

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.97.85.001

УДК 622.023.23

© Н.В. Черданцев, С.И. Голоскоков, К.С. Лебедев, 2022

Н.В. ЧЕРДАНЦЕВ

д-р техн. наук,
главный научный сотрудник
ФИЦ УХХ СО РАН, г. Кемерово
e-mail: nvch2014@yandex.ru



С.И. ГОЛОСКОКОВ

канд. техн. наук,
заведующий лабораторией
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: s.goloskokov@nc-vostnii.ru



К.С. ЛЕБЕДЕВ

научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: lebedevks1987@yandex.ru



ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТРАБАТЫВАЕМОГО УГОЛЬНОГО ПЛАСТА, НА РАСКРЫТИЕ МЕТАНОМ ТРЕЩИН В ЕГО КРАЕВОЙ ЗОНЕ

В рамках разработанной ранее модели геомеханического состояния предельно напряжённой краевой зоны газоносного угольного пласта проведены исследования влияния некоторых его газо-геомеханических параметров на раскрытие метаном трещин в его краевой зоне.

Модель объединяет описание геомеханического состояния угольного пласта методами механики деформируемого твёрдого тела и механики сыпучих сред с распределением внутривластового давления метана вблизи движущегося забоя выработки, полученное акад. С.А. Христиановичем.

Известно, что кливажные трещины или линии скольжения, образующиеся в предельно напряжённой краевой зоне пласта и обусловленные его характеристиками прочности, при определённом сочетании горного давления, действующего на их берегах, и порового давления метана могут раскрываться. В результате чего появляются поверхности, содержащие свободный метан.

Наличие таких поверхностей является необходимым условием возникновения газодинамического явления, которое может проявляться либо за счёт выдавливания свободным метаном внутрь выработки приконтурной части пласта, либо путём возникновения волны дробления пласта и последующего выброса скопившейся при дроблении угля газоугольной смеси.

Ключевые слова: МАССИВ ГОРНЫХ ПОРОД, УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ С НЕПРОЧНЫМ ПРОСЛОЙКОМ, ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА, ПРЕДЕЛЬНО НАПРЯЖЁННЫЕ КРАЕВЫЕ ЗОНЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТИ ПЛАСТА, КОЭФФИЦИЕНТЫ ФИЛЬТРАЦИИ, ПРОНИЦАЕМОСТИ, ПОРИСТОСТИ.

ВВЕДЕНИЕ

Как уже отмечалось ранее, процессы внезапных выбросов угля и газа осуществляются в два этапа [1–4]. На первом этапе под действием сил горного давления и давления порового метана происходит образование упорядоченной системы трещин, располагающихся вдоль линий скольжения, их раскрытие совместно с кливажными трещинами с образованием системы магистральных трещин, заполненных свободным метаном. На втором этапе непосредственно реализуется само газодинамическое явление, которое может происходить по одному из двух вариантов. При реализации первого варианта высвободившийся в результате образования магистральных трещин метан выдавливает перегородку между забоем выработки и областью скопившегося на одной из трещин метана. По второму варианту сначала возникает волна дробления, распространяющаяся вглубь пласта, начиная от одной из магистральных трещин, в результате чего внутри пласта образуется область из смеси раздробленного угля и выделившегося из него свободного метана, обладающего достаточно высоким давлением. Эта смесь выдавливает угольную перемычку, отделяющую область разрушенного угля от выработанного пространства, и порождает ударную воздушную волну, распространяющуюся по выработке со сверхзвуковой скоростью, нанося значительный урон угольной шахте. Второй вариант реализуется при достаточно низкой прочности пласта и прослойка.

Из сказанного следует, что газодинамическое явление напрямую зависит от характера распределения поля напряжений в краевой зоне угольного пласта, а также определяется характером распределения давления порового метана в этом пласте.

Распределение поля напряжений в краевой зоне пласта зависит от ряда факторов, в первую очередь, от наличия и параметров дизъюнктивных нарушений и слабых прослоек [5, 6]. Изменение же порового давления метана p вглубь пласта обусловлено коэффициентами пористости m , проницаемости пласта K , вязкости метана μ , а также скоростью движения забоя выработки θ [7].

В данной работе напряжённое состояние в углепородном массиве определяется на основе модели геомеханического состояния массива горных пород с прочностной анизотропией, вмещающей систему горных выработок [8]. Модель построена на базе фундаментального метода теории упругости — методе граничных интегральных уравнений [9]. В рамках модели получены и апробированы результаты проведённых исследований напряжённого состояния и состояния нарушенности массива в окрестности типовых и нетиповых незакреплённых и закреплённых горных выработок [10, 11]. В дальнейшем модель усовершенствована путём учёта характеристик прочности угольного пласта. В усовершенствованной модели распределение напряжений в краевой части угольного пласта получено на основе фундаментальных методов механики сыпучих сред [12]. В частности, принимается, что характеристики прочности угольного пласта меньше, чем в породах вмещающего массива, но выше характеристик прочности прослойка, а также характеристик прочности на его контакте с окружающим массивом.

Как и ранее [13, 14], распределение внутрипластового (порового) метана вглубь пласта определяется по сорбционной изотерме [7], а за критерий раскрытия трещин до образования свободных поверхностей принято условие превышения давления свобод-

ного метана над нормальными напряжениями, действующими на берегах трещин [15].

