

Следует рассмотреть перспективу развития Криворожского региона не с позиций увеличения добычи руды, а из переориентации на новые виды деятельности с учетом занятости населения. Исходить из того, что Украине в таких огромных объемах добычи руды нет необходимости. Добыча руды на некоторых карьерах в ближайшем будущем будет не экономичной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харін С.А. Розвиток наукових основ проектування будівництва залізородних шахт на великих глибинах/ С.А. Харін.- Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора техн. наук. Дніпропетровськ. 2012.
2. Четверик М.С. Перспективы использования земельных ресурсов горнорудных предприятий Кривбасса для производства биотоплива / М.С. Четверик, Е.А. Ворон // Металлургическая и горнорудная промышленность.-Днепропетровск, 2012.-№3.-С. 71-75.
3. Бабий Е.В. Технология предобогащения железных руд в глубоких карьерах/ Е.В. Бабий.- Киев.: «Наукова думка», 2011.- 184 с.
4. Ильин С.А. Преодоление изначальных недостатков открытого способа разработки: опыт и результаты/ С.А. Ильин, В.С. Коваленко, Д.В. Пастихин // Горный журнал, 2012, №4, С.25-32.

**УДК 539.3:622.831.322**

Канд. физ. мат. наук А.Р. Сницер,  
(НИИ ПГД ТНУ им. В.И. Вернадского)  
д-р техн. наук Л.М. Васильев,  
канд. техн. наук В.В. Зберовский  
(ИГТМ НАН Украины),  
инж. И.Ф. Чугунков  
(ПАО «Краснодонуголь»)

### **ПЕРЕДАЧА ДАВЛЕНИЯ В УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ ПРИ ГИДРОИМПУЛЬСНОМ НАГНЕТАНИИ ЖИДКОСТИ В СКВАЖИНУ**

У рамках теорії пружності розглядається задача про розподіл напружень навколо горизонтальної свердловини у вугільному пласті при заданій радіальній навантаженні її поверхні. Пласт розташований на заданій глибині від денної поверхні і передбачається зчепленим з масивом. Проводиться порівняння розподілів напружень навколо свердловини в шарі і в безмежному масиві при рівних умовах нагнітання рідини. Оцінюється вплив границь пласта на розподілення напружень.

### **PRESSURE TRANSFER IN THE COAL SEAM AT HYDROIMPULSIVE FLUID INJECTION INTO THE WELL**

In the framework of the theory of elasticity, the problem of the distribution of stresses around a horizontal well in the coal seam at a given radial load its surface is considered. Reservoir located at a given depth from the surface of the Earth and adhered to the expected array. The comparison of the stress distribution around the hole in the layer and in an infinite array under equal conditions injection of fluid is done. The influence of reservoir boundaries on the stress distribution is evaluated.

#### **Введение**

В работе [1] исследована задача о распределении напряжений вокруг горизонтальной скважины в угольном массиве при импульсном нагнетании в нее жидкости. При моделировании учитывалось, что массив представлен упругой средой, в которой на определенной глубине от дневной поверхности располо-

жена скважина. Гидравлический импульс, действующий на поверхность скважины, моделировался суперпозицией постоянной составляющей и динамической составляющей, гармонически изменяющейся во времени. В данной статье рассматривается аналогичная задача для угольного пласта, сжатого боковыми породами.

### 1. Краевая задача о волновом поле линейного гармонического источника упругих волн в слое

Пусть в упругом слое  $|y| \leq h$ ,  $|x| < \infty$  параллельно его границам и симметрично относительно центра декартовой системы координат расположена безграничная цилиндрическая скважина радиуса  $r = a$  (рис. 1). Предполагается, что на поверхности скважины задана радиальная гармоническая нагрузка:

$$\sigma_{rr} = -0.5 \Delta p \exp(i\omega t), \quad \Delta p = \text{const}. \quad (1)$$

