

Такое положение требует привлечения более пристального внимания органов Госнадзорохрантруда к работам, связанным с оперативным и своевременным обследованием и определением технического состояния ствлового оборудования, объективным установлением фактического уровня его эксплуатационной безопасности с применением наиболее современных информационных технологий, технических средств, нормативного, научного, методологического и организационного обеспечения, с проведением систематических, планомерных мероприятий по приведению ствлового оборудования в требуемое техническое состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин С.Р. Компьютерная система контроля за техническим состоянием оборудования шахтных подъемных установок с длительными сроками эксплуатации/ ИГТМ НАН Украины. Геотехническая механика. Межведомственный сборник научных трудов. Вып. 41, 2003 – С. 97-102.
2. Діагностика стану систем „кріплення-масив” та „підйомна посудина-жорстке армування” шахтних стовбурів. Порядок та методика виконання. Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Міністерство промислової політики України, ГР 3-032-2004. Утверждено распоряжением первого заместителя министра Министерства промышленной политики от 02.04.04 №24. Согласовано первым заместителем председателя Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда Украины. Киев. 2004. - 40 с.
3. Порядок и организация обследования состояния безопасности эксплуатации шахтных стволов. Утверждено начальником Главного управления горнорудной промышленности Министерства промышленной политики Украины, директором института геотехнической механики НАН Украины, Киев-Днепропетровск, 2002. – 20 с.

УДК 622.411

Канд. техн. наук М.С. Кузьменко (МакНДІ),
канд. техн. наук Р.І. Мануйленко (ІПММ)

ВПЛИВ ЗВОЛОЖЕННЯ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ГІРНИЧОГО МАСИВУ

Исследовано влияние увлажнения угольного пласта на напряженно-деформированное состояние углепородного массива. Проведен сравнительный анализ напряженного состояния угольного пласта и окружающих пород в случае сухого и увлажненного угля, построены графики напряжений.

THE INFLUENCE OF DAMPING COAL-SEAM TO THE STRESS-STRAIN STATE OF THE ROCK MASSIF

The influence of damping of coal on stresses and strains in rock massif is investigated. The analysis of stress-deforming state of coal and rocks for damping coal and dry one is given, graphics are built.

Численними результатами робіт вітчизняних і закордонних дослідників встановлено, що процеси деформування гірничого масиву відбуваються як у підтримуваному призабійному просторі, так і перед вибоєм. Від результатів цих процесів прямо залежать вивалоутворення, що, у свою чергу, обумовлює значний рівень травматизму при вийманні вугілля та закріпленні, особливо в лавах, обладнаних індивідуальним кріпленням.

Першопричиною порушеності порід покрівлі при вийманні вугілля є зміна їхнього напруженого стану. Єдиний підхід до з'ясування та встановлення закономірностей цих процесів відсутній. Розходження у вирішенні цієї проблеми з боку дослідників пояснюється недостатньою інформацією про геомеханічні процеси. Продовжує залишатися невивченим механізм виникнення та розвитку вивалів, характер деформування порід безпосередньої покрівлі, що утрудняє розробку заходів щодо запобігання обвалення порід і травматизму по цьому показнику.

Способи активного керування напруженим станом гірничого масиву досить добре відомі і знайшли своє застосування на шахтах. Разом із тим продовжується пошук нових ефективних і маловитратних способів. Відомі методи спрямованої дії на вугільний пласт або навколишні породи з метою створення сприятливих умов при керуванні гірничим тиском [1]. Це призводить як до зменшення напружень у безпосередній близькості до контуру виробки, так і в сприятливій зміні протікання процесу деформування гірських порід.

