

На рисунку 3 показані три варіанта розположення горних виработок в подрабованном масиві горних порід [6].

1 – вироботка розположена в зоні повних сдвижень (отсутствие деформацій), побудованої згідно рекомендаціям роботи [6].

2 – вироботка розположена згідно методикі ВНИМИ. В цьому випадку вироботка буде знаходитися в зоні изгиба горних порід і піддаватися деформаціям горизонтальних сжатий і вертикальних растяжень.

3 – вироботка розположена в зоні, побудованої по углам повних сдвижень. В даному варіанті, з урахуванням її розположення на невеликому відстані від отрабованного пласта, на вироботку будуть діяти підвищені напруження, викликані горизонтальними сжатиями і вертикальними растяжениями.

Таким образом, для вибору і ефективного застосування методів охорони об'єктів від шкідливого впливу підземної розробки необхідно з достатньою точністю визначати очікувані сдвиження і деформації, а також їх локалізацію. Для цієї цілі може застосовуватися метод комп'ютерного моделювання процесу сдвиження горних порід і земної поверхності, описаний в роботі [5].

Література:

1. Борщ-Компониєць В. І. Геодезія. Маркшейдерське дело - М.: Недра, 1989. - 512 с.
2. Оглоблин Д.Н. і др. Маркшейдерське дело - М.: Недра, 1989. - 512 с.
3. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.001.00159226.001 - 2003. – Київ, 2003.-128 с.
4. Кодунов Б.А. Способи графічного представлення результатів передрахування сдвижень і деформацій горних порід і земної поверхності під впливом підземної розробки / Б.А. Кодунов, А. А. Рязанцева // Матеріали регіональної науково-практичної конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 14 листопада 2013 р. – Донецьк: ООО "Цифрова типографія", 2013. – С. 38 - 44.
5. Б.А. Кодунов. Метод прогнозування сдвижень горних порід і земної поверхності при підземній розробці вугільних месторождений // Уголь.- 1991.- №2.- С. 54 - 56.
6. Кодунов Б.А. Основні питання в дослідженні розвитку процесів сдвиження при розробці вугільних месторождений / Б.А. Кодунов, А.К. Носач, Н.А.Рязанцев // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю. – 2012. - №1. – С. 173 – 182.

УДК 622.232

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВЕДЕНІ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Ісаєва О. О. (Індустріальний інститут ДВНЗ ДонНТУ),
науковий керівник – Носач О. К.

У статті розглянуті методи моделювання геомеханічних процесів, які допомагають досліджувати їх як із якісної, так і з кількісної сторони більш детально, а також вирішувати завдання гірничої геомеханіки.

Ключові слова: фізичне моделювання, аналогове моделювання, метод моделювання на еквівалентних матеріалах, метод відцентрового моделювання, електроаналоговий метод моделювання.

Одним з методів дослідження складноструктурних об'єктів в геомеханіці є моделювання в лабораторних умовах різних фізичних процесів гірничого виробництва. Мета моделювання полягає у відтворенні і вивченні моделі фізичного процесу, подібного до того, що відбувається в натурних

умовах. Метод моделювання дозволяє на зменшених або збільшених по відношенню до дійсності моделях проводити якісні та кількісні детальні дослідження досліджуваного процесу.

За принципами, на яких ґрунтується моделювання, розрізняють моделювання двох видів: фізична і аналогове.

Фізичне моделювання передбачає відтворення в моделі тих же самих фізичних полів, які діють і в об'єкті натури, але змінених за своїм абсолютним значенням у відповідності з прийнятим масштабом моделювання. Одним з основних переваг фізичного моделювання є можливість здійснення прямих спостережень за модельованими процесами і явищами, іноді це перевага є вирішальною.

Аналогове моделювання передбачає заміну моделі одних фізичних полів іншими, наприклад, заміну натурного поля механічних напруг електричним полем в моделі. Таким чином, на аналогових моделях вивчають закономірності явищ і процесів, що протікають в натурних об'єктах, використовуючи математичну аналогію різних по фізичній природі процесів, тобто математичну тотожність основних законів і збіг диференціальних рівнянь, що описують ці процеси.

На сьогоднішній день, враховуючи складність механічних процесів, що відбуваються в товщі порід при проведенні виробки, методи моделювання продовжують залишатися необхідною ланкою досліджень.