Целью статьи является исследование влияния характеристик прочности «слабого» прослойка угольного пласта и его коэффициента проницаемости на раскрытие и рост трещин кливажа и линий скольжения вплоть до соприкосновения (слияния) ими магистральных трещин со свободными поверхностями, на которых скапливается метан. При этом предполагается, что остальные параметры: предел прочности самого пласта, коэффициент пористости, вязкость метана и скорость движения забоя выработки — не изменяются.

ЗАДАЧА О НАПРЯЖЁННОМ СОСТОЯНИИ МАССИВА, ВМЕЩАЮЩЕГО УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ И ОЧИСТНУЮ ВЫРАБОТКУ, И ЗАДАЧА О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ МЕТАНА ВГЛУБЬ ПЛАСТА

Расчётная схема задач показана на рис. 1.

На этом рисунке приняты следующие обозначения: 1 — очистная выработка высотой h и пролётом a ; 2 — угольный пласт мощностью h ; 3 — низкопрочный прослойок угля («слабая» пачка) мощностью h_s ; 4 — регулярная система кливажных трещин; наклонённых к вертикали под углом α , 5 — линии скольжения в предельно напряжённой зоне пласта; 6 — слой обрушенных пород позади очистной выработки. Ψ — угол сдвига горных пород в зоне ведения очистных работ; h_0 — высота слоя полного подбучивания в выработанном пространстве; L — суммарная ширина зоны неупругого деформирования (предельно напряжённой зоны) пласта шириной ($L = L_s + L_p$, L_s — ширина зоны прослойка, L_p — ширина зоны пласта); L_v — размер приконтурной части пласта, в которой образуются свободные поверхности, заполненные метаном под давлением p . Ими могут быть и кливажные трещины, и линии скольжения. Система координат yOz совпадает с центральными осями выработки.

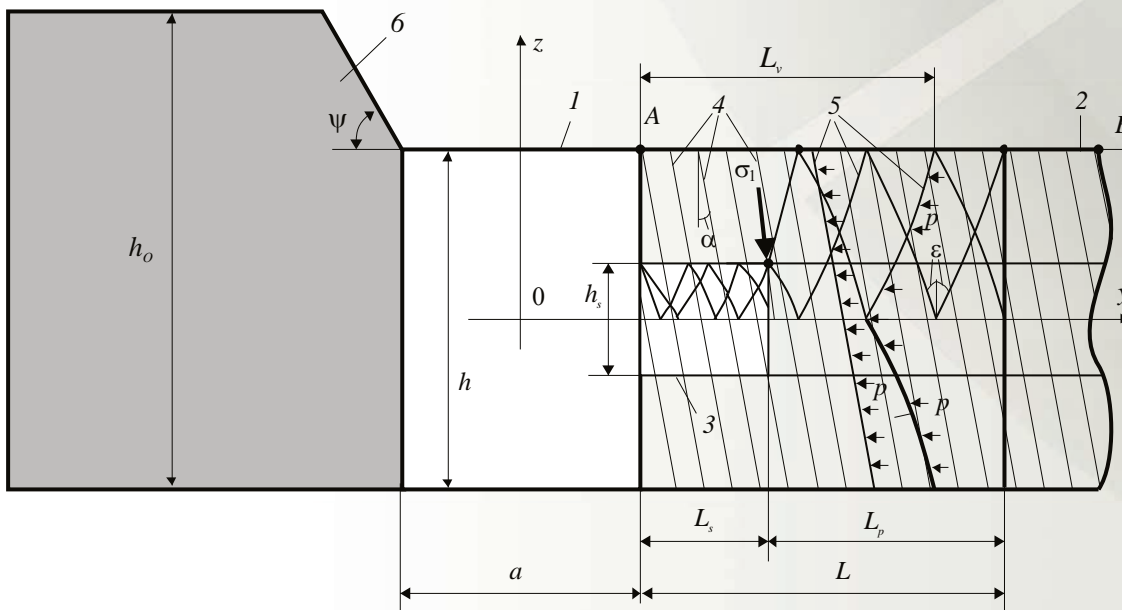


Рис. 1. Расчётная схема задачи

Основными параметрами задач являются следующие величины. H — глубина ведения горных работ (глубина заложения выработки); γ — средневзвешенный объёмный вес налегающих пород; характеристики прочности пласта: σ_0 — его предел прочности пласта на одноосное сжатие и C — коэффициент

сцепления, δ — угол внутреннего трения пласта, которые меньше, чем характеристики прочности пород вмещающего массива, но больше, чем характеристики прочности по кливажным трещинам и контактам пласта с остальным массивом (C' — коэффициент сцепления, δ' — угол внутреннего трения).

p_* — начальное давление газа, p — текущее давление газа, p_0 — давление газа на свободной поверхности, K — коэффициент проницаемости пласта в произвольном сечении, K_* — коэффициент проницаемости пласта на достаточном удалении от его кромки, K_0 — коэффициент проницаемости пласта на его кромке, L_K — расстояние от кромки пласта, при котором коэффициент проницаемости принимает значение, близкое к K_* , m — коэффициент пористости угольного пласта, T_* — начальная температура газа, $p_{ат}$ — атмосферное давление, q_* — сорбция ($\text{м}^3/\text{т}$) при давлении p_* , q — сорбция при давлении p , θ — скорость движения забоя выработки.

