно большой протяженности, что не соответствует реальному поведению массива пород в выработанном пространстве.

Как показывает практика ведения очистных работ, породы кровли, а нередко и почвы пласта, по мере перемещения очистного забоя, теряют свою сплошность и жесткость из-за возникновения и роста

трещин расслоения. В результате развития бегущих трещин расслоения и сдвига по мере роста консоли основной кровли происходит периодическое ее обрушение.

По мере подвигания очистного забоя на участке контакта кровли с почвой образуется зона беспорядочного обрушения, а выше – зона плавного прогиба пород. В этой зоне из-за развитой техногенной трещиноватости, вызванной движением лавы, деформационные характеристики массива горных пород (модули сдвига G и продольной упругости E) значительно снижаются (на порядок и более) по сравнению с упругими показателями.

Изменение прочностных и деформационных свойств массива в первую очередь будет отражаться на особенностях перераспределения давления в выработанном пространстве и частоте периодических осадок основной кровли.

За обобщенный объективный показатель проявлений горного давления в лаве, в котором суммарно отражаются все особенности поведения кровли лавы при ее перемещении по мере развития очистных работ, следует принять безразмерную по отношению к мощности m пласта координату точки смыкания кровли с почвой пласта L/m .

Эта относительная координата по горизонтальной оси x/L прямо зависит от длины консоли и шага осадки основной кровли. Поведение точки смыкания кровли с почвой пласта происходит по пилообразному графику: сразу после обрушения основной кровли точка смыкания находится возле самого забоя на минимальном расстоянии l_0 . Далее, по мере удаления забоя лавы координата точки смыкания постепенно увеличивается и происходит удлинение консоли основной кровли. Затем, когда забой лавы удалится от точки смыкания на расстояние l_k , происходит обрушение основной кровли и точка смыкания скачком возвращается на минимальное расстояние от забоя лавы. Этим

обусловлен пилообразный вид годографа движения точки смыкания.

Если учесть, что в среднем точка смыкания находится между двумя крайними положениями до и после осадки основной кровли, то ее расстояние от забоя можно найти по формуле:

$$L = x_* + l_0 + \xi \quad (0 \leq \xi \leq l_k), \quad (2)$$

где x_* – половина ширины раздавленной зоны угля;

l_0 – длина остающейся сразу после осадки пород консоли основной кровли (с учетом ширины призабойного пространства);

ξ – подвигание лавы после очередной осадки пород основной кровли; l_k – шаг осадки основной кровли.

Параметр L – интегральная характеристика проявления горного давления в лаве; зависит от прочностных и деформационных свойств массива пород и угля, мощности пласта, ослаблений и неоднородностей породной толщи, от исходного поля напряжений в массиве, способа управления кровлей, скорости движения лавы, угла падения пород и т. д.

Для практического использования полученных соотношений достаточно приближенно определить расстояния L из паспорта управления кровлей в лаве и шахтных инструментальных наблюдений.

Раскрытие вида функциональной зависимости L от влияющих факторов представляет самостоятельный научный интерес и может явиться целью дальнейших исследований. Если совместить начало координат с очистным забоем и ограничиться случаем пологого падения пласта, то из формулы (1) получим уравнения для определения опорного давления:

а) до осадки основной кровли:

$$Y_y = \gamma H \frac{x + a}{x(x + 2a)} \quad \text{при } x \geq x_*; \quad (3)$$

б) после осадки кровли и удаления лавы от разрезной печи:

$$Y_y = \gamma H \sqrt{1 + \frac{L}{x}} \quad \text{при } \left| x + \frac{L - x_*}{2} \right| \geq \left| \frac{L + x_*}{2} \right|, \quad (4)$$

где x – расстояние от рассматриваемой точки до очистного забоя;

a – половина ширины выработанного пространства до первичной осадки кровли; ограничения, накладываемые на изменения x , связаны с особенностями поведения решения.

Из рисунка 2 видно, что распределение напряжений в окрестности лавы существенно различается при разной длине консоли основной кровли. Можно выделить три зоны:

Зона I опорного давления становится заметной при приближении лавы на $x = (4 \dots 6)L$. Так, например, можно заметить начало зоны вредного влияния при $L = 20$ м на расстоянии $x = 80 \dots 120$ м впереди забоя лавы, что хорошо согласуется с данными шахтных замеров.