Найбільш зручним для досліджень проявів гірничого тиску є:

- метод моделювання на еквівалентних матеріалах, запропонований Р. Н. Кузнецовим в 1936 р. [1];
- поляризаційно-оптичний або оптичний метод, запропонований Ф. Левінсоном-Лессінгом [2];
- метод відцентрового моделювання, розроблений і практично розвинений Р. В. Покровським і ін [3];
- електроаналогові методи моделювання, тобто електричне моделювання фізичних полів [4];
- різні комбіновані методи.

Моделювання на еквівалентних матеріалах дозволяє з великим ступенем детальності простежити механізм процесів в товщі порід при русі вибою виробки, особливо процесів деформування порід з розривом суцільності, що зазвичай виключено при інших методах моделювання (рис. 1). Внаслідок цього метод еквівалентних матеріалів є найбільш дієвим. [4].

Даний метод заснований на заміні природних гірських порід натури такими штучними матеріалами, показники фізико-механічних властивостей яких знаходяться в певних співвідношеннях з аналогічними показниками тих же властивостей породи натури. Підбір матеріалів моделей, що задовольняють умовам подібності щодо їх міцнісних та деформаційних властивостей, створення аналогічного натурі структурної будови моделюється товщі порід, а також застосування приладів, що імітують роботу кріплень в моделях, дозволяють вивчати на моделях з еквівалентних матеріалів широкий комплекс процесів деформування і руйнування порід, а також взаємодії їх з кріпленням при утворенні та проведенні гірничих виробок. [5].

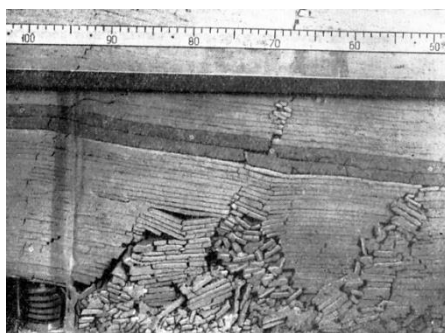


Рисунок 1 – Модель з еквівалентних матеріалів для вивчення характеру зсувів товщі порід над виробленим простором.

По природі сполучних речовин, які застосовують в даний час, еквівалентні матеріали поділяються на чотири групи:

1. На основі вуглеводнів нафтового походження (вазелін, парафін, олії та ін) – володіють пластичними і упругопластичними властивостями.

2. На основі неорганічних гідравлічних зв'язувальних (цемент, гіпс, рідке скло, тіосульфат натрію) – володіють крихким характером руйнування, а при додаванні до складу глини набувають пластичні властивості.

3. На основі синтетичних полімерів (епоксидна, карбомідна, кремнійорганічна та ін. смоли) – мають пружно-пластичні та крихкі властивості.

4. На основі смол природного походження (пек, каніфоль та ін) – володіють властивостями крихких матеріалів.

При підборі еквівалентних матеріалів з конкретними властивостями використовують різні модифікатори, присадки та інертні наповнювачі. В якості останніх застосовуються дрібні кварцові піски і дрібнодисперсні матеріали (цемент, крейда, інертний пил, порошки солей металів та ін).

Моделі виготовляють безпосередньо у випробувальних стендах, що представляють собою жорсткі рамні металеві конструкції (рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд плоского стенду для моделювання на еквівалентних матеріалах (Національний гірничий університет)

В залежності від розв'язуваних задач моделювання ведуть в різних геометричних масштабах: дрібних, від 1:400, 1:100, або великих, від 1:60 до 1:10.

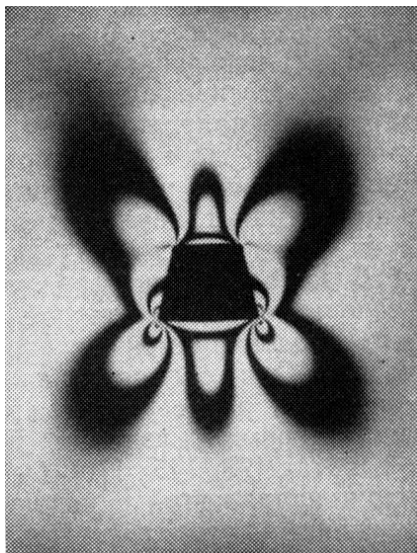


Рис. 3. Ізохроматична картина смуг в оптичній моделі кріплення трапецієподібної форми.