В работах [16, 17] показано, что образование и формирование предельно напряжённых зон в пласте приводит к появлению линий скольжения [16, 17]. Предельно напряжённые зоны в структурно однородном пласте развиваются вглубь от его обнажения, на котором реализуется одноосное сжатие (главные напряжения σ_1 достигают значения σ_0 , при этом, другое главное напряжение σ_3 равно нулю). Поскольку контакт пласта с массивом незначителен, то в предельно напряжённой зоне вдоль контакта пласта с массивом происходит проскальзывание пласта.

В этой связи в предельно напряжённой зоне одновременно реализуются и общее предельное состояние, соответствующее критерию Кулона – Мора с прямолинейной огибающей, касательной к кругам предельных состояний, и специальное предельное состояние, при котором прямая линия, касательная к кругам предельных состояний по поверхностям ослабления, пересекает круг предельных состояний пласта.

При наличии в угольном пласте слабого прослойка предельное состояние, характеризующее наличием линий скольжения, наступает сначала в прослойке, а в пласте предельное состояние начинается на некотором удалении от его кромки и при достижении равенства приведённых напряжений в прослойке и в пласте. При этом предельное состояние в пласте соответствует одноосному сжатию.

После перехода пласта в предельное со-

стояние дальнейшее его деформирование происходит вместе с прослойком как единое целое, при этом линии скольжения в прослойке и в пласте едины и не испытывают разрывов.

Характер изменения эпюр напряжений вдоль контактов прослойка с пластом, пласта с массивом, а также вдоль оси пласта представляет собой сменяющие друг друга участки с постоянными и нелинейно изменяющимися значениями, которые в процессе решения краевой задачи теории упругости аппроксимируются гладкими функциями, описываемыми полиномами с различными показателями степени [5, 6].

Наличие кливажа в пласте не изменяет характер распределения линий скольжения в его предельно напряжённой краевой зоне, но, при этом, предельно напряжённое состояние реализуется и по кливажным трещинам с углом наклона $\alpha \in [0; 80^\circ]$.

Граница смены пластических и упругих деформаций определяется из решения упругопластической задачи, которая путём замены предельно напряжённых зон пласта и слоя обрушенных пород реактивными усилиями, действующими на границах этих зон, сводится ко второй внешней краевой задаче теории упругости, решение которой построено методом граничных интегральных уравнений [18].

Кривая распределения давления метана вглубь пласта вычерчивается на основании подходов акад. С.А. Христиановича [7]. В данной статье мы воспользовались зависимостью между абсциссой y и параметром давления газа $\beta = p / p_*$, получение которой подробно изложено в работах [13, 14]:

$$y = L_K \left\{ 1 - \frac{1}{\ln \omega} \cdot \ln \left[\frac{\omega \cdot L_K}{L_K + \omega \cdot J(\beta) \cdot y_* \cdot \ln \omega} \right] \right\}. \quad (1)$$

В выражении (1)

$$\omega = \frac{K_0}{K_*}, \quad \frac{1}{y_*} = \frac{m\theta\mu}{K_*p_*}, \quad J(\beta) = \int_{\beta_0}^{\beta} \frac{\beta d\beta}{1 - \beta + \frac{b}{m}},$$

где параметры β_0 , b определяются по формулам

$$\beta_0 = \frac{p_0}{p_*}, \quad b = 1,3 \frac{T_*}{273} \frac{p_{aT}}{p_*} (q_* - q).$$

Сорбционная изотерма построена по усреднённым данным для пластов, залегающих на глубине 600 м в условиях Кузбасса, и приведена в [13, 14].

При проведении вычислительного эксперимента, результаты которого представлены на рис. 2–7, в качестве исходной информации приняты следующие данные: $H = 600$ м, $\gamma = 25$ кН/м³, $\sigma_0 = 10$ МПа, $\delta = 20^\circ$, $\sigma_{0s} = 4,6$ МПа, $\sigma_{0s} = 1,95$ МПа, $\delta_s = 20^\circ$, $\delta' = 10^\circ$, $C' = 0$, $a = 25$ м, $h = 3$ м, $h_s = 0,75$ м, $\theta = 20$ м/сутки, $m = 0,1$; величина K_* принимает значение, равное 0,01 миллиарди (1 миллиарди = $1,02 \cdot 10^{-15}$ м²) на расстоянии $L_K = 100$ м от кромки пласта, на

которой величина проницаемости K_0 принимает значения 0,5; 1,0; 5 миллиарди, $\mu = 0,011$ сП = $1,1 \cdot 10^{-11}$ МПа·с; $p_{0aT} = 0,1$ МПа, $T_* = 20$ С.

Параметры опорного давления (максимальные нормальные напряжения σ_{max} , ширина предельно напряжённой зоны L) при указанных выше параметрах выработки, пласта и прослойка приведены в работах [13, 14]. Так, при $\sigma_{0s} = 4,6$ МПа параметры опорного давления составляют следующие значения: $\sigma_{max} = 3,131$ γН, $L = 7,02$ м, при этом, пласт переходит в предельное состояние на расстоянии 1,25 м от забоя выработки. При $\sigma_{0s} = 1,95$ МПа, $\sigma_{max} = 3,215$ γН, $L = 7,5$ м пласт переходит в предельное состояние на расстоянии 2,4 м от его кромки.

На рис. 2 показана сорбционная изотерма, приведённая в работах [13, 14]. По этой изотерме проведены расчёты распределения порового давления метана по глубине пласта.