Зона II характерна для переходного процесса зависания основной кровли между чередующимися ее осадками, где длина зависшей консоли основной кровли изменяется по мере подвигания лавы.

Зона III соответствует контактному взаимодействию пород кровли и почвы пласта в выработанном пространстве при переменной координате точки смыкания.

Кривые 1, 2 и 3 (рис. 2) в различных зонах показывают изменение опорного давления Y_y и горизонтального напряжения X_x при максимальном осредненном и минимальном значениях параметра L .

Полученное решение хорошо совпадает с практикой лишь с расстояния более 3–5 м впереди лавы ввиду наличия зоны раздавливания опорным давлением угля, когда он переходит на краевой части пласта в пластическую стадию. Это можно учесть путем примерно конгруэнтного смещения кривой опорного давления перед лавой на половину зоны раздавленного угля. В ряде случаев таким влиянием раздавленной зоны угля можно пренебречь, особенно, если

перенести начало координат в фиктивный забой на расстояние x^* перед лавой.

Для исследования устойчивости подготовительных выработок на шахтах объединения Краснодонуголь, разрабатывающих пологие и наклонные пласты, проведен длительный комплекс натурных исследований. Наблюдения проводились в 46 подготовительных выработках, где были установлены 368 станций с контурными реперами и пробурены 23 скважины глубинных реперов. При этом использовалась усложненная методика наблюдений с увеличенным количеством наблюдательных пунктов (от 11 до 19).

Расстояние между замерными станциями, оборудованными контурными реперами, не превышало половины шага посадки основной кровли в лаве. Обработку результатов наблюдений выполняли в неподвижной (Лагранжа) и подвижной (Эйлера) системах координат, что позволило выявить закономерности смещений пород на заданных расстояниях от забоя лавы при изменении длины консоли основной кровли.

Прочностные свойства вмещающих выработки пород определяли в шахтных условиях на образцах полуправильной формы путем их испытания в виде необработанных кернов или методом раскалывания образцов неправильной формы сферическими инденторами с помощью прибора ППЭИ.

Результаты шахтных экспериментов подтвердили существенное влияние осадок основной кровли на проявления горного давления в подготовительной выработке. В фиксированном сечении подготовительной выработки (по мере приближения лавы), когда происходят периодические осадки основной кровли, опорное давление постепенно повышается из-за увеличения длины ее консоли и достигает максимума (рис. 2, кривая 1) перед обрушением. Сразу после обрушения консоли основной кровли опорное давление резко падает до минимума, ограниченного кривой 3, и процесс периодического изменения U_y продолжается до подхода лавы к рассматриваемому сечению

выработки. Таким изменениям опорного давления соответствуют почти пропорциональные скачки скоростей смещения пород в выработку.

Наибольший прирост смещений породного контура происходит тогда, когда сечение подготовительной выработки оказывается в непосредственной близости от лавы перед обрушением основной кровли. Следовательно, различные сечения одной и той же выработки будут подвергаться разным комбинациям изменения горного давления, и устойчивость разных участков выработки может существенно отличаться.

Это обстоятельство объясняет наблюдаемую на практике неравномерность распределения ремонтов и перекреплений по длине подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ. Следует отметить, что такая сложная зависимость проявлений горного давления в виде разных смещений и их скоростей стала источником появления разных, иногда почти противоположных и взаимоисключающих выводов о закономерностях распределения и концентрации опорного давления при ведении очистных работ.

Полученное решение и шахтные инструментальные наблюдения позволяют сформулировать следующие закономерности:

- на амплитуду и интенсивность смещений пород в подготовительной выработке существенным образом влияет вся предыстория изменения поля напряжений вокруг лавы;

- приближение очистного забоя к заданному сечению выработки перед лавой вызывает изменение скоростей смещений вдоль выработки, причем амплитуды скоростей смещений пород упорядоченно изменяются вдоль выработки в соответствии с осадками основной кровли в 4–5 раз, что свидетельствует о резких колебаниях концентрации опорного давления во времени;

- суммарные смещения (конвергенция) пород кровли и почвы в подготовительной выработке резко возрастают при увеличении длины консоли основной кровли и

уменьшении скорости подвигания лавы, причем устойчивость отдельных участков выработки может быть существенно различной из-за возможных вариантов чередования осадок основной кровли и скорости подвигания лавы.