Одним із найбільш розповсюджених способів активного керування напружено-деформованим станом масиву є попереднє зволоження вугілля. Експерименти показали, що проникнення водяних розчинів поверхнево-активних речовин у вугільний пласт сприяє активному росту мікро тріщин [2]. Це призводить не тільки до зміни фізико-механічних властивостей вугілля, переводячи його в пластичний стан, але і сприяє зниженню та вирівнюванню горизонтальних і вертикальних напружень у самому пласті і навколишніх породах [3]. У результаті зменшується величина та швидкість зближення бічних порід при вийманні вугільного пласта, що запобігає вивалоутворенню і підвищує безпеку праці. З метою вивчення особливостей зміни в розподілі напружень у гірському масиві при найбільш розповсюдженіму литотипі порід покрівлі вугільних пластів на Донбасі (тип 3) [3] проведені аналітичні дослідження з оцінки зміни напружено-деформованого стану масиву при зволоженні пласта

При дослідженні прийнята розрахункова схема, представлена на рис. 1.

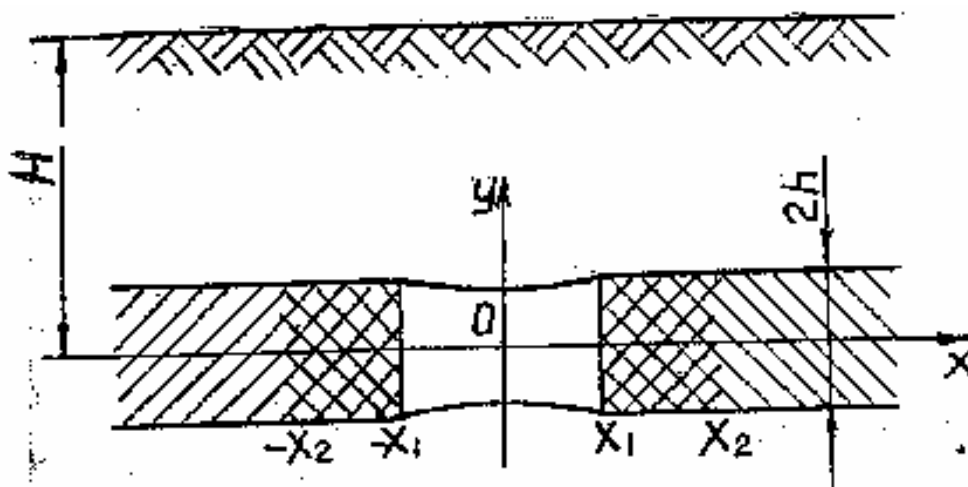


Рис. 1 – Розрахункова схема визначення напружень у вуглепородному масиві.

Тут вісь x декартової системи координат проведена по падінню пласта, вісь y вертикально до денної поверхні, x_1 – координата вибою, x_2 – координата піка горизонтальних напружень. У вуглепородному масиві діють вертикальні, горизонтальні і дотичні напруження, позначені $\sigma_y, \sigma_x, \tau_{xy}$ відповідно. Вертикальні та горизонтальні переміщення порід позначені через u і v . Товщина пласта позначена $2h$, глибина залягання H , питома вага гірничих порід γ .

Крайові умови мають наступний вид.

У зоні вільного стану порід відсутні вертикальні та дотичні напруження

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0; \quad -x_1 < x < x_1 \quad y = 0; \quad (1)$$

Поблизу вибою вугілля переходить у пластичний стан, що описується системою співвідношень [4,5]

$$\sigma_y = \gamma H \left(\frac{a}{h} x + c \right), \tau_{xy} = 0; \quad x_1 < x < x_2 \quad (2)$$

$$\sigma_y = -\gamma H \left(-\frac{a}{h} x + c \right), \tau_{xy} = 0; \quad -x_2 < x < -x_1, \quad (3)$$

де $a = \frac{k}{\gamma H}$, $c = \frac{k}{\gamma H} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{x_1}{h} \right)$ – коефіцієнти, k – межа міцності вугілля при зсуві.

За пластичною зоною вугільний пласт вважається нестисливим.

$$v^+ = h, \quad v^- = -h; \quad \tau_{xy} = 0; \quad |x| > x_2 \quad (4)$$

Розв'язання поставленої задачі здійснюється на основі методу розв'язання змішаної задачі теорії пружності для півплощини. Напруження та переміщення порід виражаються через комплексні потенціали [5,6].

