МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра хімічних технологій та інженерії

МЕХАНІКА ГІРСЬКИХ ПОРІД

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

для здобувачів вищої освіти на першому (бакалаврському) рівні за спеціальністю G16 Гірництво та нафтогазові технології денної та заочної форм навчання

РЕКОМЕНДОВАНО
на засіданні кафедри хімічних технологій та інженерії
(протокол № від 2025 р.)

ПОГОДЖЕНО
Науково-методичною радою Державного університету економіки і технологій
(протокол № від « » 2025 р.)

м. Кривий Ріг
2025 р.

Методичні рекомендації для виконання практичних робіт з дисципліни «**Механіка гірських порід»** для здобувачів вищої освіти на першому (бакалаврському) рівні за спеціальністю G16 Гірництво та нафтогазові технології денної та заочної форм навчання / Державний університет економіки і технологій, Навчально-науковий технологічний інститут, кафедра хімічних технологій та інженерії; уклад. В. ГРИГОР`ЄВА, В. ЖИЖИЧ, Кривий Ріг, 2025. 70 с.

Укладач: Вікторія ГРИГОР`ЄВА, доцент, к.т.н.
Валентина ЖИЖИЧ

Відповідальний за випуск: Вікторія ГРИГОР`ЄВА доцент, к.т.н.

Методичні рекомендації для виконання практичних робіт з дисципліни «**Механіка гірських порід»** для здобувачів вищої освіти на першому (бакалаврському) рівні за спеціальністю G16 Гірництво та нафтогазові технології денної та заочної форм навчання розроблено у відповідності до навчального плану з метою надання здобувачам вищої освіти методичної допомоги у поглибленні знань і набутті практичних навичок. Методичний посібник призначений для самостійної роботи студентів денної і заочної форм навчання при вивченні навчальної дисципліни. Розглянуто механічні властивості гірських порід з точки зору стійкості стінок гірничих виробок, визначення висоти склепіння природної рівноваги; побудова паспорта міцності гірської породи.

ЗМІСТ

ВСТУП 4
1.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ 4
1.2 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 4
Практична робота № 1. Вивчення характеристик міцності гірських порід. Імітаційне моделювання деформування неоднорідних гірських порід в умовах контрольованого руйнування 4
Практична робота № 2. Визначення висоти склепіння природної рівноваги 17
Практична робота № 3. Оцінка якості металургійного коксу 22
Практична робота № 4. Побудова паспорта міцності гірської породи за методом кіл Мора 26
Практична робота № 5. Побудова паспорта міцності за даними випробування гірської породи на зріз із стисненням 31
Практична робота № 6. Побудова паспорта міцності за даними об'ємно-напруженого випробування гірської породи 37
1.3 ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ 40
1.4 ТИПОВІ ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДО ІСПИТУ З ДИСЦИПЛІНИ 41
1.5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ИНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ 62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 67
Додаток А 68

ВСТУП

Матеріали методичного забезпечення для практичних занять з дисципліни «Механіка гірських порід» призначені для навчальної роботи студентів на практичних заняттях. У них викладені теоретичні питання і методика вирішення ряду завдань. По кожному з шести практичних занять сформульована тема і мета заняття, вказаний час виконання, а також наведено приклади, необхідні для їх виконання. За виконання кожного практичного заняття студенту виставляється оцінка в ході особистої співбесіди з викладачем.

1.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Практичне заняття – форма навчального заняття, при якій викладач організує детальний розгляд студентами окремих теоретичних положень навчальної дисципліни.

Студент під час проведення практичних занять повинен:

- Ознайомитись з методичними рекомендаціями щодо проведення практичних занять;
- Обов’язково відвідувати практичні заняття;
- Безумовно дотримуватись правил охорони праці;
- Вести робочий зошит з практичних занять;
- Одержати оцінку за практичний модуль через визначену форму модульного контролю (за результатами поточного контролю виконання вправ або контрольних модульних робіт та індивідуальних завдань).

1.2 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практична робота № 1

Тема: ВИВЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМУВАННЯ НЕОДНОРІДНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД В УМОВАХ КОНТРОЛЬОВАНОГО РУЙНУВАННЯ

Час виконання – 2 академічні години.

Мета роботи - вивчення експериментальних методик визначення показників міцності гірських порід.

Теоретичні відомості

Проблема оцінки міцності гірських порід в складному напруженому стані – одна з найважливіших в механіці гірських порід. У результаті вона зводиться до порівняння еквівалентного напруження з межею міцності на стиск. Маючи добре обґрунтований критерій міцності, можна аналітично вирішити і зворотну задачу – тобто прогнозувати міцність гірських порід, будувати паспорти міцності, тобто вивчати процес руйнування гірських порід на чисельних моделях. Такі моделі досліджуються за допомогою програмних комплексів, в основі яких лежить один з чисельних методів. Для цих цілей дуже добре підходить метод кінцевих елементів (МКЕ) [1].