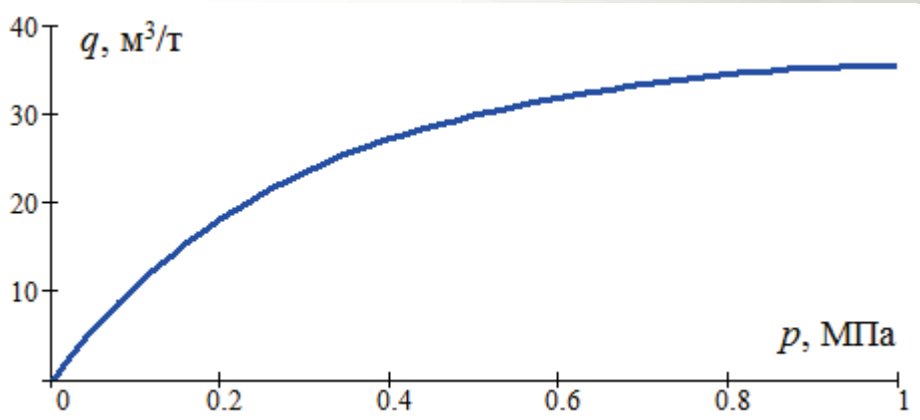


Рис. 2. Сорбционная изотерма пласта

Как уже отмечалось ранее [13, 14], на линиях скольжения, и кливажных трещинах сцепление отсутствует (коэффициент сцепления $C' = 0$), в этой связи условием образования свободных поверхностей на этих трещинах является следующее условие [32]:

$$p \geq \sigma_n, \quad (2)$$

где σ_n — нормальное к поверхности трещины напряжение в пласте.

Из теории напряжённого состояния известно, что нормальные к направлению кливажа напряжения σ_n связаны с компонентами

поля напряжений в системе координат yOz известными формулами преобразования напряжений при повороте координатных осей [9]:

$$\sigma_n = \sigma_z \cdot \sin^2 \alpha + \sigma_y \cdot \cos^2 \alpha + \tau_{yz} \cdot \sin 2\alpha, \quad (3)$$

где α , как и прежде, — угол между вертикалью и кливажными трещинами.

Если напряжения σ_n определяются вдоль трассы выработки y , то $\sigma_1 = \sigma_z$, $\sigma_3 = \sigma_y$, $\tau_{yz} = 0$, и формула (3) принимает вид:

$$\sigma_n = \sigma_1 \cdot \sin^2 \alpha + \sigma_3 \cdot \cos^2 \alpha.$$

На графиках рис. 3–7 представлены результаты вычислительного эксперимента. Графики иллюстрируют эпюры нормальных напряжений σ_n (линии 1, 2) и эпюры распределения порового давления метана (линии 3–5), построенные вдоль оси пласта при $\alpha = 2^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\alpha = 20^\circ$, $\alpha = 30^\circ$ и $\alpha = 35^\circ$.

Следует отметить, что при принятых характеристиках пласта угол между главным напряжением σ_1 и линиями скольжения составляет $\varepsilon = \pi/4 - \delta/2 = 35^\circ$. Т. е. при таком значении угла α линия кливажа совпадает с линией скольжения. На рис. 3–7 эпюра 1 соответствует прочности прослойка $\sigma_{0s} = 4,6$ МПа, а эпюра 2 — $\sigma_{0s} = 1,95$ МПа. Графики 3, 4, 5 построены соответственно при $K_0 = 0,5; 1,0; 5,0$ миллиарди.

На основании неравенства (2) следует, что раскрытие трещин на участках пласта возможно, если кривая порового давления метана располагается выше эпюр нормальных напряжений σ_n .

Так, например, из анализа рис. 3, полученного при крутом падении кливажных трещин ($\alpha = 2^\circ$), следует, что на участке OA кривая 3 давления пластового метана расположена выше эпюры 1 нормальных напряже-

ний σ_n для пласта с прослойком $\sigma_{0s} = 4,6$ МПа и, следовательно, кливажные трещины в промежутке между этими точками раскрыты. В точке A пересечения эпюр σ_n и p давление газа составляет 4,22 МПа, а её абсцисса равна 14,29 м. Следовательно, расстояние между кромкой пласта и точкой A , соответствует предельной длине $L_v = 14,29 - 12,5 = 1,79$ м. Полученное значение больше расстояния 1,25 м, при котором пласт переходит в предельное состояние. Следовательно, точка A расположена в предельно напряжённой части самого пласта. Из этого рисунка также следует, что кривая 3 пересекает эпюру давления 2 ($\sigma_{0s} = 1,95$ МПа) в точке B с координатами $p = 3,93$ МПа, $L_v = 13,92 - 12,5 = 1,42$ м. Это значение меньше 2,4 м, при котором пласт переходит в предельно напряжённое состояние. В этой связи, точка B принадлежит той части пласта, в которой его предельно напряжённое состояние ещё не наступило. Кривые 4 и 5 расположены ниже кривой 3, поэтому координаты точек их пересечения с эпюрами σ_n принимают меньшие значения, но всё равно в областях OC , OD , OE , OG происходит раскрытие трещин.