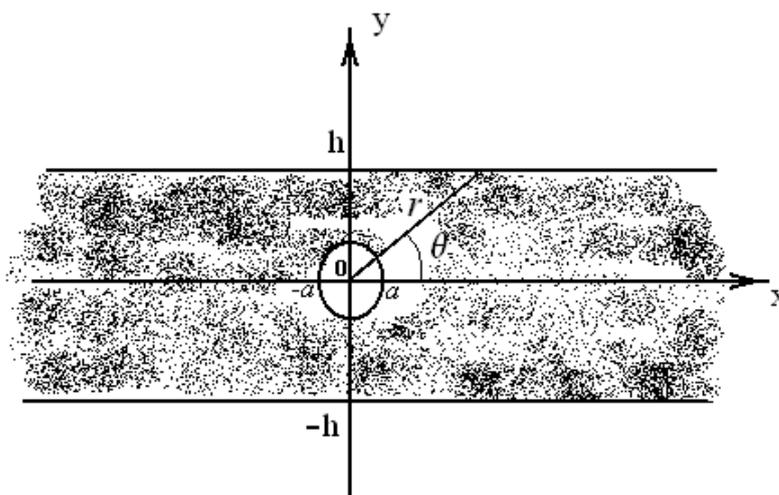


Рис.1 – Модель цилиндрической скважины в угольном пласте

Границы угольного слоя полагаются сцепленными с окружающей его средой, так что на границах перемещения отсутствуют:

$$u_x(x, y) + u_x^{(0)}(x, y) = 0, \quad u_y(x, y) + u_y^{(0)}(x, y) = 0, \quad y = \pm h, \quad (2)$$

где перемещения  $u_x^{(0)}(x, y)$ ,  $u_y^{(0)}(x, y)$  – порождаются цилиндрическим источником колебаний в безграничной упругой среде, а  $u_x(x, y)$ ,  $u_y(x, y)$  – добавочные перемещения, связанные с взаимодействием возмущений с границами слоя.

Перемещения, порождаемые цилиндрическим источником определяются решением динамической краевой задачи теории упругости о гармоническом осесимметричном нагружении поверхности скважины в неограниченной упругой среде [2,3]:

$$u_r^{(0)}(r) = B \cdot H_1^{(2)}(k_1 r), \quad B = \frac{pk_1^2}{\mu k_2^2 \left[ \frac{2k_1^2}{ak_2^2} H_1^{(2)}(k_1 a) - k_1 H_0^{(2)}(k_1 a) \right]}, \quad (3)$$

Составляющие радиальной компоненты по направлениям декартовой системы координат имеют вид:

$$u_x^{(0)}(x, y) = u_r^{(0)}(r) \cos \vartheta = u_r^{(0)}(r) \frac{x}{r}, \quad u_y^{(0)}(x, y) = u_r^{(0)}(r) \sin \vartheta = u_r^{(0)}(r) \frac{y}{r}, \quad (4)$$

где цилиндрическая координата  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ ;  $\vartheta$  – угол между положительным направлением оси  $Ox$  и радиальным направлением;  $k_1 = 2\pi f \sqrt{\frac{\rho(1-2\nu)}{2\mu(1-\nu)}}$ ,

$k_2 = 2\pi f \sqrt{\frac{\rho}{\mu}}$  – волновые числа продольной и поперечной волн в упругой среде;

$\rho$  – плотность;  $\mu$  – модуль сдвига;  $\nu$  – коэффициент Пуассона;  $f$  – частота воздействия на поверхность скважины.

Решения для перемещений  $u_x(x, y)$ ,  $u_y(x, y)$  выражаются через потенциалы Ламэ  $\varphi$  и  $a_z$ , удовлетворяющие волновым уравнениям [4]:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + k_1^2 \varphi = 0, \quad \frac{\partial^2 a_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a_z}{\partial y^2} + k_2^2 a_z = 0. \quad (5)$$

$$u_x(x, y) = \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial a_z}{\partial y}, \quad u_y(x, y) = \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{\partial a_z}{\partial x}; \quad (6)$$

Решения для потенциалов разыскиваются в виде:

$$\varphi(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_1(\xi) \cos(\gamma_1 y) + C_2(\xi) \sin(\gamma_1 y) \exp(-\xi x) d\xi, \quad (7)$$

$$a_z(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} C_3(\xi) \cos(\gamma_2 y) + C_4(\xi) \sin(\gamma_2 y) \exp(-\xi x) d\xi, \quad (8)$$

где

$$\gamma_{1,2} = \begin{cases} \sqrt{k_{1,2}^2 - \xi^2}, & |\xi| < k_{1,2}; \\ -i\sqrt{\xi^2 - k_{1,2}^2}, & |\xi| > k_{1,2}. \end{cases}, \quad (9)$$