Стандартні дослідження процесу руйнування гірських порід проводяться шляхом випробувань порідних зразків (блоків) за відповідними методиками, тобто по суті, випробувань фізичних моделей, що імітують реальний порідний масив. При цьому витрачаються значні зусилля для ліквідації недосконалості самого процесу фізичного моделювання, таких як торцеві умови, якість обробки поверхонь зразків, особливостей випробувальних машин, похибок вимірювальних приладів і тому подібне. Для слабких гірських порід навіть саме виготовлення зразків часто представляє непросту проблему, особливо для випробувань в режимі контрольованого руйнування, що дуже важливо для імітації реальних умов деформації порідного масиву. Усі вищезгадані недоліки фізичного моделювання призводять до того, що експериментальні дані, отримані шляхом лабораторних випробувань порідних зразків, є до певної міри величинами випадковими, тому для отримання точніших результатів необхідно виконати велику кількість лабораторних дослідів, проведення яких дуже трудомістко і потребує істотних матеріальних витрат. Завдяки розвитку і доступності обчислювальної техніки тепер є реальна можливість використовувати комп'ютерне моделювання при проведенні досліджень геомеханічних процесів замість натурних і лабораторних випробувань. Комп'ютерне моделювання процесу руйнування порідних зразків в об'ємному напруженому стані на відміну від фізичного моделювання позбавлене зазначених вище недоліків. Воно дозволяє обмежитися визначеною, добре обґрунтованою, теорією міцності і результатами звичайних випробувань зразків гірських порід на одновісне стискування (розтягування, зрушення). При цьому можна врахувати природну варіацію цих параметрів, задаючи в комп'ютерній стохастичній моделі параметри того або іншого закону їх розподілу. Відомі два види випробувань гірських порід на одновісне стискування:

- в умовах заданих навантажень;

- в умовах заданих деформацій.

У першому випадку на пульті пресу задають певне навантаження (напруження $-\boldsymbol{\sigma_i}$) і вимірюють відповідну їй подовжню (поперечну) відносну деформацію – $\boldsymbol{\varepsilon_i}$**.** Наприкінці випробувань визначають граничне напруження (межу міцності на одновісне стискування – $\boldsymbol{R_c}$) і граничне значення подовжньої деформації ε_k. Після цього зразок лавиноподібно руйнується. У цьому режимі відбувається, наприклад, навантаження порід покрівлі в лаві при збільшенні довжини консолі порід покрівлі. У другому випадку задаються значення деформацій і вимірюється відповідні ним напруження. Для цього використовують особливі, так звані «жорсткі», випробувальні машини [2-4]. При цьому поведінка порідних зразків в процесі їх деформації до моменту руйнування повністю співпадає з поведінкою таких же зразків, що навантажуються в режимі заданих навантажень. Інакше йдуть справи з руйнуванням структурно неоднорідних гірських порід за межею міцності (рис. 1.1). При жорстко заданій деформації першими руйнуються структурні елементи, найбільш «невдало» орієнтовані по відношенню до зовнішнього навантаження. При цьому частина навантаження, що доводиться на них, перерозподіляється на інших, більш «вдало» розташовані елементи. Зразок набуває нову структуру, якій відповідає нижча по відношенню до початкової $\boldsymbol{R_c}$ межа міцності на одновісне стискування $\boldsymbol{R_{ci}}$. Петля гістерезису, отримана при знятті величини навантаження до нуля, характеризуватиме рівень дисипації пружної енергії. Наприкінці навантаження будуть зруйновані усі внутрішні зв'язки і зразок, зовні зберігаючи форму і залишкову міцність $\boldsymbol{R_{ост}}$ за рахунок сил тертя, перейде в стан так званої еквіволюміальної течії. Форма спадаючої частини кривої деформування по суті є характеристикою структури конкретної літологічної різниці.
Таким чином руйнується порідний масив навколо поодиноких гірничих виробок, в целіках і в багатьох інших елементах підземних структур. Роль «жорсткого» пресу в цьому випадку відіграє частина порідного масиву, що пружно деформується. Ця особливість руйнування гірських порід знаходить своє віддзеркалення в розрахункових схемах (моделях), в аналітичних розрахунках [2, 5] і чисельному моделюванні [5-6]. При цьому у разі чисельного моделювання доводиться застосовувати особливі прийоми, що стосуються не лише змін в початкових моделях, але і в архітектурі відповідного програмного продукту. Дослідження, виконані О.М. Шашенком, О.О. Сдвижковою в області масштабного ефекту в гірських породах [6] показали, що гістограми розподілу міцності різних вуглевміщуючих порід підкоряються певним законам розподілу: нормальному, логнормальному, Вейбулла та ін. Складний напружений стан, в якому

знаходяться гірські породи навколо виробок, можна привести до еквівалентного одновісного, використовуючи ту або іншу теорію міцності. Тоді, знаючи характер навантаження та вигляд кривої розподілу міцності структурних елементів в породі, можна автоматично врахувати цю обставину в алгоритмі розрахунку, минаючи стадію трудомістких лабораторних випробувань.