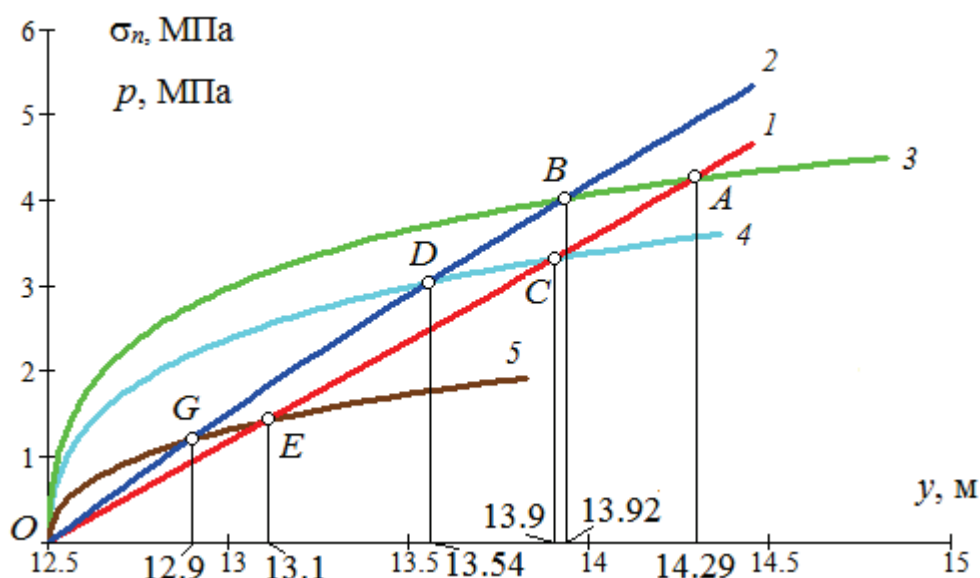


Рис. 3. Эпюры распределения нормального напряжения σ_n (кривая 1, 2) и порового давления метана p (кривые 3, 4, 5) вдоль оси пласта при $\alpha = 2^\circ$

На рис. 4 эпюры нормальных напряжений на поверхности трещины построены при угле падения $\alpha = 10^\circ$.

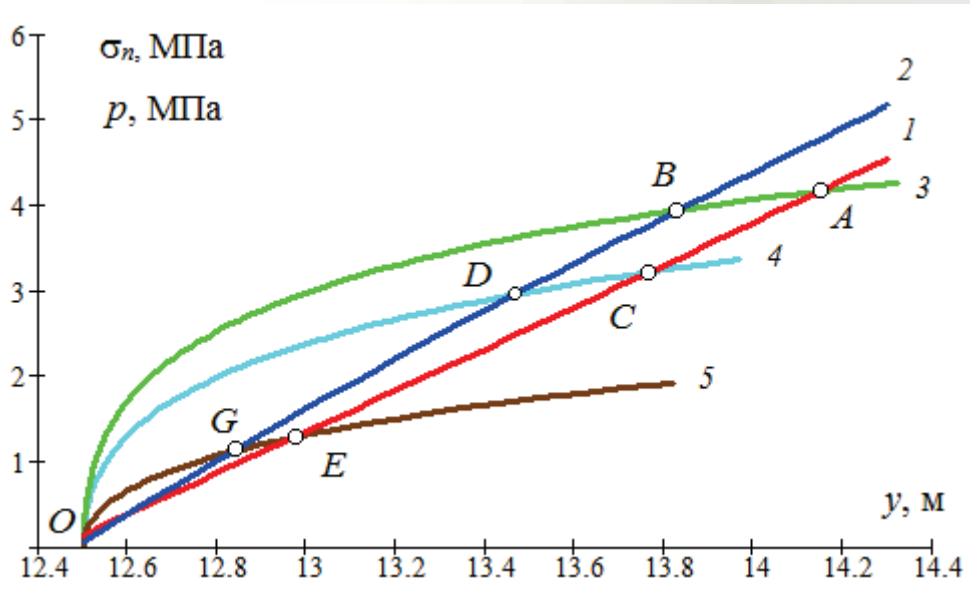


Рис. 4. Эпюры распределения нормального напряжения σ_n (кривая 1, 2) и порового давления метана p (кривые 3, 4, 5) вдоль оси пласта при $\alpha = 10^\circ$

Из рисунка следует, что и при $\alpha = 10^\circ$ области раскрытия трещин сохраняют предыдущий вид, но имеют меньшие размеры. В обоих случаях области раскрытия трещин практически начинаются от самой кромки пласта (точка O).

На рис. 5 эпюры нормального напряжения σ_n соответствуют более пологому наклону кливажных трещин с углом $\alpha = 20^\circ$. Как

следует из рисунка, линия 1 пересекает только кривые 3 и 4 порового давления метана в точках A и C . Видно, что линия 1 не пересекается с кривой 5, а с кривыми 3, 4 пересекается в точке F , а не в точке O , расположенной на кромке пласта. Таким образом, появление свободных поверхностей в пласте возможно лишь при достаточно низких значениях коэффициента проницаемости.