Удовлетворяя граничным условиям (2), и применяя формулу обращения преобразования Фурье, приходим к системе 4-х линейных алгебраических уравнений для определения интегральных плотностей  $C_j(\xi)$ ,  $j = 1 \div 4$ . При условии

$$\xi^2 \sin(\gamma_1 h) \cos(\gamma_2 h) + \gamma_1 \gamma_2 \cos(\gamma_1 h) \sin(\gamma_2 h) \neq 0, \quad (10)$$

для интегральных плотностей получим:

$$C_1(\xi) = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad C_2(\xi) = C_3(\xi) = 0, \quad C_4(\xi) = \frac{\Delta_4}{\Delta}, \quad (11)$$

где

$$\Delta_1 = -B \left[ \xi I_1(\xi) \sin(\gamma_2 h) + \gamma_2 h I_2(\xi) \cos(\gamma_2 h) \right], \quad (12)$$

$$\Delta_4 = B \left[ \xi h I_2(\xi) \cos(\gamma_1 h) + \gamma_1 I_1(\xi) \sin(\gamma_1 h) \right], \quad (13)$$

$$\Delta = - \left[ \xi^2 \cos(\gamma_1 h) \sin(\gamma_2 h) + \gamma_1 \gamma_2 \sin(\gamma_1 h) \cos(\gamma_2 h) \right]. \quad (14)$$

Интегралы  $I_1(\xi)$ ,  $I_2(\xi)$ , входящие в (12), (13) вычисляются в замкнутом виде [5]:

$$I_1(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x H_1^{(2)}(k_1 \sqrt{x^2 + h^2})}{\sqrt{x^2 + h^2}} e^{-i\xi x} dx = -\frac{2\xi}{k_1} \begin{cases} \frac{\exp(-ih\sqrt{k_1^2 - \xi^2})}{i\sqrt{k_1^2 - \xi^2}}, & |\xi| < k_1; \\ \frac{\exp(-h\sqrt{\xi^2 - k_1^2})}{\sqrt{\xi^2 - k_1^2}}, & |\xi| > k_1. \end{cases} \quad (15)$$

$$I_2(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{H_1^{(2)}(k_1 \sqrt{x^2 + h^2})}{\sqrt{x^2 + h^2}} e^{-i\xi x} dx = \frac{2i}{k_1 h} \begin{cases} \exp(-ih\sqrt{k_1^2 - \xi^2}), & |\xi| < k_1; \\ \exp(-h\sqrt{\xi^2 - k_1^2}), & |\xi| > k_1. \end{cases} \quad (16)$$

Таким образом, потенциалы  $\varphi$ ,  $u$  и  $a_z$  для слоя определены.

## 2. Определение напряжений в окрестности скважины параллельной границам слоя

Динамическая составляющая радиального напряжения в окрестности скважины в упругом слое  $\sigma_{rr}^{(str)}(r)$  при гидроимпульсном нагнетании жидкости состоит из линейной суперпозиции напряжений от источника (колебаний поверхности скважины) в безграничной среде  $\sigma_{rr}^{(din)}(r)$ , определяемой выражением [2,3]

$$\sigma_{rr}^{(din)}(r) = -0.5 \Delta p \frac{2br^{-1}H_1^{(2)}(k_1r) - k_1H_0^{(2)}(k_1r)}{2ba^{-1}H_1^{(2)}(k_1a) - k_1H_0^{(2)}(k_1a)} \quad (17)$$

и дополнительного напряжения  $\sigma_{rr}^{(add)}(r)$ , возникающего вследствие взаимодействия возмущения с границами слоя

$$\sigma_{rr}^{(strat)}(r) = \sigma_{rr}^{(din)}(r) + \sigma_{rr}^{(add)}(r). \quad (18)$$

Запишем выражение для дополнительного напряжения  $\sigma_{rr}^{(add)}(r)$  в направлении радиуса, составляющего с осью  $Ox$  декартовой системы координат угол  $\mathcal{G}$  [6]

$$\sigma_{rr}^{(add)}(r) = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos(2\mathcal{G}). \quad (19)$$

Компоненты напряжений  $\sigma_x(x, y)$ ,  $\sigma_y(x, y)$  выражаются через найденные выше потенциалы Ламэ (7), (8) по известным формулам [4]:

$$\sigma_x(x, y) = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \frac{k_1^2 \nu}{1 - 2\nu} \varphi + \frac{\partial^2 a_z}{\partial x \partial y}, \quad (20)$$

$$\sigma_y(x, y) = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} - \frac{k_1^2 \nu}{1 - 2\nu} \varphi - \frac{\partial^2 a_z}{\partial x \partial y}. \quad (21)$$

