

- «Інструкція з безпечного виконання робіт під час проведення підняттяєвих виробок із застосуванням прохідницьких комплексів»;
- «Інструкції з охорони праці для персоналу, зайнятого оглядом, обслуговуванням і ремонтом обладнання підйомних комплексів шахт»;
- «Методичне керівництво з проектування протипожежного захисту шахт та підземних об'єктів ЦПТ гірничо-збагачувальних комбінатів»;
- «Методичне керівництво з проектування протипожежного захисту кар'єрів з видобутку рудних і нерудних корисних копалин, об'єктів технологічного циклу та інших об'єктів гірничо-збагачувальних комбінатів».

Таким чином, план технічного прогресу ВГРС охоплює широке коло проблем, реалізація яких буде сприяти значному підвищенню боєздатності гірничорядувальних підрозділів, їх ефективності та оперативності, що в кінцевому результаті підвищить рівень безпеки праці гірників та протиаварійного (в тому числі протипожежного) захисту гірничорудних підприємств.

УДК 622.023.25

¹Сергієнко О.І., к.т.н., доц., ²Когтева О.П., аспірант, ¹Скакун Д.В., магістр,
¹Навчально-науковий індустріальний інститут ДВНЗ «ДонНТУ»,
 м. Покровськ, Україна,
²ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ, Україна

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НАВКОЛО ОДИНОЧНОЇ ВИРОБКИ ПРИ ЗМІНИ ЇХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Анотація. Представлені результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану масиву навколо виробки при різних фізико-механічних властивостях гірських порід.

Ключові слова: фізико-механічні властивості, напружено-деформований стан, напруження, деформації, водонасиченість порід, чисельне моделювання.

Прогнозування обвалення гірських порід в очисних вибоях та стійкість гірничих виробок залишається актуальним питанням по теперішній час.

Аналіз сучасних досліджень впливу вологи на фізико-механічні властивості порід показав: насичення рідиною значно впливає на пружність гірських порід. Було встановлено, що тривале вологонасичення значно зменшує опір стисненню. Також доведено, що при водонасиченні порід вони мають більший розкид середніх значень коефіцієнтів варіації, ніж у сухому стані [1]. Автор роботи [2], спираючись на дослідні дані, вважає, що зміна пружних

властивостей гірських порід, обумовлених ступенем вологості, носить суттєво нелінійний характер. При низьких рівнях водонасичення пружні властивості показують достатньо швидку зміну – зменшення модуля Юнга та збільшення коефіцієнта Пуассона. В роботі [3] дослідження стосуються впливу початкового пошкодження на міцність та інші механічні показники та їх зміни від характеру мікротріщин. Автори B.Vásárhelyi, M.Davarpanah [4] дійшли висновку – деякі механічні параметри гірської породи залежать від ступеня насиченості водою, але не найменше залежність зумовлена складом самої породи.

Отже, метою цих наукових досліджень є визначення впливу змінення їх фізико-механічних властивостей на напружено-деформований стан гірських порід навколо гірничих виробок.

В результаті лабораторних досліджень з визначення впливу вологи на фізико-механічні властивості гірських порід отримані наступні результати: при навантаженні сухого зразка відбувається крихке руйнування, а для вологих проб спостерігається наявність пластичної деформації, коли при її збільшенні, напруження майже не змінюється, але зменшується приблизно у два рази в порівнянні з самою межею міцності. Механічні властивості при зволоженні пісковику, вологоємність якого досягає діапазону 2–3%, мають наступні середні значення: межа міцності на стиснення зменшується майже у 2 рази; модуль пружності зменшується – у 4 рази; – коефіцієнт поперечної деформації збільшується у 2,3 рази.

Отримані дані механічних властивостей пісковику при впливі на них вологи, можна враховувати при математичному моделюванні напружено-деформованого стану гірського масиву, зокрема для пісковику, в умовах ВП «Шахти «Капітальна» ДП "Мирноградвугілля" Донецького вугільного басейну.

