

2 Карпенко А.Н., Булмасов А.В. Особенности выделения газонасыщенных интервалов по данным ГИС в тонкослоистых отложениях Внешней зоны Предкарпатского прогиба // НТВ "Каротажник". – 2005. – Вып. 3-4 (130-131). – С. 152-159.

3 Азаматов В.И., Крысин Н.И., Спасибко В.Д. и др. Оценка качества первичного вскрытия продуктивных пластов по промысловым и геофизическим данным // Обзорн. информ. Сер.: Геология нефтяных и газовых месторождений. – М.: ВНИИОЭНГ, 1989. – 46 с.

УДК 622.24.026

ХАРАКТЕР ЗМІНИ СКЛАДОВИХ ЕНЕРГІЇ ДЕФОРМАЦІЇ ГІРСЬКИХ ПОРІД ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ ЇХ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ

¹Е.М.Барановський, ²В.М.Мойсишин

¹ Комплексна лабораторія технології буріння та кріплення свердловин ПВ УкрДГРІ; 79018, м. Львів, вул. Тургенєва, 33, к. 45; тел. (032) 2373126; e-mail: pvukrdgri@mail.lviv.ua

² ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел. (03422) 42123; e-mail: math@nimg.edu.ua

Рассмотрено влияние вида напряженного состояния горных пород на характер изменения составляющих потенциальной энергии деформации. Изложены условия прочности забоя и стенок скважины при воздействии на них удельных потенциальных энергий изменения объема и формы

Influence of type of the tense being of mountain breeds on the character of change of constituents of potential energy of deformation is considered. The terms of durability of the well and walls of drilling hole at action on them of specific potential energies of change of volume and form are expounded

Огляд теоретичних та експериментальних наукових досягнень технології і засобів буріння глибоких свердловин показав, що всі вони отримані на засадах руйнування гірських порід, як інертного матеріалу. Проте останні дослідження свідчать, що при проведенні гірничих виробок робота, яка йде на деформування гірських порід, накопичується у вигляді потенціальної енергії деформації. Причому частина її витрачається на зміну об'єму, а частина – на зміну форми [1]. Таким чином, можна вважати, що повна питома потенціальна енергія деформації дорівнює:

$$u = u_{об} + u_{ф}, \quad (1)$$

де: $u_{об}$ – питома потенціальна енергія, яка накопичується за рахунок зміни об'єму; $u_{ф}$ – питома потенціальна енергія формозміни, яка накопичується за рахунок зміни форми.

У роботі [2] встановлено характер залежності саморуйнування породи на вибої та у стінці свердловини. Результати розрахунків стійкості породи до саморуйнування засвідчили, що найбільш прийнятними є дані, в яких використовуються питомі потенціальні енергії зміни об'єму і зміни форми.

Отримані результати досліджень на підставі використання складових енергій деформації гірських порід дали змогу встановити закономірності їх впливу на процеси, що супроводжують буріння свердловин (дискування керна, утворення еліпсоподібного стовбура свердловини, явище розсіювання енергії тощо). Все це

вказує на те, що розробка нових прогресивних технологій проведення бурових робіт неможлива без досліджень, пов'язаних із використанням енергії гірського масиву. Це вимагає більш глибокого вивчення механізму кінетики руйнування гірських порід при різних режимах навантаження, розширення знань про природу руйнування гірського масиву та удосконалення аналітичних методів опису і оцінки його зміни. В цьому плані важливого значення набуває визначення характеру зміни складових енергій деформації порід залежно від виду їх напруженого стану.

Відомо, що опірність гірських порід навантаженням значною мірою залежить від виду напруженого стану, в якому вони знаходяться. В умовах об'ємного нерівнокомпонентного стиснення $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ значення міцності визначається рівнем мінімального головного напруження σ_3 . Результати експериментальних досліджень засвідчили несуттєвий вплив на міцність проміжної компоненти напружень σ_2 [3]. При $\sigma_3 = 0$ міцність порід має мінімальне значення і близька до рівня одноосового стиснення.

В умовах об'ємного стиснення міцнісні показники можуть багаторазово перевищувати значення міцності при одноосовому стисненні. Значення головних напружень присвердловинного простору визначаються із рівнянь С.Г.Лехницького [4]:

$$(\sigma_1) = \sigma_\theta = -\lambda \rho_n g H \left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) + \rho_p g H \frac{a^2}{r^2}, \quad (2)$$

$$(\sigma_2) = \sigma_z = -\rho_n g H, \quad (3)$$

$$(\sigma_3) = \sigma_r = -\lambda \rho_n g H \left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) - \rho_p g H \frac{a^2}{r^2}, \quad (4)$$

де: σ_θ , σ_z , σ_r – відповідно тангенціальна, осьова і радіальна компоненти напружень; λ – коефіцієнт бокового стиснення; ρ_n , ρ_p – густина породи і рідини відповідно; g – прискорення вільного падіння; H – глибина виробки; a – радіус виробки; r – відстань від осі виробки до точки виміру.