Поділ товщі порід у моделі на окремі шари забезпечують шляхом присипки поверхні кожного шару великої меленої слюдою, тріщинуватість або кліваж відтворюють насічкою свіжоприготовлених шарів до затвердіння або схоплювання матеріалів.

Оптичний метод моделювання дозволяє встановлювати розподіл і значення напружень в масивах порід і елементах споруд будь-якої конфігурації, коли деформації моделі відбуваються без розриву суцільності. [4].

Для вивчення напруженого стану порід навколо виробки виготовляють модель з оптично активного матеріалу з дотриманням умов геометричної і силової подібності. Через модель пропускають промінь поляризованого світла, і на екрані отримують поле напружень у вигляді ліній різних кольорів і відтінків (рис. 3).

На підставі цього судять про якісну характеристику поля напружень, про напрям і про точки або райони, найбільш небезпечних з точки зору міцності стійкості або оголення.

Оптичний метод «невидиме робить видимим», він дає повну картину розподілу загальних і місцевих напружень по всьому тілу.

У коло завдань, розв'язуваних цим методом входить дослідження напруженого стану гірського масиву навколо вертикальних і горизонтальних виробок, пройдених в шаруватих породах з похилим заляганням пластів та різними фізико-механічними властивостями, дослідження розподілу напружень в сполученнях різних виробок і т. д.

Таким чином, оптичний метод дослідження напружень дозволяє вирішувати досить складні завдання, які недоступні математичному аналізу. [6].

Метод відцентрового моделювання в основному застосовують для вивчення питань, пов'язаних з проявами гірського тиску і, зокрема, для дослідження стійкості укосів, напруг у ґрунтах під фундаментами та ін. Метод полягає в заміні гравітаційних сил інерційними, створюваними в моделі в результаті її обертання в каретці центрифуги. Він дозволяє моделювати об'ємний напружено-деформований стан (НДС) порід навколо виробок, як у пружній області, так і за її межами.

Модель об'єкта, виконану в заданому геометричному масштабі, поміщають в центрифугу і шляхом рівномірного обертання навантажують об'ємними інерційними силами, надаючи тим самим порід моделі деяку фіктивну об'ємну вагу (рис.4). Це дозволяє в ряді випадків для виготовлення моделі використовувати матеріал, однаковий по своїм фізико-механічним властивостям з матеріалом натури, що створює певні переваги перед методом еквівалентних матеріалів.

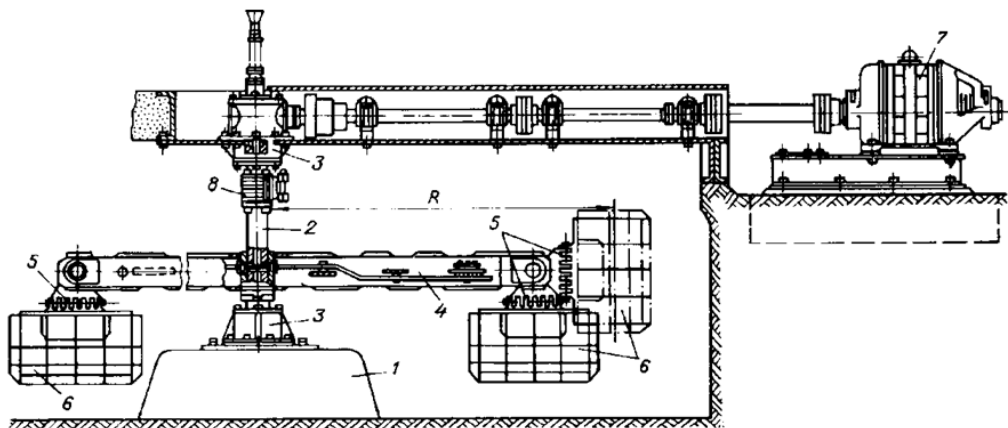


Рис. 4. Конструктивна схема центрифуги: 1 – фундамент; 2 – вісь обертання; 3 – підшипники; 4 – коромисло; 5 – комутатори; 6 – каретки; 7 – електродвигун.