У якості розрахункової схеми чисельного моделювання використаємо одиночну польову виробку пройдену у пісковику (рис. 1). Бічне напруження утворюється за рахунок поперечних деформацій.

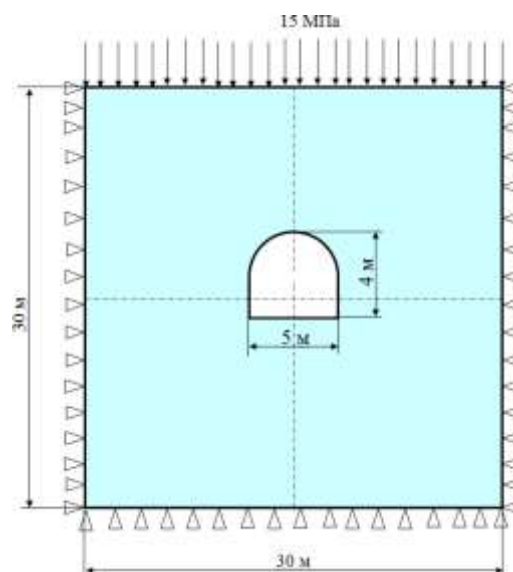
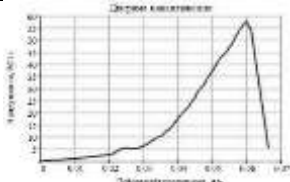
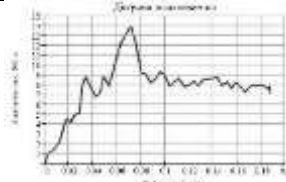
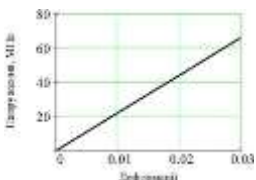
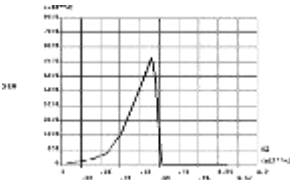
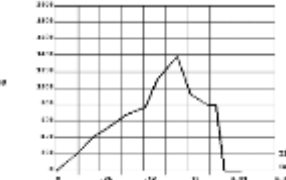


Рисунок 1 – Розрахункова схема та граничні умови для чисельного моделювання.

Для визначення напружено-деформованого стану навколо виробки використаємо три моделі (А, Б, В), з різними механічними властивостями (табл. 1) за допомогою програмного забезпечення ANSYS.

Таблиця 1 - Механічні властивості використаних моделей при чисельному аналізі

Механічні властивості	Пружні властивості	Мультилінійні властивості	
		Сухий масив	Вологий масив
Модуль пружності E , ГПа	2.2	2.2*	0.5*
Коефіцієнт поперечних деформацій μ	0.18	0.18*	0.38*
Діаграма навантаження лабораторних досліджень $\sigma(\varepsilon)$	—		
Діаграма навантаження для чисельного аналізу НДС $\sigma(\varepsilon)$			
* – При максимальному навантаженні зразка			

Модель А – лінійний, пружний, однорідний масив породи. Модель Б – мультилінійний, однорідний масив сухої породи з пружно-крихкими деформаціями. Модель В – мультилінійний, однорідний масив вологої породи з пружно-пластичними деформаціями.