Породи, прилеглі до стінки свердловини, знаходяться в екстремальних умовах, найбільшого значення досягають тангенціальні напруження σ_θ , а найменшого – напруження σ_r , які визначають рівень об'ємного напруженого стану, а значить і опір порід руйнуванню.

Однією із функцій, яка виконує буровий розчин у свердловині, є підвищення стійкості стінок виробки. При енергетичній оцінці стану гірського масиву під час буріння свердловин [1] встановлено, що зростання густини бурового розчину призводить до збільшення потенціальної енергії зміни об'єму та зниження питомої енергії формозміни.

При відсутності у свердловині бурового розчину, тобто при $\rho_p = 0$, $\sigma_r = 0$, має місце плоский напружений стан гірських порід, характерний для буріння з продувкою вибою повітрям. Ця технологія, при якій значно знижується тиск, дає змогу досягнути швидкостей проходки в 3-4 рази вищих, ніж при роторному бурінні з промивкою буровим розчином. Крім цього, вона не породжує проблем, пов'язаних зі стійкістю стінок. Проблеми починаються після закачування бурового розчину, необхідного для нормального спуску обсадної колони. Вони проявляються у вигляді підйому великої кількості шламу і значного збільшення діаметра свердловини [5]. У зв'язку з цим цікаво простежити характер зміни складових енергії деформації гірських порід в умовах вказаного напруженого стану та їх вплив на зазначені явища. Для розрахунку повної потенціальної енергії деформації та її складових використано формули [1]:

$$u = \frac{1}{2E} g^2 H^2 [\rho_n^2 (5 - 4\mu) - 4 \rho_n \rho_p (1 + \mu) + 2 \rho_p^2 (1 + \mu)], \quad (5)$$

$$u_{об} = \frac{1 - 2\mu}{6E} g^2 H^2 (9 \rho_n^2 + 12 \rho_n \rho_p + 4 \rho_p^2), \quad (6)$$

$$u_\phi = \frac{1 + \mu}{3E} g^2 H^2 (3 \rho_n^2 - 6 \rho_n \rho_p + 3 \rho_p^2), \quad (7)$$

де: E – модуль Юнга; μ – коефіцієнт Пуассона.

У випадку плоского напруженого стану (при $\rho_p = 0$) вказані формули набудуть вигляду:

$$u = \frac{1}{2E} g^2 H^2 \rho_n^2 (5 - 4\mu), \quad (8)$$

$$u_{об} = \frac{3(1 - 2\mu)}{2E} g^2 H^2 \rho_n^2, \quad (9)$$

$$u_\phi = \frac{1 + \mu}{E} g^2 H^2 \rho_n^2. \quad (10)$$

На підставі проведених розрахунків питомої потенціальної енергії деформації та її складових, для основних типів порід Кольської надглибокої свердловини (СГ-3) [6], побудовано низку графіків (рис.1, рис.2, рис.3). На рис.1 подано залежність питомої потенціальної енергії деформації від глибини свердловини при об'ємному і плоскому напружених станах породи. В інтервалі глибин 1000–2000 м не відзначено впливу напруженого стану породи на величину питомої потенціальної енергії деформації. Але з глибини 2000 м і вище він стає щораз помітнішим. З отриманої графічної залежності на рис. 2 видно, що в інтервалі глибин 1000–3000 м є незначна розбіжність у визначенні питомої потенціальної енергії зміни об'єму залежно від виду напруженого стану порід. З глибини 3000 м вона стає суттєвою. З графіка на рис.3 видно, що незначна розбіжність у значеннях питомої потенціальної енергії зміни форми в залежності від виду напруженого стану порід займає проміжок в інтервалі глибин 1000–2000 м. З глибини 2000 м і вище ця розбіжність стає відчутною.

Проблему стійкості гірничої виробки можна розглядати, як здатність матеріальної системи зберігати свій стан в умовах збурних чинників технологічної дії. Кількісну оцінку стійкості з урахуванням енергії гірського масиву визначаємо за формулами [2]:

$$K_{cm} = \frac{[u]}{u}, \quad (11)$$

$$K'_{cm} = \frac{[u_{об}]}{u_{об}}, \quad (12)$$

$$K''_{cm} = \frac{[u_\phi]}{u_\phi}, \quad (13)$$

де $[u]$, $[u_{об}]$, $[u_\phi]$ – питома потенціальна енергія деформації та її складових для випадку лінійного напруженого стану.