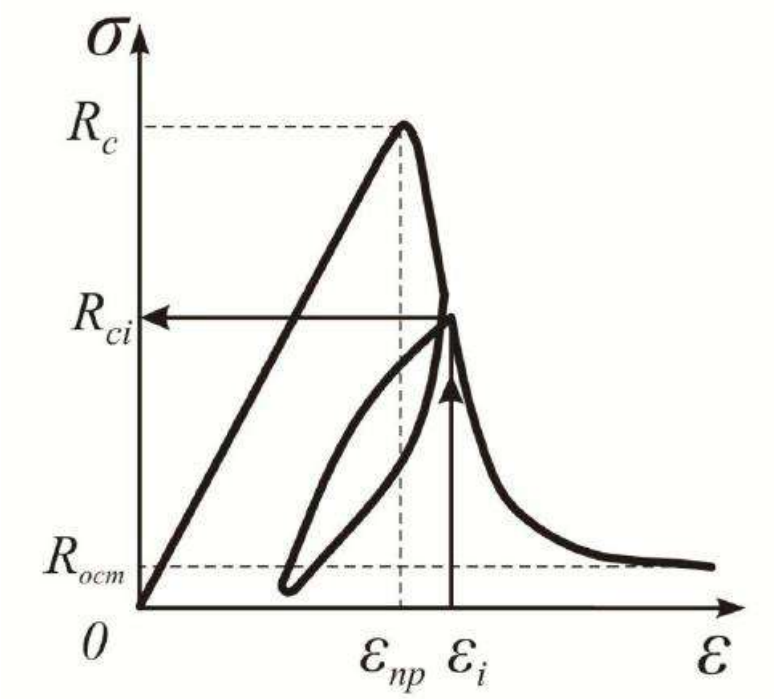


Рис. 1.1. Випробування зразків гірських порід на одновісне стискування в режимі заданих деформацій

Використана методика чисельного моделювання процесу деформації порідних зразків за межею міцності полягала в наступному. Графік реальних випробувань конкретної гірської породи перебудовувався. На вертикальній і горизонтальній осях координат усі значення напружень і деформацій ділилися на їх найбільші значення ($\boldsymbol{R_c}$) і ($\boldsymbol{\varepsilon_{max}}$). Тоді з'являлася можливість порівнювати між собою гірські породи однієї літологічної різниці, що мають різну міцність.

В створеній об'ємній комп'ютерній моделі (рис. 1.2) вертикальна деформація (ε_1=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) задавалася у відсотках від довжини зразка, а його бічні грані були вільні від навантажень. Вертикальні і горизонтальні переміщення на нижній грані зразка задавалися рівними нулю – це відповідає наявності жорсткої нижньої плити пресу і сухому тертю на контакті між гранню зразка і плитою пресу.

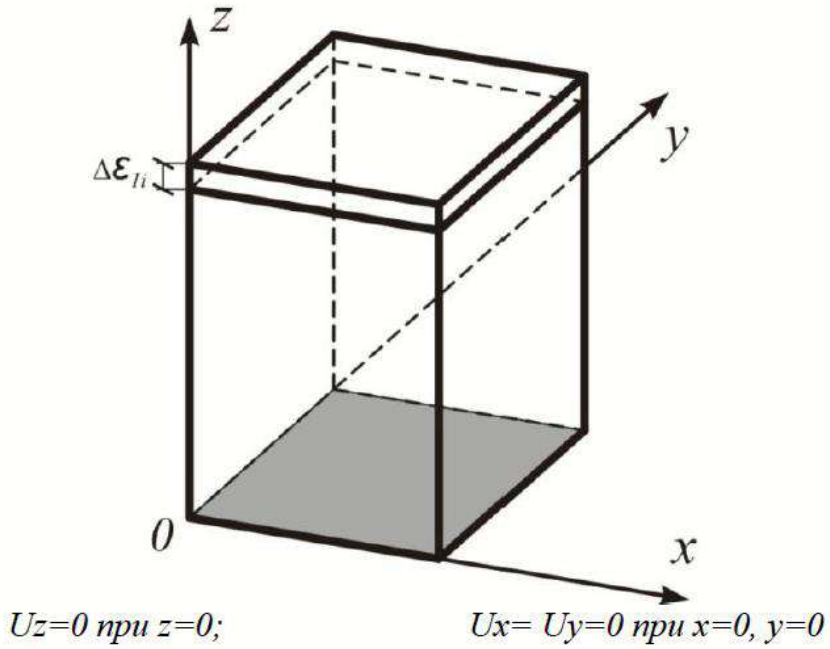


Рис. 1.2. Об'ємна комп'ютерна модель навантаження породного зразка в режимі заданої деформації

В процесі приросту вертикальних деформацій в центрі кожного елементу визначалася величина еквівалентного напруження ε_{ei}, яка порівнювалася з межею міцності на одновісне стискування R_c. Значення межі міцності в кожному елементі задавалися за допомогою датчика випадкових чисел за логнормальним законом розподілу. Параметри закону приймалися на основі обробки даних лабораторних випробувань зразків на одновісне стискування (рис. 1.3).