В итоге, зная потенциалы  $\varphi \llcorner, y \bar{\cdot}$ ,  $a_z \llcorner, y \bar{\cdot}$  и используя (20), (21) для добавочной динамической компоненты радиального напряжения (19) в слое получим:

$$\sigma_{rr}^{(add)}(r) = 2\mu \frac{ik_1 B}{\pi} \left( \frac{1 + 2\nu}{1 - 2\nu} \right) Int(x, y),$$

$$Int(x, y) = \int_0^{\infty} \left[ \alpha \frac{M(\xi)}{D(\xi)} e^{-i\xi\gamma_1 h} \cos\gamma_1 y + \beta \frac{2\xi^2\gamma_2}{k_1^2 D(\xi)} e^{-2i\xi\gamma_1 h} \cos\gamma_2 y \right] \cos\xi x dx, \quad (22)$$

$$\alpha = \frac{1-2\nu}{1+2\nu} - \cos 2\vartheta, \quad \beta = \cos 2\vartheta, \quad M(\xi) = \gamma_2 \cos\gamma_2 h + \frac{i\xi^2}{\gamma_1} \sin\gamma_2 h, \quad (23)$$

$$D(\xi) = \xi^2 \cos\gamma_1 h \sin\gamma_2 h + \gamma_1 \gamma_2 \cos\gamma_2 h \sin\gamma_1 h. \quad (24)$$

Коэффициент  $B$  определяется согласно (3),  $\gamma_{1,2}$  – согласно (9), а переход от полярных координат к декартовым координатам дает

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad \cos 2\vartheta = (x^2 - y^2)/(x^2 + y^2). \quad (25)$$

Подставляя выражения (17) и (22) в (18) получаем радиальную компоненту напряжения в угольном пласте при гидроимпульсном нагнетании жидкости в скважину, с учетом влияния подошвы и кровли

$$\sigma_{rr}^{(str)} = B\mu \left\{ - \left[ \frac{2H_1^{(2)}(k_1\sqrt{x^2 + y^2})}{\sqrt{x^2 + y^2}} - \frac{k_1}{b} H_0^{(2)}(k_1\sqrt{x^2 + y^2}) \right] + \frac{2ik_1}{\pi} \left( \frac{1+2\nu}{1-2\nu} \right) Int(x, y) \right\}, \quad (26)$$

где

$$\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad b = \frac{k_1^2}{k_2^2} = \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)}. \quad (27)$$

### 3. Зависимости радиальных напряжений в окрестности скважины от расстояния до ее центра

Для оценки влияния подошвы и кровли угольного пласта на радиальные напряжения, были проведены расчеты зависимостей  $\sigma_{rr}^{(str)}$  от радиальной координаты  $r$  в направлении угла  $\vartheta = \pi/4$ . В этом случае в (25) следует полагать  $x = y < h$ ,  $2x^2 < a^2$ , а в интеграле (22) –  $\alpha = (1-2\nu)/(1+2\nu)$  и  $\beta = 0$ . Тогда выражение (26) принимает вид

$$\sigma_{rr}^{(str)}(x, x) = B \frac{E}{2(1+\nu)} \left\{ - \left[ \frac{\sqrt{2}H_1^{(2)}(k_1x\sqrt{2})}{x} - \frac{k_1}{b} H_0^{(2)}(k_1x\sqrt{2}) \right] + \right.$$

$$\left. + \frac{2ik_1}{\pi} \left( \frac{1+2\nu}{1-2\nu} \right) \text{Int}(x, x) \right\}, \quad (28)$$

а интеграл (22) выражается в виде

$$\text{Int}(x, x) = \int_0^{\infty} \frac{M(\xi)}{D(\xi)} e^{-i\xi\gamma_1 h} \cos \gamma_1 x \cos \xi x d\xi. \quad (29)$$

Подинтегральная функция в (29) имеет вещественные полюса, являющиеся простыми нулями трансцендентного уравнения:

$$\frac{\text{tg} \gamma_1 h}{\text{tg} \gamma_2 h} = -\frac{\xi^2}{\gamma_1 \gamma_2}. \quad (30)$$