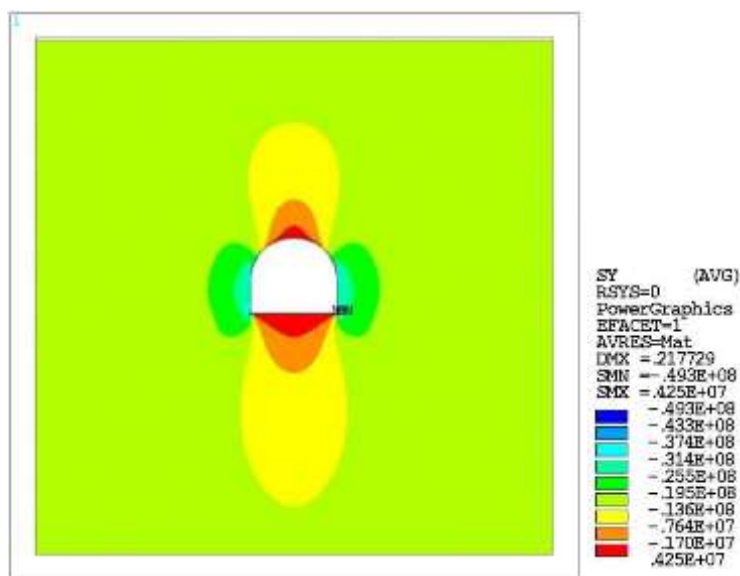
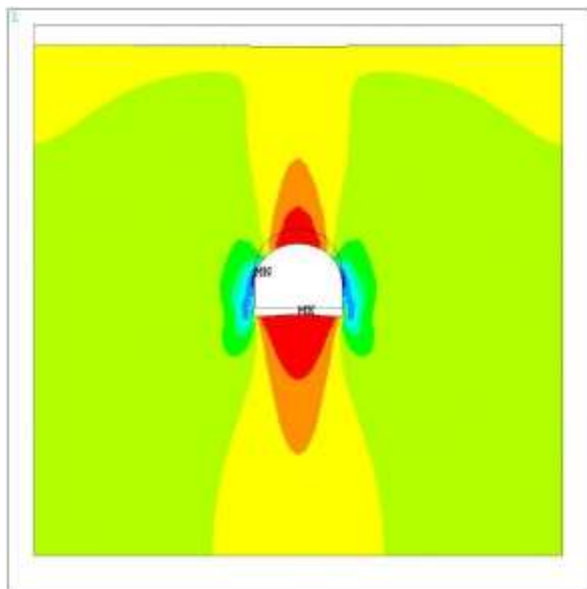
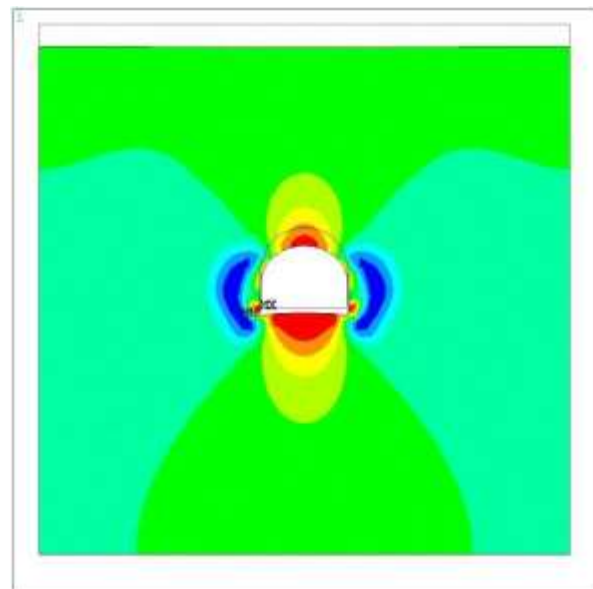


Рисунок 2 – Ізолінії вертикальних напружень – Модель А



SY (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.197
SMN =-.450E+08
SMX =-212480
-450E+08
-400E+08
-350E+08
-300E+08
-251E+08
-201E+08
-151E+08
-102E+08
-518E+07
-212480

Рисунок 3 – Ізолії вертикальних напружень – Модель Б



SY (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.327
SMN =-.140E+08
SMX =-49233
-140E+08
-125E+08
-109E+08
-936E+07
-780E+07
-625E+07
-470E+07
-315E+07
-160E+07
-49233

Рисунок 4 – Ізолії вертикальних напружень – Модель В

Результати ізолій вертикальних напружень для моделей А, Б і В (рис. 2 – 4), показав що: максимальний тиск зазнає модель А – 49,3 МПа на краю підшви виробки; модель Б – 45,0 МПа, ближче до центру боків виробки; модель В – 14,0 МПа, з перенесенням максимального тиску у глибину масиву боків виробки на 1,5 м.