Таким образом, имеется тесная связь между проявлениями горного давления в лаве и в ближайших подготовительных выработках. Влияние лавы на смещения пород в выработку зависит (при прочих равных условиях) от времени нахождения рассматриваемого сечения в зоне опорного давления, т. е. от соотношения протяженности зоны и скорости движения лавы.

Самым неблагоприятным случаем для устойчивости подготовительной выработки является сочетание труднообрушаемой кровли и слабых вмещающих пород. Поскольку протяженность зоны опорного давления пропорциональна длине консоли основной кровли (параметру L), при выборе ширины целиков для охраны выработок необходимо следить, чтобы оставшаяся длина консоли в лаве была минимальна.

Например, если наклонная выработка охраняется целиком шириной 40 м, а параметр осадки основной кровли $L = 30$ м, то, как следует из формулы (4), опорное давление, воздействующее на выработку перед осадкой основной кровли, равно $1,55 \gamma H$, после осадки уменьшится до $1,1 \gamma H$ (на 40%). Такое различие может заметно повлиять на устойчивость выработки.

Следовательно, при фронтальном приближении забоя лавы к наклонной выработке иногда предпочтительнее пойти на уменьшение ширины целика, двигая лаву ближе к выработке с тем, чтобы остановить выемочные работы сразу после момента осадки основной кровли, и тем самым добиться резкого снижения опорного давления, в зоне действия которого оказывается выработка.

Такой способ управления горным давлением позволит достигнуть снижения потерь угля в целиках при одновременном повышении устойчивости наклонных выработок

и исключении затрат на их ремонт и укрепление. Однако это потребует новой методики определения ширины целиков в зависимости от параметра L , совершенствования службы шахтных наблюдений за состоянием массива горных пород, причем сами целики приобретут не совсем привычный вид из-за переменной ширины вдоль охраняемой выработки, тогда как обычно их ширина постоянна и, по сути, мало обоснована с точки зрения охраны выработки, для которой целики были созданы.

При необходимости прогнозирования горного давления в подготовительной выработке во время приближения лавы следует использовать алгоритм расчета кинетики неупругого деформирования и разрушения горных пород, разработанный для капитальных выработок [6]. Его сущность заключается в том, что под действием концентрации напряжений вокруг выработки в породах начинается снижение прочности, подчиняющееся кинетическому уравнению роста поврежденности.

Для расчета горного давления в подготовительной выработке была разработана вычислительная процедура, реализованная на ЭВМ и позволяющая определить характерные особенности взаимодействия крепи и массива в зависимости от главных горнотехнических факторов.

На основе результатов расчетов создана таблица 1, по которой можно оценить податливость рамной или анкерной крепи, обладающей отпором 0,1 МПа, в выработке, попадающей в зону влияния очистных работ. В таблице смещения контура выработки даны на 10 м впереди лавы при столбовой системе разработки с учетом того, что в выработке до начала влияния очистных работ закончились процессы смещения пород.

Следует отметить, что расчеты проводились при осредненном значении L , истинные смещения будут периодически отклоняться от средних в большую или меньшую сторону по мере осадки основной кровли, и это различие будет тем

ГОРНЫЕ НАУКИ

больше, чем выше скорость движения лавы и ниже прочность вмещающих выработку пород. При использовании данных таблицы 1 следует иметь в виду, что в выработке до начала влияния очистных работ

закончились процессы смещения пород; буквой X обозначен завал выработки, когда отпора установленной крепи 0,1 МПа оказывается недостаточно и необходимы дополнительные охранные мероприятия.

Таблица 1 – Смещение контура подготовительной выработки в зоне вредного влияния очистных работ

Параметр L , м	Суточное подвигание лавы, м	Смещения контура выработки (см)								
		$H = 600\text{м}$			800м			1000м		
		при прочности пород кровли $\sigma_{\text{сж}}$, МПа								
		80	60	40	80	60	40	80	60	40
10	6	4,2	6,1	9,5	3,1	12	34	22	41	92
	3	4,7	7,5	12	11	23	41	25	54	X
	1	5,7	9,2	14	15	38	53	32	64	X
15	6	4,8	8,2	12	12	25	43	27	57	X
	3	6,1	9,1	13	15	31	55	33	80	X
	1	8,2	13	18	21	40	75	40	95	X
25	6	6,5	12	17	19	39	69	41	85	X
	3	8,7	16	28	27	52	91	55	98	X
	1	14	27	40	35	74	X	65	X	X
Нет лавы	–	3,1	4,7	5,5	18	14	19	15	29	52

Выводы.