Поэтому интеграл (29) вычисляем на основе теории вычетов, представив его следующим образом:

$$\text{Int}(x, x) = \int_0^{\infty} \frac{P(\xi)}{Q(\xi)} dx, \quad (31)$$

$$P(\xi) = \frac{1 + \frac{i\xi^2}{\gamma_1 \gamma_2} \text{tg} \gamma_2 h}{\gamma_1 \cos \gamma_1 h} e^{-i\xi\gamma_1 h} \cos \gamma_1 x \cos \xi x, \quad (32)$$

$$Q(\xi) = \text{tg} \gamma_1 h + \frac{\xi^2}{\gamma_1 \gamma_2} \text{tg} \gamma_2 h. \quad (33)$$

Согласно теории вычетов имеем

$$\text{Int}(x, x) = \int_0^{k_1} \frac{P(\xi)}{Q(\xi)} dx + \int_{k_1 0}^{k_2} \frac{P(\xi)}{Q(\xi)} dx + \int_{k_2}^{\infty} \frac{P(\xi)}{Q(\xi)} dx - i\pi \sum_k \text{Res} \frac{P(\xi_k)}{Q(\xi_k)}. \quad (34)$$

Здесь интеграл вычисляется на трех промежутках в силу различного представления радикалов  $\gamma_1, \gamma_2$  согласно указанному в (9) выбору ветвей. Интегралы в (34) вычисляются в смысле главного значения Коши, а вычеты определяются выражениями:

$$\text{Res} \frac{P(\xi)}{Q(\xi)} \Big|_{\xi=\xi_k} = \frac{P(\xi_k)}{dQ(\xi)/d\xi} \Big|_{\xi=\xi_k}, \quad (35)$$

$$\frac{dQ(\xi)}{d\xi} = \frac{\xi}{\gamma_1 \gamma_2} \left( 2 \operatorname{tg} \gamma_2 h - \frac{h \xi^2}{\gamma_2 \cos^2 \gamma_2 h} \right) + \xi^3 \left( \frac{1}{\gamma_1^3 \gamma_2} + \frac{1}{\gamma_1 \gamma_2^3} \right) \operatorname{tg} \gamma_2 h - \frac{h \xi}{\gamma_1 \cos^2 \gamma_1 h}, \quad (36)$$

где  $\xi_k$  –  $k$ -й корень трансцендентного уравнения (30).

На рисунке 2 представлены пространственные зависимости модулей радиальных компонент тензоров напряжений вокруг скважины в слое толщины  $2h = 2$  м и в безграничной упругой среде, возникающие при частоте импульсов кавитационных автоколебаний  $f = 1000$  Гц для параметров среды:  $E = 4$  ГПа,  $\nu = 0,2$ .