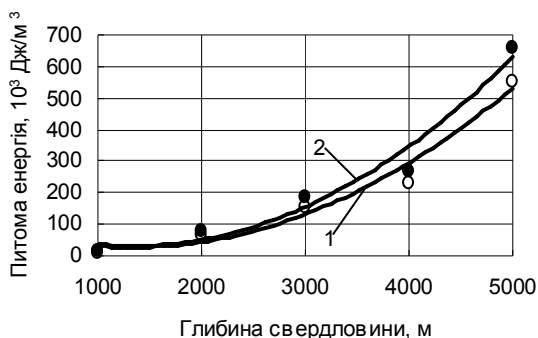
Розрахункові формули для визначення вказаних енергій мають вигляд [1]:

$$[u] = \frac{\sigma^2}{2E}, \quad (14)$$

$$[u_{об}] = \frac{1 - 2\mu}{6E} \sigma^2, \quad (15)$$

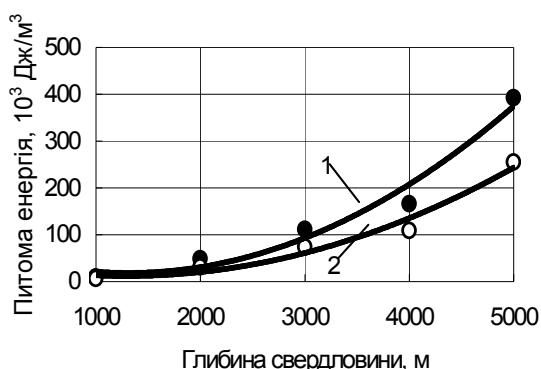
$$[u_\phi] = \frac{1 + \mu}{3E} \sigma^2, \quad (16)$$

де σ – допустиме значення нормального напруження, прийняте для лінійного розтягу або стиснення.



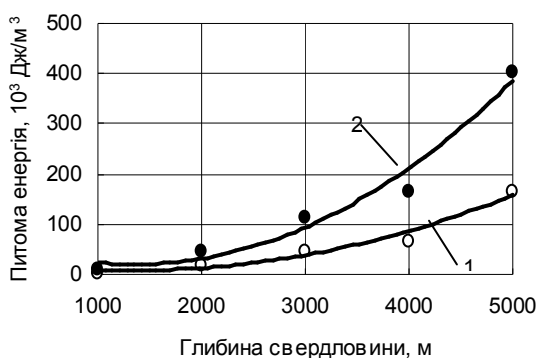
1 – об'ємному напруженому;
2 – плоскому напруженому

Рисунок 1 — Залежність питомої потенціальної енергії деформації від глибини свердловини при стані породи



1 – об'ємному напруженому;
2 – плоскому напруженому.

Рисунок 2 — Залежність питомої потенціальної енергії зміни об'єму від глибини свердловини при стані породи

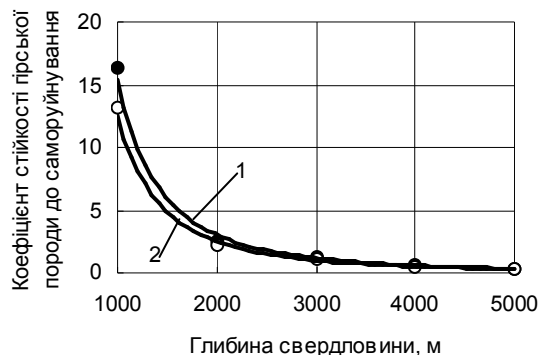


1 – об'ємному напруженому;
2 – плоскому напруженому

Рисунок 3 — Залежність питомої потенціальної енергії зміни форми від глибини свердловини при стані породи

За формулами (11) і (14) виконано розрахунки для свердловини СГ-3, результати яких подано графіком (рис.4). На ньому представле-

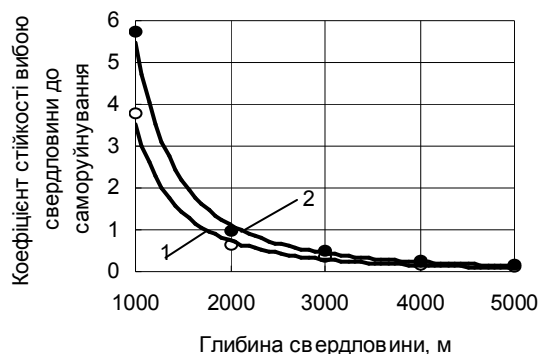
но залежність коефіцієнта стійкості гірської породи до саморуйнування від глибини свердловини при об'ємному і плоскому напружених станах породи. Із графіка видно, що стійкість породи до саморуйнування при об'ємному напруженому стані вища, ніж при плоскому в інтервалі глибин 1000–3000 м.