На основе полученного решения и его применения для суждения об устойчивости выработок в зоне вредного влияния очистных работ можно отметить следующие закономерности:

- определяющее значение в величине концентрации горного давления в окрестности лавы принадлежит параметру L , который ранее не принимался во внимание;
- параметр L напрямую влияет на протяженность зоны опорного давления и интенсивность смещений кровли в выработку;
- при управлении проявлениями горного давления следует стремиться к уменьшению длины консоли основной кровли в лаве (например, изменяя ширину охранных целиков) и к росту скорости ее подвигания;
- при увеличении скорости лавы смещения в выработке уменьшаются и тем сильнее, чем меньше прочность пород вокруг выработки и больше глубина разработки;

- увеличение скорости очистного забоя приводит к заметному увеличению параметра кровли L и снижению частоты обрушений кровли, причем при достижении скорости лавы свыше 20-30 м/сутки обрушение кровли может полностью прекратиться и смениться плавным опусканием пород на почву выработки;

- переход на плавное опускание пород кровли в выработанном пространстве за счет высокой скорости лавы увеличивает зону раздавленного угля в забое, что существенно снижает энергоемкость отбойки угля и облегчает работу забойных машин;

- для ориентировочного определения смещений породного контура подготовительной выработки, пройденной перед фронтом очистного забоя и закрепленной податливой крепью, можно воспользоваться расчетными осредненными данными таблицы 1.

Библиографический список

1. Кузнецов С.В. Методология расчета горного давления / С.В. Кузнецов, В.Н. Одинцев, М.Э. Слоним, В.А. Трофимов. — М. : Наука, 1981. — 131 с.
2. Оловянный А.Г. Механика горных пород. Моделирование разрушений / А.Г. Оловянный. — СПб. : ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2012. — 280 с.
3. Якоби О. Практика управления горным давлением / О. Якоби. — М. : Недра, 1981. — 566 с.
4. Моссаковский В.И. Об одной смешанной задаче теории упругости для плоскости, ослабленной прямолинейной щелью / В.И. Моссаковский, П.А. Загубиженко. — ДАН СССР, т. CIV, № 3.
5. Мухелишвили Я.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости / Я.И. Мухелишвили. — М. : Наука, 1966. — 708 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонНТУ Борицевским С.В.

Статья поступила в редакцию 15.05.16.

д.т.н. Литвинський Г.Г. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НАВКОЛО ЛАВИ

Розглянуто задачу про напружено-деформований стан масиву гірських порід в околиці очисного забою. Розрахункова схема задачі враховувала контактну взаємодію покрівлі і підповерхні у виробленому просторі лави. Отримано зручні аналітичні вирази для визначення концентрації опорного тиску попереду лави і в зоні обвалення порід до і після осідання основної покрівлі. Розкрито закономірності проявів гірського тиску в підготовчих виробках в зоні шкідливого впливу очисних робіт. Показано важливу роль параметра L , що характеризує зависання консолі основної покрівлі в лаві.

Ключові слова: очисні роботи, лава, напружений стан, опорний тиск, обвалення покрівлі, осадка основної покрівлі, вироблений простір, підготовка виробка.

PhD Litvinskiy Garry Grigorievich (DonSTU, Alchevsk, LPR)

STRESS-STRAIN STATE OF ROCK MASSIF AROUND LONGWALL

In the paper it has been shown the stress-strain state of rock massif around a longwall. The computational scheme of the problem has shown the direct contact between roof and soil in a longwall area. To determine bearing pressure concentration at the front of longwall and in the area of caved ground before and after the main roof settling the convenient analytical expressions were obtained. The regularities of rock pressure manifestation in development heading under negative influence of extraction zone have been found out. The important role of L -value, which characterizes starvation of the forepoling arm of the main support has been shown.

Key words: second-working, longwall, stress-strain state, bearing pressure, roof caving, main roof settling, worked-out area, development heading.