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 2 \operatorname{Re}(\mu_1^2 \Phi_1'(z_1) + \mu_2^2 \Phi_2'(z_2)) \\ \sigma_y &= 2 \operatorname{Re}(\Phi_1'(z_1) + \Phi_2'(z_2)) \\ \tau_{xy} &= 2 \operatorname{Re}(\mu_1 \Phi_1'(z_1) + \mu_2 \Phi_2'(z_2)) \\ u &= 2 \operatorname{Re}(p_1 \Phi_1(z_1) + p_2 \Phi_2(z_2)) \\ v &= 2 \operatorname{Re}(q_1 \Phi_1(z_1) + q_2 \Phi_2(z_2)) \end{aligned} \quad (5)$$

$z_j = x + \mu_j y$; де μ_j – комплексні корені характеристичного рівняння.

Крайова умова для дотичних напружень переписується у виді

$$\operatorname{Re}(\mu_1 \Phi_1'(z) + \mu_2 \Phi_2'(z)) = 0; \operatorname{Im} z = 0, \quad (6)$$

з чого випливає, що комплексні потенціали виражаються через аналітичну функцію $F(z)$ в такий спосіб:

$$\Phi_1'(z_1) = \frac{\mu_2}{\mu_2 - \mu_1} F(z_1) \quad \Phi_2'(z_2) = \frac{\mu_1}{\mu_1 - \mu_2} F(z_2). \quad (7)$$

Таким чином, задача зводиться до відшукування функції $F(z)$ за умовами

$$\operatorname{Re} F(z) = \frac{1}{2}, -x_1 < \operatorname{Re} z < x_1, \operatorname{Im} z = 0 \quad (8)$$

$$\operatorname{Re} F(z) = \frac{1}{2} - (az/h + c), x_1 < \operatorname{Re} z < x_2, \operatorname{Im} z = 0 \quad (9)$$

$$\operatorname{Re} F(z) = \frac{1}{2} - (-az/h + c), -x_2 < \operatorname{Re} z < -x_1, \operatorname{Im} z = 0 \quad (10)$$

$$\operatorname{Im} F(z) = 0, -\infty < \operatorname{Re} z < -x_2, \operatorname{Im} z = 0 \quad (11)$$

$$\operatorname{Im} F(z) = 0, x_2 < \operatorname{Re} z < +\infty, \operatorname{Im} z = 0 \quad (12)$$

Розв'язання задачі (8)-(12) знаходиться методом інтегралів [5] і має вигляд:

$$F(z) = \frac{1}{2} + \frac{hc - az}{2h\pi i} \ln \frac{i\sqrt{z^2 - x_2^2} \sqrt{x_2^2 - x_1^2} - zx_1 - x_2^2}{x_2(-x_1 - z)} - \frac{hc - az}{2h\pi i} \ln \frac{i\sqrt{z^2 - x_2^2} \sqrt{x_2^2 - x_1^2} - zx_1 - x_2^2}{-x_2(x_1 - z)} \quad (13)$$

Величину x_2 знаходимо з умови локальності впливу виробки, що перепишеться в такому виді:

$$\frac{1}{2} - \frac{a}{\pi h} \sqrt{x_2^2 - x_1^2} + \frac{2c}{\pi} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{x_2 + x_1}{x_2 - x_1}} - c = 0 \quad (14)$$

На рис. 2 і 3 приведені графіки вертикальних і горизонтальних напружень від координати x , побудовані за допомогою пакета програм Maple 8. Пружні і тривкісні коефіцієнти порід прийняті такими: модулі Юнга $E_x = 1.05 \cdot 10^7$ Па, $E_y = 5.2 \cdot 10^6$ Па, модуль зсуву $G = 3.8 \cdot 10^6$ Па, коефіцієнти Пуассона $\nu_{xy} = 0.42, \nu_{yx} = 0.19$. Питома вага гірничих порід взята рівною $2.5 \cdot 10^4$ Н/м³, глибина залягання 1000 м, товщина пласта 1 м, ширина виробки $2x_1 = 40$ м. Міцність пласта для сухого вугілля складала 50 Мпа, для зволоженого 25 Мпа.