Метод відцентрового моделювання з успіхом і великим ступенем надійності застосовують при вирішенні завдань, пов'язаних з визначенням розмірів стійких поточин камер, оптимальної форми і параметрів бортів кар'єрів і відвалів, тиску обвалених порід на днища очисних блоків, впливу тривалого навантаження на кріплення капітальних виробок, пройдених в пластичних глинистих породах та ін. Використання спеціальних пристроїв дозволяє моделювати в центрифугі одночасно дію статичного поля напружень і динамічного поля, створюваного при підіривних роботах.

Перевагою відцентрового моделювання є те, що це єдиний з методів моделювання, в якому, завдяки використанню натуральних гірських порід, дотримується відповідність між розмірами частинок і молекул. Для деяких задач це має важливе значення. [4].

Заслужують особливої уваги електроаналогові методи моделювання, тобто електричне моделювання фізичних полів. Ці методи базуються на збігу диференціальних рівнянь, що описують процеси в електричному і механічному силових полях. Такі моделі можуть бути двох типів. В першому методі електрогідродинамічних аналогій (ЕГДА), запропонованому в 1922 р. акад. Н.Н. Павловським, заснований на тому, що вимірюваний на моделі електричний потенціал на основі

аналогій переводиться в відповідні значення деформацій (і напруг). використовують змінні електричні властивості суцільного провідного середовища (рис. 5).

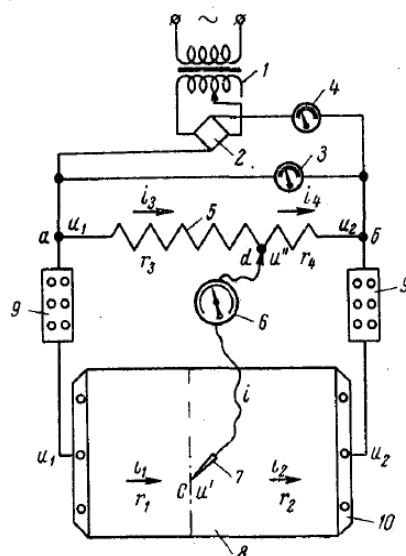


Рис. 5. Принципова схема установки ЕГДА: 1 – трансформатор; 2 – випрямляч; 3 – вольтметр; 4 – міліамперметр; 5 – потенціометр; 6 – нуль-індикатор; 7 – пошукова голка; 8 – модель; 9 – магазини опорів; 10 – затискні шини.

Другий, відомий як метод електричних сіток прямої аналогії (ЕСПА), передбачає заміну суцільного середовища сіткою з деяких елементарних електричних комірок, параметри яких призначають виходячи з властивостей середовища в механічній системі та критеріїв подібності. Електричні осередки - елементи напруги, сили струму, індуктивності, ємності - служать аналогами механічної напруги, швидкості пружного зміщення, маси, податливості елементарних обсягів модельованого масиву порід.

Електроаналогові методи застосовують в даний час для вирішення завдань, пов'язаних з динамічними процесами в породних масивах, а подальший розвиток цих методів може відкрити шляхи моделювання спільної дії статичних і динамічних процесів механіки гірських порід.

При вирішенні задач механіки гірських порід використовують також комбінації методів, наприклад, принципу відцентрового моделювання та принципу поляризаційно-оптичного методу, або методу еквівалентних матеріалів і відцентрового моделювання.

Комбінація методу еквівалентних матеріалів і принципу відцентрового моделювання, отримала наукову, технологічну розробку і широке застосування у результаті багаторічних (з 1946 р.) досліджень Криворізького науково-дослідного гірничорудного інституту (НДГРІ), що проводилися під керівництвом професора І. Р. Рівкіна.

Сутність даного комбінованого методу полягає в тому, що замість моделі з натуральних гірських порід, що застосовується в методі відцентрового моделювання, модель виготовляють з еквівалентних матеріалів, механічні характеристики яких задовольняють умові геометричного подібності.

Часто використовують у поєднанні оптичний метод і метод еквівалентних матеріалів. Наприклад, оптичним методом найбільш детально вивчають розподіл напружень в зоні опорного тиску, а методом еквівалентних матеріалів для тих же умов досліджують розвиток деформацій товщі з розривом суцільності та механізм взаємодії рухомих порід з кріпленням.[4].

Для дослідження і вирішення задач гірничої геомеханіки можуть бути використані різні методи моделювання. Їх суть у тому, що вони дозволяють краще дослідити геомеханічні процеси. Результати моделювання полегшують і уточнюють інтерпретацію шахтних спостережень, сприяє більш точної їх постановці і проведенню з меншими витратами.