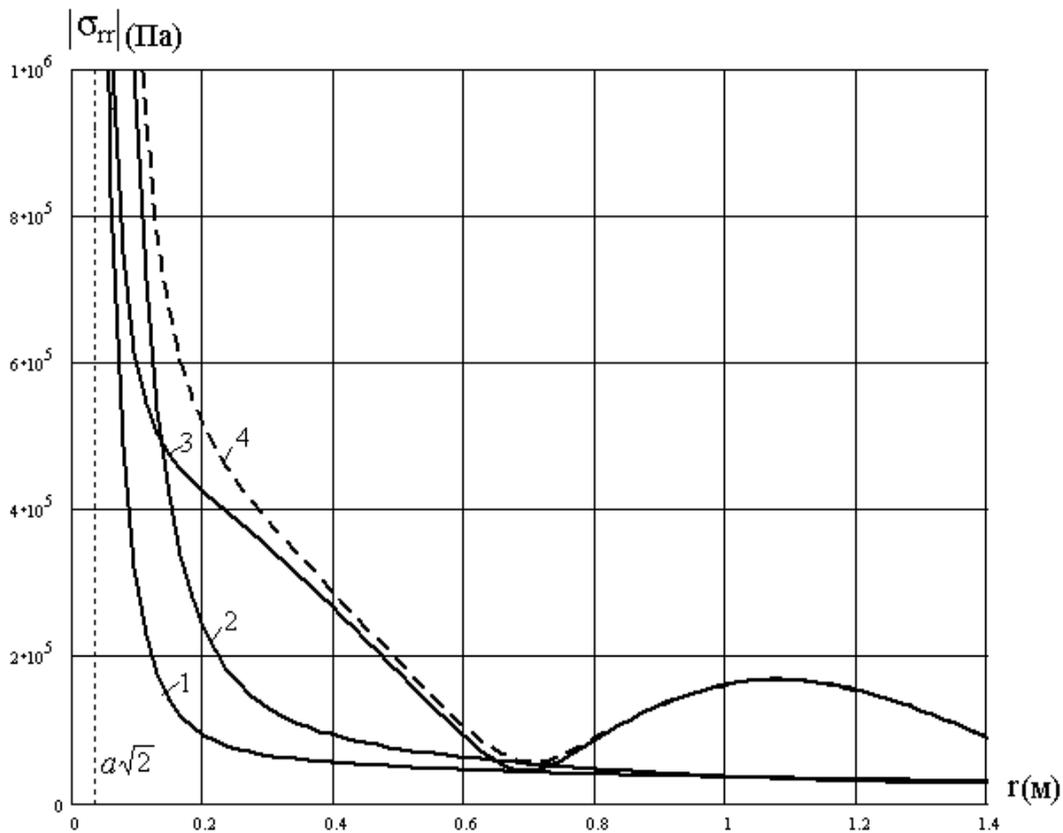


Рис. 2 – Зависимость радиальной компоненты тензора напряжений вокруг скважины в слое и в безграничной упругой среде от расстояния до оси скважины при гидроимпульсном нагнетании жидкости

Кривая 1 соответствует динамической составляющей напряжения (17) –  $\sigma_{rr}^{(din)}$  в безграничной среде, кривая 2 – полному напряжению  $\sigma_{rr}^{(Hidro)}$  в безграничной среде, с учетом статической составляющей  $\sigma_{rr}^{(st)}$  [1]. Кривые 3 и 4 соответствуют динамической составляющей напряжения (26) –  $\sigma_{rr}^{(str)}$  в слое и полному напряжению  $\sigma_{rr}^{(str)} + \sigma_{rr}^{(st)}$  в слое, с учетом постоянной, статической составляющей импульса давления [1]. Анализ зависимостей позволяет отметить

повышение радиальных напряжений в угольном пласте, в сравнении с аналогичными напряжениями в безграничной среде.

В работе [1] была дана оценка радиальных напряжений вызванных кавитационными автоколебаниями жидкости в скважине, расположенной в безграничной среде. Наличие границ в угольном пласте и условия на границах пласт – боковые породы могут оказывать определенное влияние на распределение напряжений в пласте, в сравнении с их распределением в безграничном массиве. Из строгого решения статической задачи для полуплоскости с круговым отверстием, полученного Д.И. Шерманом, следует, что влияние свободной от напряжений земной поверхности на напряженное состояние можно не учитывать уже на глубине более пяти радиусов [7]. С одной стороны мы используем этот факт учитывая статическую составляющую напряжения в слое, такую же как и в случае безграничной среды [1]  $\sigma_{rr}^{(st)}(r) = -\frac{a^2}{r^2} p_{st}$ . С другой стороны, при расчетных значениях радиуса скважины  $r = a = 0,025$  м, и толщины слоя –  $2h = 2$  м, расстояние от границ плоской поверхности до скважины составляет  $40a$ . Однако в этом случае, очевидно в силу динамического характера задачи, влияние границ на напряженное состояние ощутимо. Оценим такое влияние, рассмотрев на рис.3 кривые 1 и 2, характеризующие полные радиальные напряжения вокруг скважины в безграничной среде и в слое (без учета горного давления).

