

Цівка Є.С., аспірант кафедри гірничої інженерії та освіти
Науковий керівник: Ковалевська І.А., д.т.н., професор кафедри гірничої інженерії та освіти
(НТУ «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

ВИРІШЕННЯ СКЛАДНИХ ЗАДАЧ ГЕОМЕХАНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Зі зростанням гірничого тиску та збільшенням глибини ведення гірничих робіт підвищується важливість обґрунтування геомеханічних рішень в умовах підземної розробки родовищ корисних копалин. Збільшення витрат на управління гірським тиском і підтримка виробок безпосередньо впливають на ефективність гірничого виробництва.

В наших дослідженнях, ми зосередили увагу на запобіганні нерівномірному розподілу гірського тиску та руйнуванню елементів кріплення, шляхом моделювання та розрахунку напружено-деформованого стану системи «масив-кріплення» з композитного матеріалу [1].

Одним із основних напрямів дослідження НДС масиву є використання обчислювального експерименту [2], який являє собою метод вивчення об'єктів або фізичних процесів за допомогою математичного моделювання. Серед чисельних методів добре відомі: метод кінцевих елементів (МКЕ), метод кінцевих різниць (МКР) та метод граничних елементів (МГЕ).

Для розрахунків напружено-деформованого стану масиву гірських порід, ми будемо використовувати метод кінцевих елементів. Приклад сітки кінцевих елементів для гірничо-геологічних умов зображений на рисунку 1. Сутність даного методу полягає у вирішенні складних задач геомеханіки, завдяки універсальності, високій точності та широкому застосуванню в практиці [3,4].

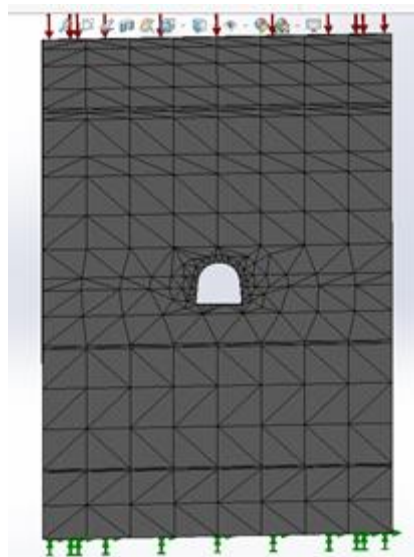


Рисунок 1 – Приклад сітки кінцевих елементів

На сьогоднішній день існує значна кількість програмних продуктів, які зосереджені на вирішенні задач шляхом методом кінцевих елементів та здатні вирішити науково-практичні задачі. За допомогою таких програмних продуктів, як ANSYS, SolidWorks, AutoCAD та COMSOL можна вирішити ряд складних задач геомеханіки.

Для вирішення поставленої задачі програмний продукт має задовольняти такі вимоги: моделювання шаруватого масиву гірських порід; моделювання фізико-механічних властивостей гірських порід і матеріалів в різних напрямках, вирішення завдань в просторовій постановці; враховувати кріплення гірських виробок та моделювати основні системи тріщин.

З широкого переліку програмного забезпечення, який задовольняє основні вимоги та може вирішити складні задачі геомеханіки є SolidWorks. Він має повноцінний набір для моделювання елементів гірського масиву та систем кріплень у цифровому вигляді, що дає можливість створювати над моделлю віртуальні технічні випробовування.

Основні властивості для розрахунку напружено-деформованого стану гірського масиву та вирішення складних задач у SolidWorks представлені на рисунку 2.

Свойство	Значение	Единицы измерения ^
Модуль упругости	12000000	Н/м ²
Коэффициент Пуассона	0.26	Не применимо
Модуль сдвига	9500000	Н/м ²
Массовая плотность	2600	кг/м ³
Предел прочности при растяжении	5000000	Н/м ²
Предел прочности при сжатии	26500000	Н/м ²
Предел текучести		Н/м ²
Коэффициент теплового расширения		/К
Теплопроводность		W/(м·К)

Рисунок 2 – Властивості для побудови моделі у SolidWorks

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що поставлена нами задача нерівномірного розподілу гірського тиску є важливою для розрахунку НДС гірського масиву та основною проблемою геомеханіки, особливо з урахуванням нового виду кріплення з композитних матеріалів Головною метою є правильний вибір програмного забезпечення для моделювання. Високий рівень розвитку комп'ютерної техніки та програмного забезпечення дозволяє вирішити складні задачі максимально точно та за невеликий відтинок часу. Спираючись на попередні дослідження НДС масиву, ми дійшли висновку, що саме SolidWorks найкраще підходить для моделювання геомеханічних процесів, тому що дозволяє максимально точно провести обчислювальний експеримент за допомогою методу кінцевих елементів.

Перелік посилань

1. Бондаренко В.І., Салєєв І.А., Шека І.В., Цівка Є.С. Обґрунтування використання композитних матеріалів для підвищення стійкості гірничих виробок // Українська школа гірничої інженерії: міжнар. наук.-практ. конф., 7-11 вересня 2020 р.: тези доп. – Бердянськ, 2020. – С. 25-26.

2. Бондаренко, В.И. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния мелкослоистого породного массива вокруг пластовой выработки. Книга 1. Допредельное деформирование системы «порода-крепь» [Текст] / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, В.В. Фомичев. – Днепропетровск: Системные технологии, 2006. – 172 с.

3. Moaveni, S. Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS / S. Moaveni. – 4th ed. – Harlow: Pearson Education Limited, 2015. – 936 p. – ISBN 978-0-13-384080-3.

4. Oñate, E. Structural Analysis with the Finite Element Method. Linear Statics. Volume 1: Basis and Solids / E. Oñate. – Heidelberg: Springer Netherlands, 2009. – 446 p. – ISBN 978-1-4020-8733-2.