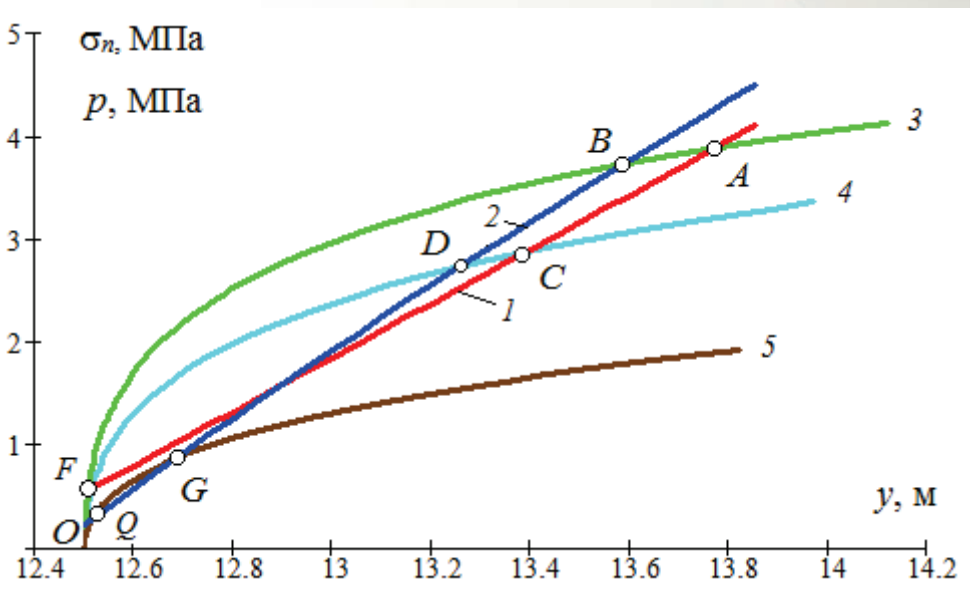


Рис. 5. Эпюры распределения нормального напряжения σ_n (кривая 1, 2) и порового давления метана p (кривые 3, 4, 5) вдоль оси пласта при $\alpha = 20^\circ$

На рис. 6 эпюры нормального напряжения σ_n 1, 2 построены при угле наклона кливажных трещин, равном 30° .

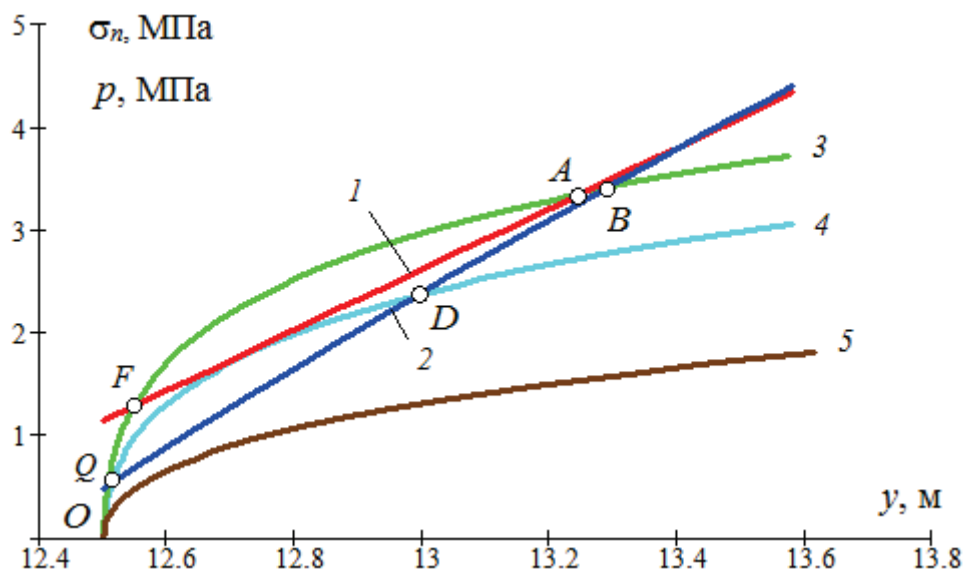


Рис. 6. Эпюры распределения нормального напряжения σ_n (кривая 1, 2) и порового давления метана p (кривые 3, 4, 5) вдоль оси пласта при $\alpha = 30^\circ$

Из данных на рисунке следует, что эпюра 1 пересекает только один график 3 порового давления метана в точках A и F и, следовательно, раскрытие кливажных трещин в пласте с более прочным прослойком может произойти только при достаточно низком показателе проницаемости пласта. При менее прочном прослойке эпюра напряжения 2 пересекает график давления метана, построенный при более высоком коэффициенте проницаемости ($K_0 = 1$ милли-

дарси). Однако, при достаточно высоком коэффициенте проницаемости ($K_0 = 5$ миллиарди) кривая давления метана расположена ниже эпюр напряжений 1 и 2 и в этом случае условие (2) не выполняется и, следовательно, свободных поверхностей не образуется.

На рис. 7 эпюры напряжений 1, 2 построены при угле наклона кливажных трещин, равном 35° , что соответствует наклонам линий скольжения к оси пласта.