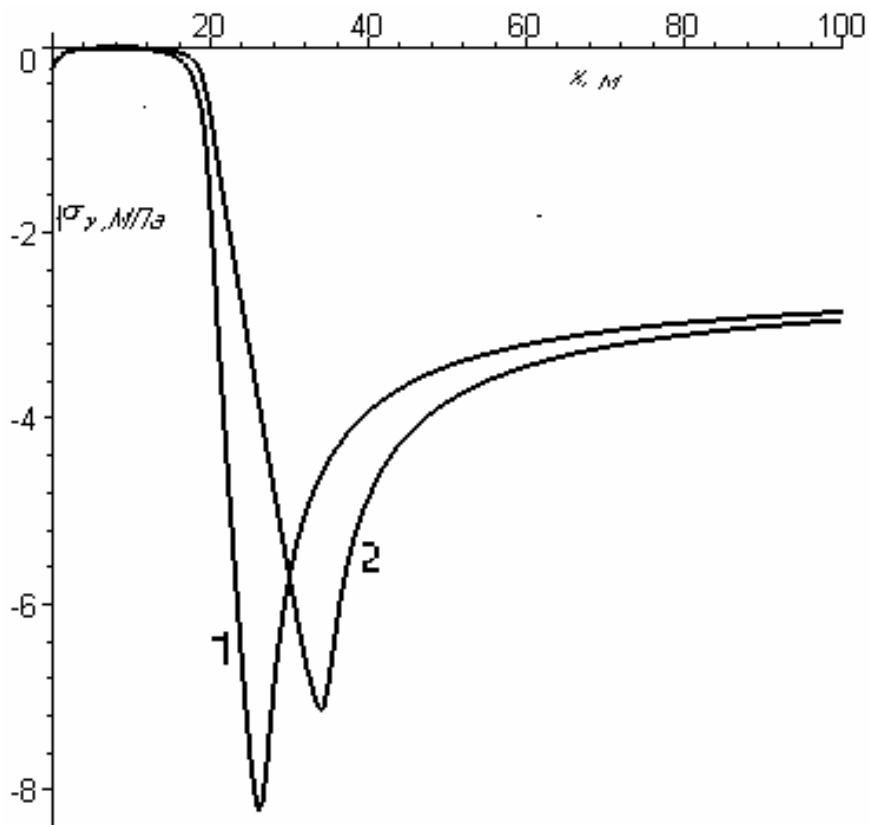


Рис. 2 – Вертикальні напруження для сухого (1) і зволоженого (2) пласта.

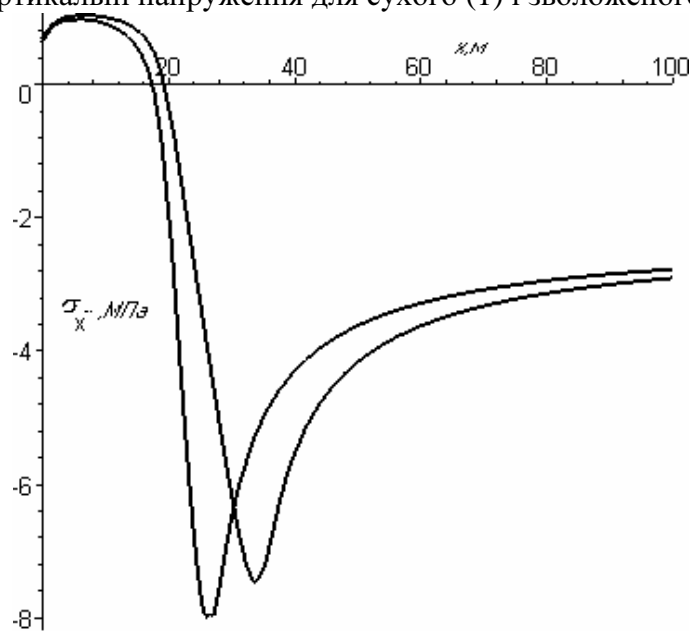


Рис.3 – Горизонтальні напруження для сухого (1) і зволоженого (2) пласта.