Елементи, в яких виконувалася умова $\sigma_e \geq R_c$ (1.1)вважалися зруйнованими. При цьому несуча здатність зразка знижувалася, що враховувалося коефіцієнтом зниження міцності по відношенню до початкової міцності:

$$\omega = \frac{n - n_p}{n} \qquad (1.1)$$

де n – загальне число кінцевих елементів; n_p – число зруйнованих кінцевих елементів, в яких виконалася умова (1.1). Величина коефіцієнта зниження міцності змінювалася в наступних межах , $1>\omega>\omega_{зал}$

де $\omega_{зал}$ – залишкова міцність зразка.

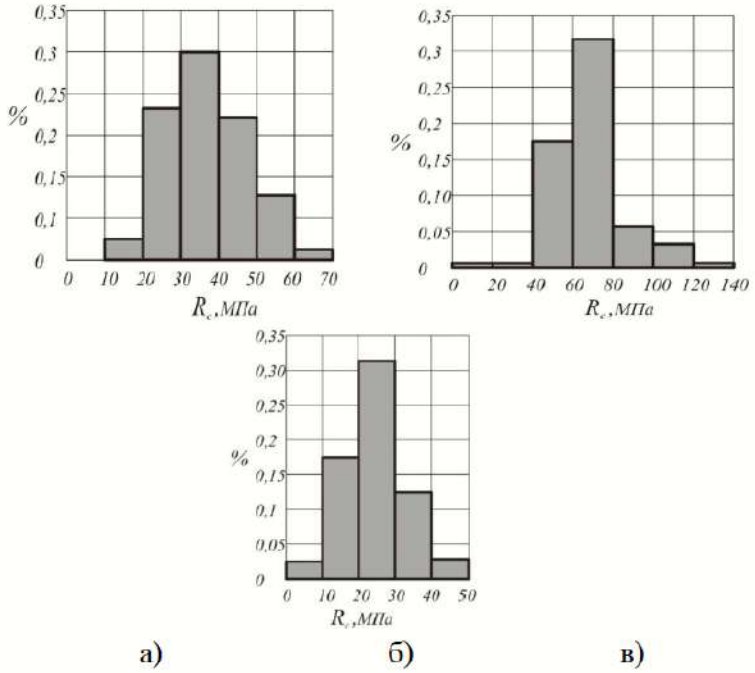


Рис. 1.3. Гістограми розподілу меж міцності вміщуючих порід і руди (ш. «Родина» ВАТ «Криворізький залізорудний комбінат»)

На рис. 1.4-1.6 показані в безрозмірних координатах модельовані гірські по- роди шахти «Родина» ВАТ «Криворізький залізорудний комбінат» для випадків нормального і логнормального законів розподілу як таких, що найближче відбивають їх структурні особливості. З графіків виходить, що до реальної кривої деформування найближче розташовані імітаційні криві, отримані на підставі логнормального закону розподілу.

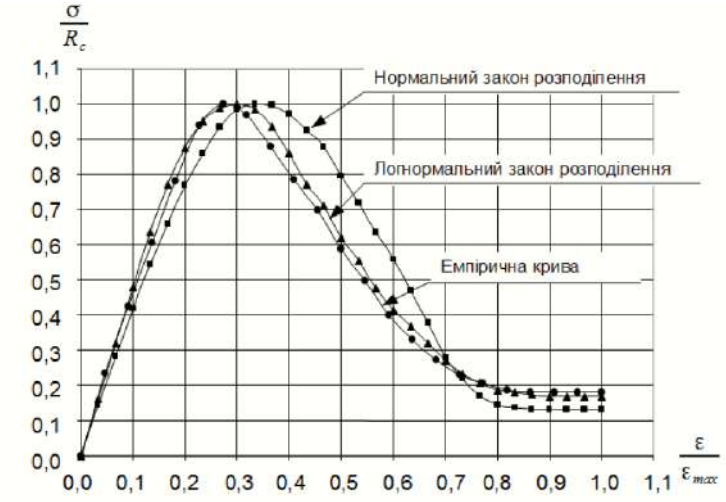


Рис. 1.4. Криві деформування за межею міцності кварцево-гідрогематитобіотитових сланців