Розкриваючи механізм досліджуваних процесів, дослідження на моделях дозволяють у багатьох випадках побудувати найбільш правомірну і надійну розрахункову схему для вирішення відповідних завдань гірничої практики, а раціональне поєднання методів моделювання з методами аналітичних розрахунків – значно спростити ці завдання і максимально наблизити розрахункові схеми до дійсності.

Література:

1. Вивчення проявів гірського тиску на моделях / Г.Н. Кузнєцов и др. – М.: Углетехиздат, 1959. – 283 с.
2. До питання про тиск у тунелях / Ф. Левінсон-Лессінг, А. Зайцев. – М.: ОНТИ, 1915. – 118 с.
3. Відцентрове моделювання в гірничій справі / Г.И. Покровський, И.С. Федоров. – М.: Недра, 1969. – 247 с.
4. Механіка гірських порід: Навчальний посібник / О.М. Шашенко. – Дніпропетровськ: Національна гірнича академія України, 2002. – 302 с.
5. Моделювання в геомеханіці / Ф.П. Глушихин, Г.Н. Кузнєцов, М.Ф. Шклярський, В.Н. Павлов, М.С. Золотников. – М.: Недра, 1991. – 240 с.
6. Моделювання гірничих процесів / И.Д. Насонов. – М.: Недра, 1969. – 204 с.

УДК 004.92:622.2

РОЛЬ 3D ГРАФІКИ В МОДЕЛЮВАННІ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

Павленко С.В, Малярчук Ю.А (Індустріальний інститут ДВНЗ ДонНТУ),
науковий керівник – Вірич С. О.

У статті розглянуто основні переваги 3D моделювання гірничих виробок, етапи розвитку 3D графіки, перспективи тривимірного моделювання, цілі і завдання 3D моделювання. Було проаналізовано механізм та послідовність моделювання гірничих виробок, переваги тривимірного моделювання.

Ключові слова: 3D моделювання, гірничі виробки, проектування, імітаційне моделювання, наочність, візуалізація (рендеринг), тривимірність.

Початком розвитку 3D графіки вважається звичайне двовимірне зображення. За кілька десятиріч років графіка досягла величезного розвитку. Завдяки багаторічним розробкам, людство дізналося, що таке відео дизайн і тривимірні зображення.

Появі 3D зображень передували двомірне зображення, яке мало дві осі координат, що формували ширину і висоту малюнка. І тільки в 90-х роках ХХ-го століття стало відомо про можливість створення третього виміру – об'єму. Таке відкриття було під силу лише людині з хорошим просторовим уявленням, де його предметна візуалізація змогла б відображати всі характеристики об'єкта. Тому дві існуючі осі координат поповнилися третім критерієм, глибиною, що відповідає осі «Z». У ХХ столітті перші комп'ютери, на яких доводилося працювати, були дуже громіздкими, але це анітрохи не бентежило людей, для яких електроніка була істинним сенсом життя.

В даний час тривимірна графіка досягла надзвичайних висот і користується надзвичайною популярністю. Сьогодні існує багато прикладів застосування тривимірного моделювання тих чи інших об'єктів. Це доводить, що тема використання методики 3D моделювання є актуальною, особливо для нас, як майбутніх фахівців з гірничої справи. Адже планування і розробка шахти з використанням 3D моделювання сприяє більш точному наочному зображенню та дає змогу уникнути помилок при проектуванні подальшого розроблення корисних копалин.

З метою подальших досліджень наведемо основні поняття тривимірної графіки. Тривимірна графіка – це розділ комп'ютерної графіки, сукупність прийомів і інструментів (як програмних, так і апаратних), призначених для зображення об'ємних об'єктів. Найбільше застосовується для створення зображення на площині екрану або аркуша. Тривимірне зображення на площині відрізняється від двовимірного тим, що включає побудову геометричної проекції тривимірної моделі сцени на площину (наприклад, екран комп'ютера) за допомогою спеціалізованих програм. При цьому модель може як відповідати об'єктам з реального світу, так і бути повністю абстрактною (проекція чотиривимірного фрактала).

Для отримання тривимірного зображення на площині потрібні необхідно здійснити наступні кроки: моделювання – створення тривимірної математичної моделі сцени і об'єктів в ній; рендеринг (візуалізація) – побудова проекції відповідно до обраної фізичної моделі; висновок отриманого