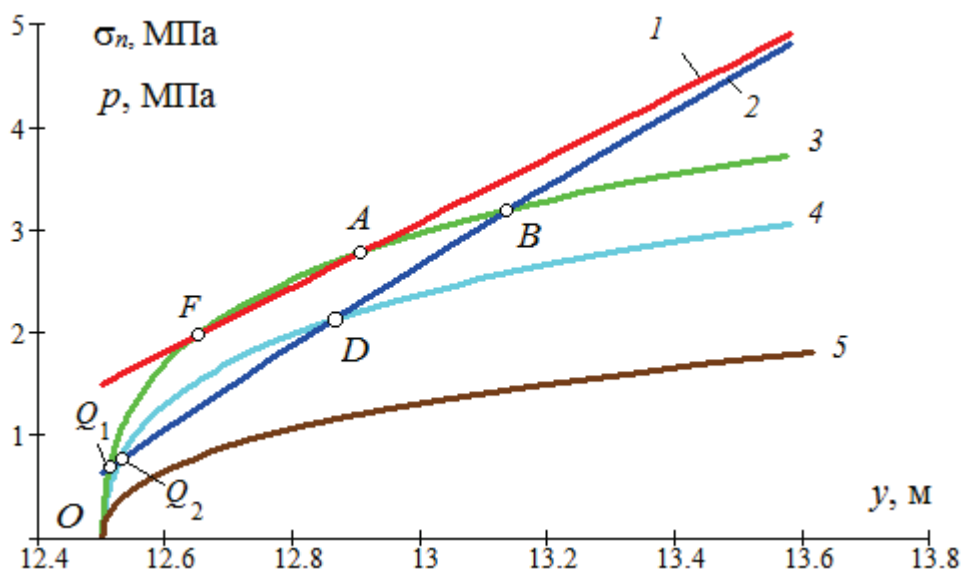


Рис. 7. Эпюры распределения нормального напряжения σ_n (кривая 1, 2) и порового давления метана p (кривые 3, 4, 5) вдоль оси пласта при $\alpha = 35^\circ$

Из данных на рисунке следует, что участок между точками A и F значительно уже, чем на рис. 6. Участки, в пределах которых происходит раскрытие трещин в пласте с более низким прослойком, также уменьшаются, а в пласте с $K_0 = 5$ миллиарда раскрытие кливажных трещин вообще не происходит, поскольку кривая давления метана 5 расположена ниже эпюр напряжений.

На основании приведённых выше результатов следует, что наклон кливажных трещин играет важную роль в раскрытии их поровым метаном.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённых исследований установлено:

1. При наличии в угольном пласте кливажных трещин образование на них свободных поверхностей может происходить начиная с самой кромки пласта.

2. В отсутствие кливажа поверхности со свободным метаном могут возникать только по линиям скольжения, которые образуют-

ся сначала в прослойке, а затем на некотором расстоянии в самом пласте. Поэтому в достаточно «слабом» прослойке раскрытие трещин по линиям скольжения происходит не в самом пласте, а только в прослойке даже при низких значениях коэффициента проницаемости.

В более прочном прослойке образование поверхностей со свободным метаном может происходить не только в прослойке, но и в пласте. Поэтому при наличии «слабого» прослойка в пласте выброс происходит из прослойка, а при наличии более прочных прослойков он может захватить и часть пласта.

3. В пластах с углом наклона кливажных трещин, превышающим наклон линий скольжения, образование свободных поверхностей возможно только по линиям скольжения, при этом, в прослойке, предел прочности которого более 4,6 МПа, поверхности со свободным метаном не образуются даже при значительном поровом давлении метана в непосредственной близости к кромке пласта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. М.: Недра, 1983. 280 с.
2. Зыков В.С. О механизме формирования выбросоопасной ситуации в очистном забое угольной шахты. // Маркшейдерский вестник. 2016. № 5. С. 44–48.
3. Клишин В.И., Зворыгин Л.В., Лебедев А.В. и др. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений. Новосибирск: Новосибирский писатель, 2011. 524 с.
4. Зыков В.С., Филатов Ю.М. Проявление опасности по газодинамическим явлениям в очистных забоях угольных шахт // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 441–445.
5. Черданцев Н.В. Оценка геомеханического состояния краевой зоны угольного пласта, вмещающего непрочный прослойк // Прикладная математика и механика. 2021. № 2. С. 239–256.
6. Черданцев Н.В. Об одном подходе к расчёту напряжённого состояния краевой зоны угольного пласта, вмещающего непрочный прослойк // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2021. № 1. С. 5–16.
7. Христианович С.А. Распределение давления газа вблизи движущейся свободной поверхности угля. Изв АН СССР. ОНТ, 1953. № 12. С. 1673–1678.
8. Черданцев Н.В., Изаков В.Ю. Некоторые трёхмерные и плоские задачи геомеханики. Кемерово: КузГТУ, 2004. 190 с.
9. Лурье А.И. Теория упругости. М.: Наука, 1970. 940 с.
10. Черданцев Н.В., Преслер В.Т., Изаков В.Ю. Классификация вырезов по степени их влияния на окружающий массив // Вестник КузГТУ. 2006. № 5. С. 3–7.

11. Черданцев Н.В. Влияние анкерной крепи на устойчивость породного массива, вмещающего одиночную выработку // Вестник КузГТУ. 2012. № 4. С. 3–7.
12. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. М.: Наука, 1990. 272 с.
13. Черданцев Н.В. Решение задачи о раскрытии метаном трещин в предельно напряжённой зоне пласта // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 2. С. 13–19.
14. Черданцев Н.В. Постановка и решение задачи о раскрытии метаном кливажных трещин в краевой зоне угольного пласта // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 1. С. 14–26.
15. Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1984. 560 с.
16. Руппенейт К.В. Некоторые вопросы механики горных пород. М.: Углетехиздат, 1954. 384 с.
17. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. М.: Недра, 1976. 272 с.
18. Черданцев Н.В. Один из подходов к построению траектории трещины гидроразрыва в массиве горных пород вблизи горной выработки // Прикладная математика и механика. 2020. Т. 84. № 2. С. 208–233.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.97.85.001

UDC 622.023.23

© N.V. Cherdantsev, S.I. Goloskokov, K.S. Lebedev, 2022

N.V. CHERDANTSEV

Doctor of Engineering Sciences,

Chief Researcher

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: nvch2014@yandex.ru

S.I. GOLOSKOKOV

Candidate of Engineering Sciences,

Head of Laboratory

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: s.goloskokov@nc-vostnii.ru

K.S. LEBEDEV

Research Associate

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: lebedevks1987@yandex.ru

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SOME PARAMETERS OF THE WORKED COAL SEAM ON THE OPENING OF CRACKS BY METHANE IN ITS EDGE ZONE

Within the model of a geomechanical condition of extremely intense regional area of gas-bearing coal layer developed earlier, researches of influence of some of his gas-geomechanical parameters on disclosure by methane of cracks in his regional area are conducted.