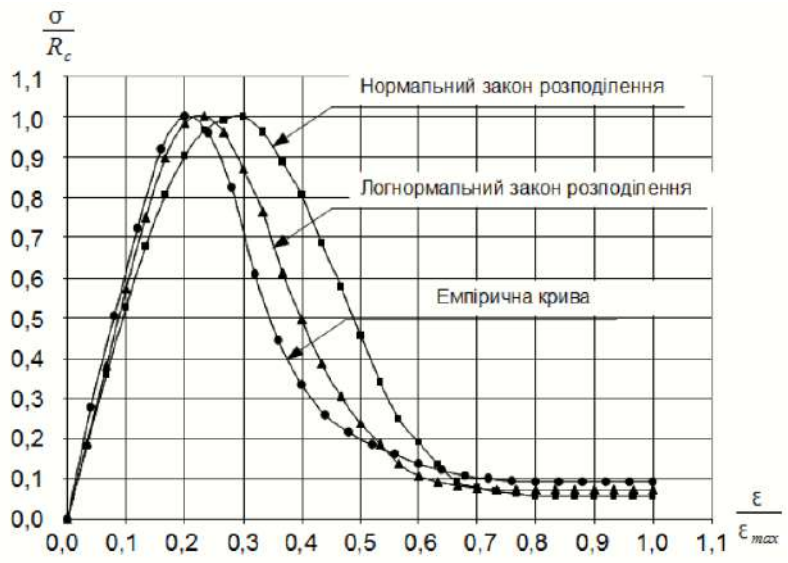


Рис. 1.5. Криві деформування за межею міцності мартито-кварцитогематитових роговиків



Рис. 1.6. Криві деформування за межею міцності руди красko-мартитової

Міцність – це здатність матеріалів (гірських порід) чинити опір руйнуванню під дією навантажень. Максимальні значення напружень, при яких відбувається руйнування матеріалів, називається межею міцності.

К характеристикам міцності гірських порід відносяться: межа міцності на одновісне стиснення $R_{с\ т}$, розтягнення $R_р$, зрушення (зріз) $R_з$, зчеплення C і кут внутрішнього тертя ω (омега). Характеристики міцності гірських порід

використовують для визначення оптимальних способів та параметрів кріплення гірничих виробок, охоронних конструкцій (кострів, бутових та литих бетонних смуг), закладки виробленого простору, вибору раціональних методів та механізмів руйнування, оцінки стану гірського масиву та т. ін. Показники міцності більшості матеріалів і гірських порід є константами, які наводяться в довідниках.

Межі міцності на одновісне стиснення $\boldsymbol{R_{с\ т}}$ для деяких типів гірських порід наведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1.

Межі міцності гірничих порід

Тип гірської породи	$\boldsymbol{R_{с\ т}}$**, МПа**
Пісковік	> 40
Вугільний пласт	32-40
Алевроліт	27-32
Аргіліт	< 27

Межа міцності на одновісне стиснення $\boldsymbol{R_{ст}}$ – стискаюче напруження, при якому зразок матеріалу руйнується. Межа міцності обчислюється за формулою:

$$R_{\text{ст}} = \frac{\text{P}}{S \cdot k}, \text{Н/м}^2 \qquad (1.2)$$

де P – руйнуюче навантаження, H; S - площа поперечного перерізу зразка, м^2; k - коефіцієнт форми.

Міцність на одновісне стиснення є найбільш загальною та часто використовуваною характеристикою міцнісних властивостей матеріалів та гірських порід. Існує безліч методів випробування зразків на одновісне стиснення, методик і нормативних вказівок для визначення цього показника. Проведення випробувань на одновісне стиснення виконується на зразках циліндричної (керн) або призматичної форми. Діаметр зразків повинен бути в межах 40-50 мм з відношенням висоти до діаметру, рівним 0,9-1,1. Торцеві поверхні зразків шліфують, їх випуклість (увігнутість) після шліфування не повинна бути більше 0,05мм. Торцеві поверхні повинні бути паралельними один до одного (відхилення не більш ніж 0,1 мм) та перпендикулярні до утворюючого циліндра (відхилення 1,0 мм).

Випробування проводять на пресі. Для строго центрованого навантаження зразка між ним та одною із плит преса встановлюють шароподібний центрований прилад. Навантаження зразка виконують з постійною швидкістю в межах 1-

30 кгс/см^2·с, збільшуючи навантаження аж до самого руйнування зразка та фіксуючи значення руйнуючого навантаження.

Головним завданням при випробуванні зразка на одновісне стискання є забезпечення рівномірності прикладання зовнішнього навантаження на площу зразка від початку проведення випробувань до кінця. В процесі випробувань зразок породи встановлюють боковою поверхнею в центрі опорної плити преса та навантажують до початка руйнування. Основні схеми випробування зразка на одновісне стиснення зображено на рис.1.7.