Графік зміни вертикальних напружень для моделей А, Б і В (рис. 5) показує, що опорний тиск моделей А і Б має однаковий характер і близьку величину. Це означає, що модель Б стримує навантаження 15 МПа і деформації не наближаються до критичних. Пружні деформації моделі В переходять у пластичні, тому маємо знижений тиск і утворення зони опорного тиску, яка дорівнює 1,5 м.

Графік зміни вертикальних зсувів у покрівлі моделі (рис. 6) показав, що модель А має найменші пружні деформації.

Вертикальні зсуви покрівлі моделей Б і В, з урахуванням використаних властивостей породи мають приблизно однаковий діапазон величин, але деформація моделі В перейшла у пластичний стан. Тому зсув покрівлі моделі В найбільший. Отже, якщо напруження згідно діаграми навантаження перевищують граничний тиск, відбувається перехід від пружного до пластичного деформування. У результаті дії пластичної деформації напруження зменшуються, але залишаються у однаковому діапазоні і це формує зону опорного тиску у боках виробки.

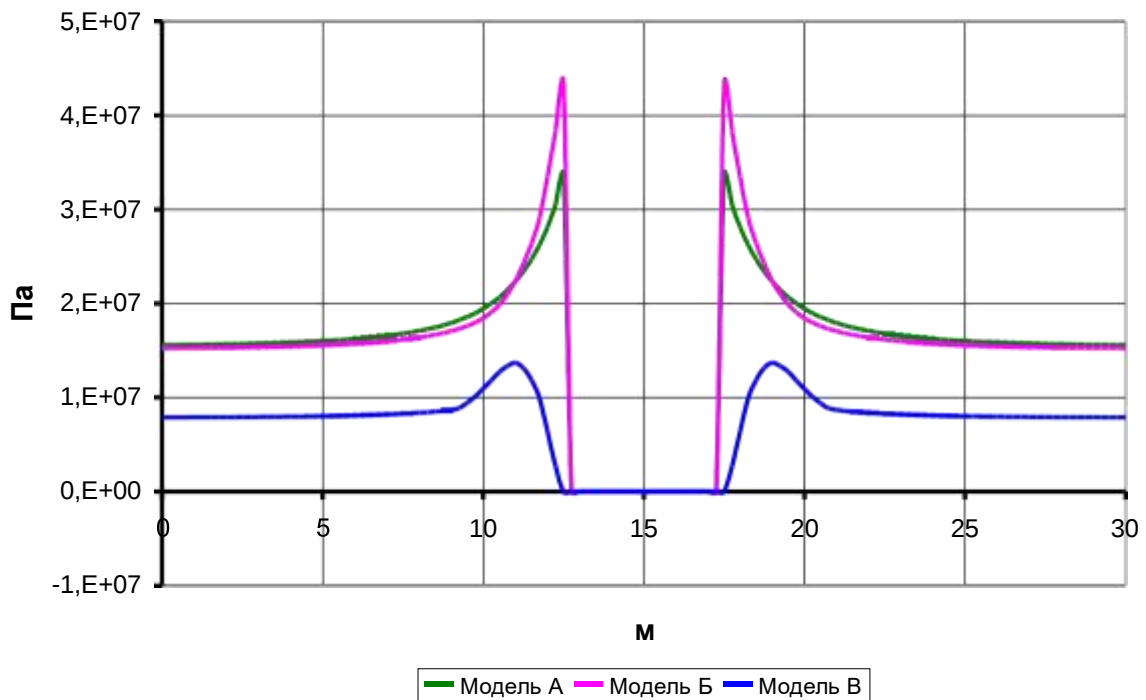


Рисунок 5 – Вертикальні напруження з боків виробки

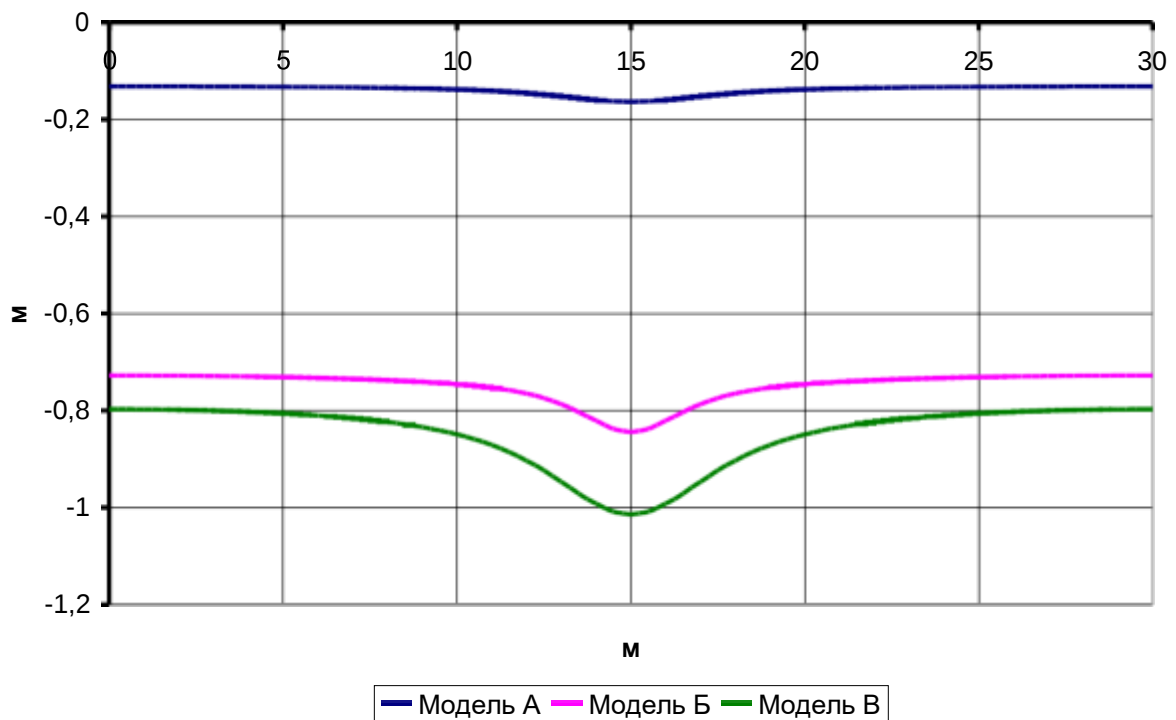


Рисунок 6 – Вертикальний зсув покрівлі виробки.