1 – об'ємному напруженому;
2 – плоскому напруженому

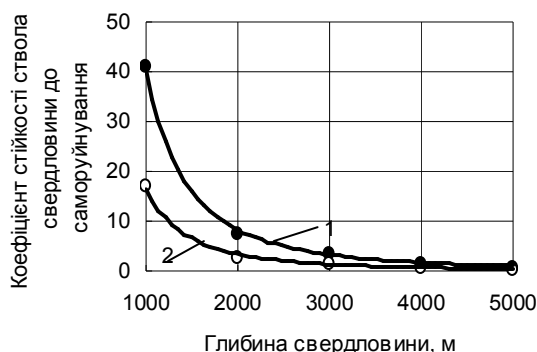
Рисунок 4 – Залежність коефіцієнта стійкості гірської породи до саморуйнування від глибини свердловини при стані породи

Для встановлення характеру залежності коефіцієнта стійкості вибою свердловини від її глибини при різних видах напруженого стану породи зроблено розрахунки за формулами (12), (15). Вони свідчать (див. графік на рис. 5), що в інтервалі глибин 1000–4000 м стійкість вибою свердловини до саморуйнування є нижчою при об'ємному напруженому стані породи. За формулами (13), (16) виконано відповідні розрахунки, результати яких подано на рис. 6. Одержана залежність свідчить, що у вказаному інтервалі глибин стійкість стінок свердловини до саморуйнування є вищою при об'ємному напруженому стані породи.



1 – об'ємному напруженому;
2 – плоскому напруженому

Рисунок 5 – Залежність коефіцієнта стійкості вибою свердловини до саморуйнування від її глибини при стані породи



1 – об'ємному напруженому;
2 – плоскому напруженому

Рисунок 6 - Залежність коефіцієнта стійкості стовбура свердловини до саморуйнування від її глибини при стані породи

При оцінці енергетичного стану гірського масиву [1] отримано співвідношення між питомими енергіями зміни об'єму при лінійному і об'ємному напружених станах породи. Цих енергій не достатньо для саморуйнування гірської породи, але достатньо для утворення в ній деформаційної неоднорідності (біфуркації) і, як наслідок, – до різного роду ускладнень. Це підтверджено лабораторними дослідженнями [3,5] і зводить вибір потенційно придатних енергетичних теорій міцності, які можуть бути використані.

УДК 622.245.23

ВРАХУВАННЯ КАВЕРНО- І ЖОЛОБОУТВОРЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ НЕОРІЄНТОВАНИХ КНБК

¹ І.І.Чудик, ¹ А.Р.Юрич, ² А.А.Козлов

¹ ІНФТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, Карпатська, 15, тел. (03422) 42342,
e-mail: public@ifdtung.if.ua

² ДАТ “Чорноморнафтогаз”, 333000, м. Сімферополь, проспект Кірова, 52, тел. 27-23-09,
e-mail: drill@gas.crimea.ua

Рассматриваются причины возникновения выработок при бурении скважин и их влияние на устойчивость компоновок низа буровой колонны с учетом реального взаимодействия ее элементов со стенками ограничивающего пространства. Приведен анализ возможных случаев взаимодействия элементов КНБК со стенками наклонно-направленной скважины на прямолинейном участке.

The reasons of making appearance by well drilling and their effects on string bottom assemblies' steadiness taking into account real interaction of its elements with walls of limiting space are considered. The analysis of possible case of SBA elements interaction with directional well's walls on rectilinear part is advanced.

Забезпечення стійкості стінок стовбура свердловини в процесі буріння є необхідною умовою її будівництва і вимагає комплексного вирішення питань вибору конструкції свердловини, визначення оптимальних режимів буріння, типів і якості промивних рідин та правиль-

ного обґрунтування конструкцій компоновок низу бурової колони (КНБК), в тому числі неорієнтованих. Якість стовбура свердловини визначає умови проходження бурових та обсадних колон, геофізичних приладів та засобів для дотримання параметрів протектного

Література

1 Барановський Е.М. Енергетична оцінка стану гірського масиву при бурінні глибоких свердловин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – № 1(14). – С.34-39.

2 Барановський Е.М., Мойсисин В.М. Енергетичні теорії міцності та їх використання в механіці гірських порід // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2005. – № 2(11). – С.26-32.

3 Проницаемость горных пород и эффективность поддержания устойчивости ствола глубоких и сверхглубоких скважин давлением бурового раствора / Ставрогин А.Н., Тарасов Б.Г., Ширпес О.А., Мехнецов И.А., Савицкий С.Т. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1992. – №5. – С. 7-17.

4 Спивак А.И., Попов А.Н. Разрушение горных пород при бурении скважин. – М.: Недра, 1979. – 239 с.

5 Механика горных пород применительно к проблемам разведки и добычи нефти / Пер. с англ. и франц. под ред. В.Мори и Д.Фурментро. – М.: Мир, 1994. – 416 с.

6 Кольская сверхглубокая. Исследование глубинного строения континентальной коры с помощью бурения Кольской сверхглубокой скважины. – М.: Недра, 1984. – 490 с.