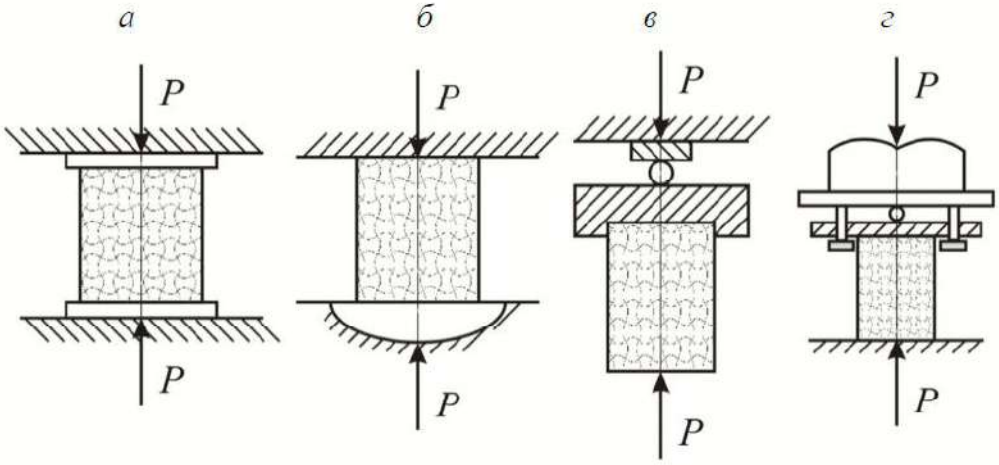


Рис. 1.7. Основні схеми випробування зразків на одновісне стиснення

За першою схемою (рис.1.7, а) торці зразків в процесі навантаження залишаються паралельними. Умови навантаження і деформування при цьому близькі до натурних умов деформування і руйнування гірських порід, наприклад, в целіках. Результати такого роду випробувань найбільш представницькі.

Істотним недоліком цієї схеми є велика трудомісткість робіт, яка пов'язана з виготовленням зразків зі строго паралельними торцями, а навіть незначне відхилення від паралельності призводить до концентрації напружень на одному з торців і нерівномірному протіканню процесу руйнування.

Друга схема (рис.1.7, *б*) досить широко використовується при випробуваннях різних матеріалів, в тому числі і гірських порід. В даній схемі прес має сферичний шарнір і в порівнянні зі зразком діаметра. Шарнір розташовано на нижній або верхній плиті преса. Головне призначення шарніра – забезпечити щільне прилягання плит преса до непаралельних торців зразка.

Основним недоліком цієї схеми є деякий ексцентриситет прикладання навантаження, що позначається на точності результатів випробувань.

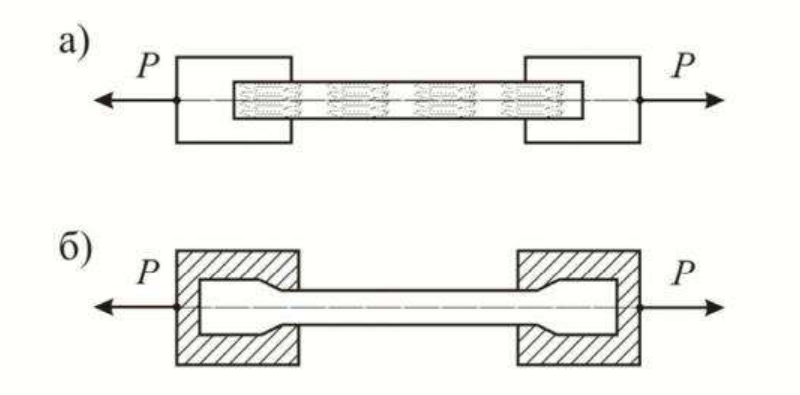
При третій схемі навантаження (рис. 1.7, *в*) ексцентриситет зменшується до мізерно малої величини незалежно від ступеня не паралельності торців.

Однак наявність легко рухомого шарніра знижує поздовжню стійкість високих зразків, що знижує достовірність результатів. В цілому ж ця схема навантаження, що дозволяє значно знизити вимоги до обробки зразків, забезпечує досить представницькі результати.

За четвертою схемою (рис. 1.7, *г*) опорні плити, крім сферичного шарніра, забезпечені трьома упорними гвинтами. Після того як накладено 5-15 % руйнівного навантаження, гвинти піднімаються і виводять шарнір з роботи. Надалі відбувається плоскопаралельний рух плити преса. Результати випробувань цього способу мають високу наочність, особливо при випробуваннях порід, які сильно піддаються деформуванню.

Межа міцності на одноосьовий розрив R_p – це напруження рівне відношенню максимального навантаження при розтягуванні, яке передбачає руйнування до початкової площі поперечного зрізу зразка. Для визначення міцності порід на одноосьовий розтяг використовують прямі і непрямі методи.