Таким чином, зволоження сприяє зміні фізико-механічних властивостей вугільного пласта за рахунок проростання мікротріщин і зниження межі міцності вугілля. Змінюється характер порушеності безпосередньої покрівлі пласта під дією стискаючих напружень поблизу лінії вибою. Розвантаження вугільного пласта призводить до віддалення координати максимуму горизонтальних напружень і

до їхнього зменшення. Так, відстань від вибою до піка опорного тиску $x_2 - x_1$, знайдена з рівняння (14), у випадку сухого вугілля складає 6 м, а при зволоженні вугілля 14 м. При зменшенні міцності вугілля в 2 рази максимум вертикальних напружень зменшується в 1,3-1,5 рази. Горизонтальні напруження в породах змінюються не настільки істотно: у 1,2-1,3 рази. Це призводить до зменшення ймовірності максимального руйнування покрівлі поблизу вибою під дією стискаючих напружень. Закономірності зміни горизонтальних і вертикальних напружень мають місце у всіх пластах покрівлі та підошви, тому що вугільний пласт – найбільш слабкий шар у масиві гірничих порід, і саме з нього починається утворення зони зруйнованих порід і зон деформацій навколо виробки.

У зв'язку з тим, що зменшуються, а головне, вирівнюються вертикальні та горизонтальні напруження, значного збільшення деформацій вугільного пласта не відбувається. Більш того, ці деформації можуть зменшуватися, про що свідчать шахтні дослідження [7].

Проведені дослідження свідчать про можливість ефективного впливу на процес вивалоутворення в очисних вибоях попереднього зволоження вугільного пласта. Це також знижує запиленість шахтного повітря.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Управление горным давлением при разработках угольных пластов. Справочное пособие / Аносов О.С., Кузьменко Н.С., Кудрявец Г.В. – Донецк: Донбасс, 1990 – 304 с.
2. Алексеев А.Д., Брюханов А.М., Кузьменко Н.С., Рева В.Н., Шевченко Л.В. Влияние поверхностно-активных веществ на изменение напряженно-деформированного состояние горного массива // Материалы 6-й научной школы стран СНГ «Вибротехнология-97» по механической обработке дисперсных материалов и сред. – Ч.1 Одесса:НПО «ВОТУМ» – 1997. – С. 59-62.
3. Кузьменко Н.С., Мануйленко Р.И., Федотов С.Н. Прогнозирование напряженного состояния углевмещающих пород с учетом горногеологических условий глубоких шахт Донбасса // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции «Горная геология, геомеханика и маркшейдерия», ч. 2. Донецк, Технологический центр. – 2004. – С. 476-481.
4. Левкин Н.Б., Кузьменко Н.С. Особенности обвалов и обрушений в очистных забоях // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. – Вып. 41. / ИГТМ НАН Украины. Днепропетровск, 2003. – С. 31-35.
5. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. – М.: Наука, 1977. – 416 с.
6. Левшин А.А., Мануйленко Р.И. Напряженно-деформированное состояние анизотропного массива горных пород.//Теоретическая и прикладная механика. Научно-технический сборник ДонГУ. – Харьков: Основа. Вып. 27, – 1997. – С. 48-54
7. Способы и средства охраны подготовительных горных выработок. / Шаповал Н.А., Алышев Н.А., Пивень Ю.А., Питаленко Е.И., Борисенко Э.В., Аксенов А.В. / Донецк, МУП Украины, 1997 – 77 с.