The model combines the description of the geomechanical state of the coal seam by methods of mechanics of a deformable solid and mechanics of loose media with the distribution of the in-situ pressure

of methane near the moving bottomhole of the mine, obtained by academician S.A. Khristianovich.

It is known that cleft cracks or sliding lines formed in the extremely stressed marginal zone of the formation and due to its strength characteristics, with a certain combination of the mountain pressure acting on their shores and the pore pressure of methane, can be opened. As a result, surfaces containing free methane appear.

Existence of such surfaces is a necessary condition of emergence of the gasdynamic phenomenon which can be shown or due to expression by free methane in development of the contour part of layer, or by emergence of a wave of crushing of layer and the subsequent emission of the gas and coal mix which accumulated when crushing coal.

Keywords: ROCK MASSIF, COAL BED WITH WEAK INTERLAYER, MINING, EXTREMELY STRESSED EDGE ZONES, FORMATION STRENGTH CHARACTERISTICS, FILTRATION COEFFICIENTS, PERMEABILITY, POROSITY.

REFERENCES

1. Petukhov I.M., Linkov A.M. Mechanics of rock impacts and emissions. M.: Nedra, 1983. 280 p. [In Russ.].
2. Zykov V.S. On the mechanism of formation of an outlier situation in the treatment face of a coal mine. // Surveying Bulletin [Markshejderskij vestnik]. 2016. No. 5. P. 44–48. [In Russ.].
3. Klishin V.I., Zvorygin L.V., Lebedev A.V., etc. Safety problems and new technologies of underground mining of coal deposits. Novosibirsk: Novosibirsk Writer, 2011. 524 p. [In Russ.].
4. Zykov V.S., Filatov Yu.M. Manifestation of danger by gas-dynamic phenomena in the treatment faces of coal mines // High-tech technologies for the development and use of mineral resources [Naukoyomkie tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnyh resursov]. 2018. No. 4. P. 441–445. [In Russ.].
5. Cherdantsev N.V. Assessment of the geomechanical state of the marginal zone of a coal seam containing a fragile interlayer // Applied Mathematics and Mechanics [Prikladnaya matematika i mekhanika]. 2021. No. 2. P. 239–256. [In Russ.].
6. Cherdantsev N.V. About one approach to the calculation of the stress state of the marginal zone of a coal seam containing a fragile interlayer // Bulletin of the Scientific Center of VostNII on Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo centra VostNII po promyshlennoj i ekologicheskoy bezopasnosti]. 2021. No. 1. P. 5–16. [In Russ.].
7. Khristianovich S.A. Distribution of gas pressure near the moving free surface of coal. News of the USSR Academy of Sciences. ONT, 1953. No. 12. P. 1673–1678. [In Russ.].
8. Cherdantsev N.V., Izakson V.Yu. Some three-dimensional and planar problems of geomechanics. Kemerovo: KuzSTU, 2004. 190 p. [In Russ.].
9. Lurie A.I. Theory of elasticity. M.: «Nauka», 1970. 940 p. [In Russ.].
10. Cherdantsev N.V., Presler V.T., Izakson V.Yu. Classification of cutouts according to the degree of their influence on the surrounding array // Bulletin of KuzSTU [Vestnik KuzGTU]. 2006. No. 5. P. 3–7. [In Russ.].
11. Cherdantsev N.V. The influence of anchor support on the stability of a rock mass containing a single mine // Bulletin of KuzSTU [Vestnik KuzGTU]. 2012. No. 4. P. 3–7. [In Russ.].
12. Sokolovsky V.V. Static bulk medium. M.: Nauka, 1990. 272 p. [In Russ.].
13. Cherdantsev N.V., Cherdantsev N.V. Solving the problem of methane cracking in the extremely stressed zone of the formation // Occupational safety in industry [Bezopasnost truda v promyshlennosti]. 2022. No. 2. P. 13–19. [In Russ.].
14. Cherdantsev N.V. Cherdantsev N.V. Formulation and solution of the problem of methane disclosure of cleavage cracks in the marginal zone of a coal seam // Bulletin of the Scientific Center of

VostNII on Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo centra VostNII po promyshlennoj i ekologicheskoj bezopasnosti]. 2022. No. 1. P. 14–26. [In Russ.].

15. Sedov L.I. Mechanics of a continuous medium. M.: «Nauka», 1984. 560 p. [In Russ.].

16. Ruppeneit K.V. Some questions of rock mechanics. M.: «Ugletekhizdat», 1954. 384 p. [In Russ.].

17. Fisenko G.L. Limiting conditions of rocks around workings. M.: «Nedra», 1976. 272 p. [In Russ.].

18. Cherdantsev N.V. One of the approaches to constructing the trajectory of a hydraulic fracturing crack in a rock massif near a mining operation // Applied Mathematics and Mechanics [Prikladnaya matematika i mekhanika]. 2020. Vol. 84. No. 2. P. 208–233. [In Russ.].