Прямий метод випробувань проводиться на зразках циліндричної (рис. 1.8, *а*) і гантелеподібної (рис. 1.8, *б*) форм. Кінці циліндричних зразків вставляються в спеціальні захвати розривної машини. Розривні зусилля передаються через троси для центрування зразка.



а – зразок циліндричної форми; б - зразок гантелеподібної форми

Рис. 1.8. Схеми дослідження зразків на одноосьовий розтяг

До непрямих методів визначення межі міцності на одноосьовий розтяг відносяться:

- метод розколювання стискаючим навантаженням;
- метод розриву зсередини,

- метод вигину,

- метод продавлювання зразків у формі породних дисків.

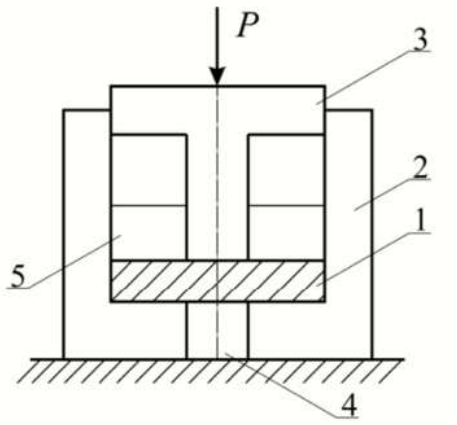
На підставі проведених досліджень отримана залежність, яка відображає межу міцності на одноосьовий розтяг і має такий вигляд:

$$R_p = \frac{2P}{\pi dl}, \text{МПа} \qquad (1.3)$$

де P – зовнішнє навантаження, Н;

d і l – відповідно діаметр і довжина зразка, м.

Дану залежність можна використовувати при циліндричній формі зразка, а її результати є достовірними при строго лінійному розподілі навантаження для пружних матеріалів. Межа міцності на зрушення R_τ – найбільше дотичне напруження, відповідне початку руйнування матеріалу. Величина R_τ визначається з досліджень на продавлювання породних дисків, які досить легко отримати при розпилюванні кернів, які виготовляються для дослідження межі міцності на одновісне стиснення. Дані дослідження проводять на пресі в спеціальному пристрої за схемою, наведеною на рис. 1.9.



1 - породний зразок; 2 - матриця; 3 - пуансон; 4 - отвір; 5 - фіксуючий диск

Рис. 1.9. Схема випробувань породних дисків на зрушення

У загальному вигляді зв'язок між межею міцності на одноосьовий стиск, розтяг і зсув можна описати наступною залежністю:

$$R_\tau = 0{,}5\sqrt{R_{\text{сж}} R_p}, \text{МПа} \qquad (1.4)$$

де $R_{сж}$, $R_р$ – відповідно межа міцності на одноосьове стиснення і розтяг, МПа

Послідовність виконання роботи

1. Встановити тип гірської породи виходячи з міцності.
2. Визначити діаметр і довжину зразка гірської породи.
2. Визначити межу міцності гірської породи на зсув.
4. Висновки

Довідковий матеріал для виконання завдання

1.1 Межа міцності досліджуваного зразка на одновісне стиснення визначається за формулою:

$$R_{сж} = \frac{P}{S \cdot k}, МПа \quad (1.5)$$

де P – зовнішнє навантаження, Н;
S – площа поперечного перерізу зразка, м^2,
k – коефіцієнт форми

1.2 Площа поперечного перерізу зразка визначають за формулою:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, м^2 \quad (1.6)$$

1.3 Межа міцності досліджуваного зразка на одноосьовий розтяг визначається за формулою:

$$R_р = \frac{2P}{\pi d l}, МПа \quad (1.7)$$

де P – зовнішнє навантаження, Н;
d і l – відповідно діаметр і довжина зразка, м

1.4 Залежність взаємозв'язку між межею міцності зразка на одновісне стиснення, одновісне розтягнення і межею міцності на зсув, яке описується наступним рівнянням:

$$R_\tau = 0{,}5\sqrt{R_{сж} R_р}, МПа \quad (1.8)$$

де $R_{сж}$, $R_р$ – відповідно межа міцності на одноосьовий стиск і розтяг, МПа

Таблиця 1.2

Вихідні дані для вирішення практичної роботи №1

№ п/п	$R_{ст}$, МПа	$R_р$, МПа	$P \cdot 10^3$, кгс	k
1	2	3	4	5
1	13,9	1,4	182	1,56
2	18	2,2	179	1,47
3	13,5	1,2	255	1,39
4	17,9	1,9	143	1,25
5	35,1	3,6	224	1,16
6	21,2	2,1	653	1,06
7	20,4	2,0	366	1,0
8	20,8	2,1	190	0,98
9	25,3	2,6	275	1,56
10	25,7	2,7	225	1,47
11	39,6	4,1	300	1,39
12	45,7	4,6	197	1,25
13	56,2	5,7	165	1,16
14	72,3	7,3	308	1,06
15	13,6	1,5	261	1,0
16	11,9	1,3	213	0,98
17	18,1	1,9	154	1,56
18	17,3	1,7	178	1,47
19	15,1	1,7	320	1,39
20	22,9	2,3	267	1,25
21	34,9	3,5	198	1,16
22	25,5	2,7	218	1,56
23	46,4	4,5	105	1,47
24	14,9	1,8	210	1,39
25	39,5	4,1	191	1,25