Таким чином, напружено-деформований стан масиву навколо виробки залежить від зміни фізико-механічних властивостей гірських порід. При збільшенні водонасичення прилеглих порід, змінюються пружні деформації на пластичні, що веде до втрати стійкості виробки і збільшення зсуву на контурі виробки.

Список використаної літератури

1. Яланський А.О., Сапунова І.О., Слащов А.І., Новіков Л.А. Обґрунтування вихідних параметрів для моделювання геомеханічних процесів в задачах оцінки безпеки підтримання гірничих виробок. ISSN 1607-4556 (Print), ISSN 2309-6004 (Online) Геотехнічна механіка. 2014. №119, с.282-295.
2. Сукнёв С.В. Определение статического модуля упругости и коэффициента Пуассона горных пород при изменении влажности // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2016. - №7. - с.108-116.
3. Jun Peng, Louis Ngai Yuen Wong, Guang Liu, Cee Ing Teh. Influence of initial micro-crack damage on strength and micro-cracking behavior of an intrusive crystalline rock/Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10064-018-1317-3>
4. Balázs Vásárhelyi, Morteza Davarpanah. Influence of Water Content on the Mechanical Parameters of the Intact Rock and Rock Mass/Periodica Polytechnica Civil Engineering, p.1-6. <https://doi.org/10.3311/PPci.12173>