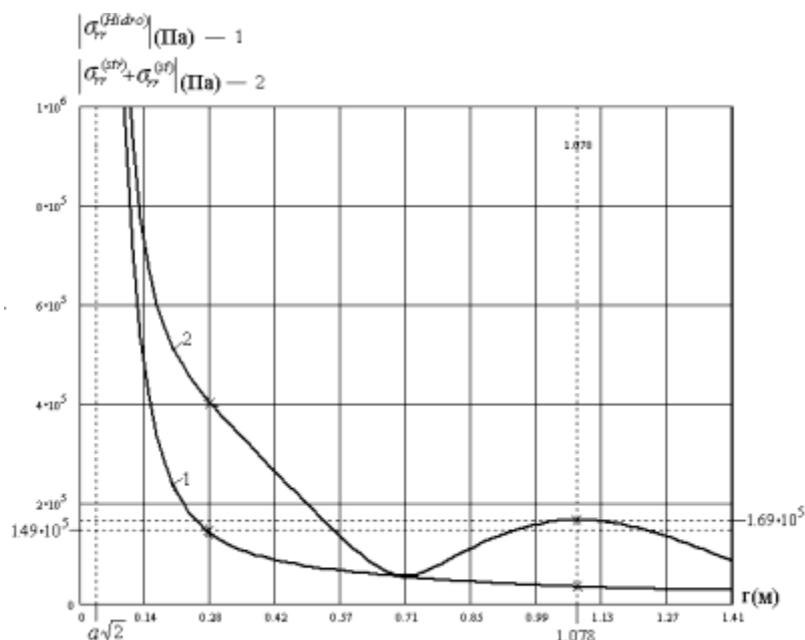


Рис. 3 – Влияние границ угольного пласта на распределение радиальных напряжений в окрестности скважины.

Из рис. 3 видно, что учет сцепления границ угольного пласта, с окружающей породой, приводит к замедлению спада напряжения при удалении от поверхности скважины, в сравнении со случаем изменения напряжения по радиальной координате в безграничной среде. Так на расстоянии  $r = 0,28$  м, (что

составляет  $r \approx 11a$ ) от центра скважины, напряжения в слое больше напряжения в безграничной среде в 2,67 раза, а на расстоянии  $r = 1,078 \text{ м} \approx 43a$ , отношение напряжения в слое к напряжению в безграничной среде составляет 4,88.

### **Выводы**

Анализ проведенных расчетов показывает, что качественно картина изменения напряжения в слое при удалении от скважины немонотонна. При указанных выше параметрах среды напряжения от поверхности скважины до расстояния  $r = 0,71 \text{ м}$  спадает монотонно, затем идет возрастание до максимума  $1,69 \cdot 10^5 \text{ Па}$  на расстоянии  $r = 1,078 \text{ м}$ , и далее приближаясь к поверхности слоя, убывает. В то же время в безграничной среде напряжения при удалении от поверхности скважины убывают монотонно и быстрее чем в слое.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Сницер А.Р. Исследование радиальных напряжений вокруг скважины при гидроимпульсном рыхлении угольных пластов / А.Р. Сницер, В.В. Зберовский, Д.Л. Васильев, А.А. Потапенко, А.А. Ангеловский // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. – Днепропетровск: – 2011. – № 95. – С. 43-53.
2. Новацкий В. Теория упругости. /В. Новацкий – М.: Мир, 1975. – 872 с.
3. Сницер А.Р. Волны при нормальном гармоническом нагружении скважины в упругой среде. I. Структура волнового поля на поверхности скважины и в дальней зоне. / А.Р. Сницер // Динамические системы. – 2006. – Вып. 20 – С. 67-88.
4. Гринченко В.Т. Гармонические колебания и волны в упругих телах. / В.Т. Гринченко, В.В. Мелешко - Киев: Наук. думка, 1978.- 264 с.
5. Градштейн И.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И.С. Градштейн, И.М. Рыжик – М.: Изд. Физ.-мат. литературы, 1962. – 1100 с.
6. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю.Н. Работнов – М.: Наука, 1979. – 744 с.
7. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений / Н.С. Булычев – М.: Недра, 1982. – 272 с.

**УДК 550.34.016:620.173**

Кандидаты техн. наук Ю.Н. Пилипенко,  
Р.А. Дякун  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОГО УГЛЯ И ГОРНЫХ ПОРОД**

Досліджено фізико-механічні характеристики гірських порід і вугілля різного ступеня метаморфізму в флюїдонасиченому стані. Діагностика стану виконана комплексом методів – сейсмоакустичного і електрометричного. Встановлено вплив флюїду на зміну міцнісних та деформаційних властивостей геоматеріалу і параметри руйнування. .

## **GEOPHYSICAL MONITORING OF CRACK FRACTURE FLUID- SATURATED COALS AND ROCKS**

The physical-and-mechanical characteristics of rocks and coals of different metamorphic grade in fluid-saturated state were investigated. State diagnostics was made by means of seismoacoustic and electrometric methods. The fluid influence on geomaterials' strength and deformation properties and destruction parameters were determined.

Охрана труда на шахтах связана с разработкой технических решений, направленных на нейтрализацию ухудшающихся горно-геологических условий