Контрольні запитання

1. Що називається межею міцності гірських порід?
2. Назвіть характеристики міцності гірських порід?
3. Опишіть експериментальні методи визначення межі міцності на одноосьовий стиск і розтяг?
4. Що називається межею міцності на зрушення?
5. У чому полягає сутність прямого методу визначення межі міцності на зсув?

Практична робота № 2

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ СКЛЕПІННЯ ПРИРОДНОЇ РІВНОВАГИ
Час виконання – 2 академічні години.
Мета роботи – визначення висоти склепіння природної рівноваги використовуючи положення теорії утворення зводу за професором М.М. Протод'яконовим і професором П.М. Цимбаревичем.

Теоретичні відомості

До моменту проведення гірничої виробки в непорушеному гірському масиві відсутні будь-які переміщення. При проведенні гірничої виробки раніше існуюча в незайманому масиві рівновага порушується. У породах, які оточують виробку, відбувається перерозподіл і зміна напружень. М.М. Протод'яконов експериментальним шляхом встановив, що над виробкою утворюється склепіння природної рівноваги і теоретично довів, що склепіння окреслюється параболою. На кріплення гірничої виробки діє тільки тиск ваги верхніх порід, які укладені в це склепіння. Для визначення навантаження на кріплення гірничої виробки зазвичай використовують закономірності, отримані в теорії утворення склепіння природної рівноваги М.М. Протод'яконова і П.М. Цимбаревича. **За М.М. Протод'яконовим** над виробкою утворюється склепіння природної рівноваги висотою *b1* (рис. 2.1). Породи в межах склепіння повністю зруйновані, не мають зчеплення, але мають внутрішнє тертя. Зведення кріплення в гірничій виробці не перешкоджає утворенню склепіння природної рівноваги.

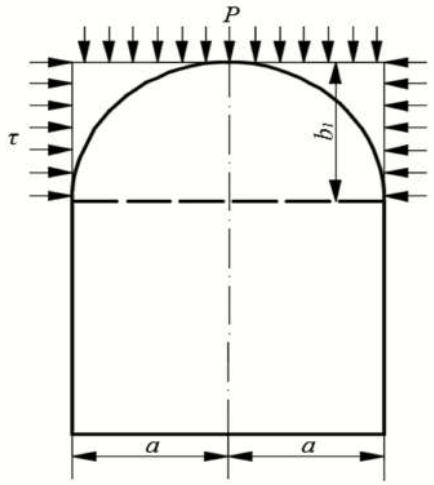


Рис. 2.1. Розрахункова схема для визначення висоти склепіння природної рівноваги за теорією М.М. Протод'яконова

Висоту зводу природної рівноваги можна визначити за формулою:

$$b_1 = \frac{a}{f}, \text{м} \qquad (2.1)$$

де b_1 – висота склепіння природної рівноваги, м;

a – половина прольоту виробки;

f – коефіцієнт міцності породи.

Вага порід, яка тисне на кріплення на довжині 1 м виробки, визначається із умов:

$$Q = \frac{4}{3}\gamma\frac{a^2}{f}, \text{кН} \qquad (2.2)$$

де γ – крок встановлення кріплення, м.

Відповідно до теорії П.М. Цимбаревича в покрівлі виробки утворюється склепіння природної рівноваги, яке виходить за межі виробки на величину **2с** (рис. 2.2). При цьому проліт нового склепіння складе **2а + 2с**. Породи під опорами склепіння руйнуються, в боках виробки утворюються призми сповзання, що створюють бічний тиск на стійки кріплення. Висота призм сповзання дорівнює висоті виробки *h*, а кут нахилу площин сповзання β визначається з умови:

$$\beta = \frac{90° + \text{р}}{2}, \text{град.} \qquad (2.3)$$

де ρ – кут внутрішнього тертя порід.

Висоту склепіння природної рівноваги можна знайти з виразу:

$$b_2 = \frac{a + h\,ctg\frac{90° + \rho}{2}}{tg\rho}, \text{м} \qquad (2.4)$$

де *h* – висота виробки, м

Тиск на одну раму визначається з умови:

$$Q_{p_2} = 2ab_2\gamma l \qquad (2.5)$$

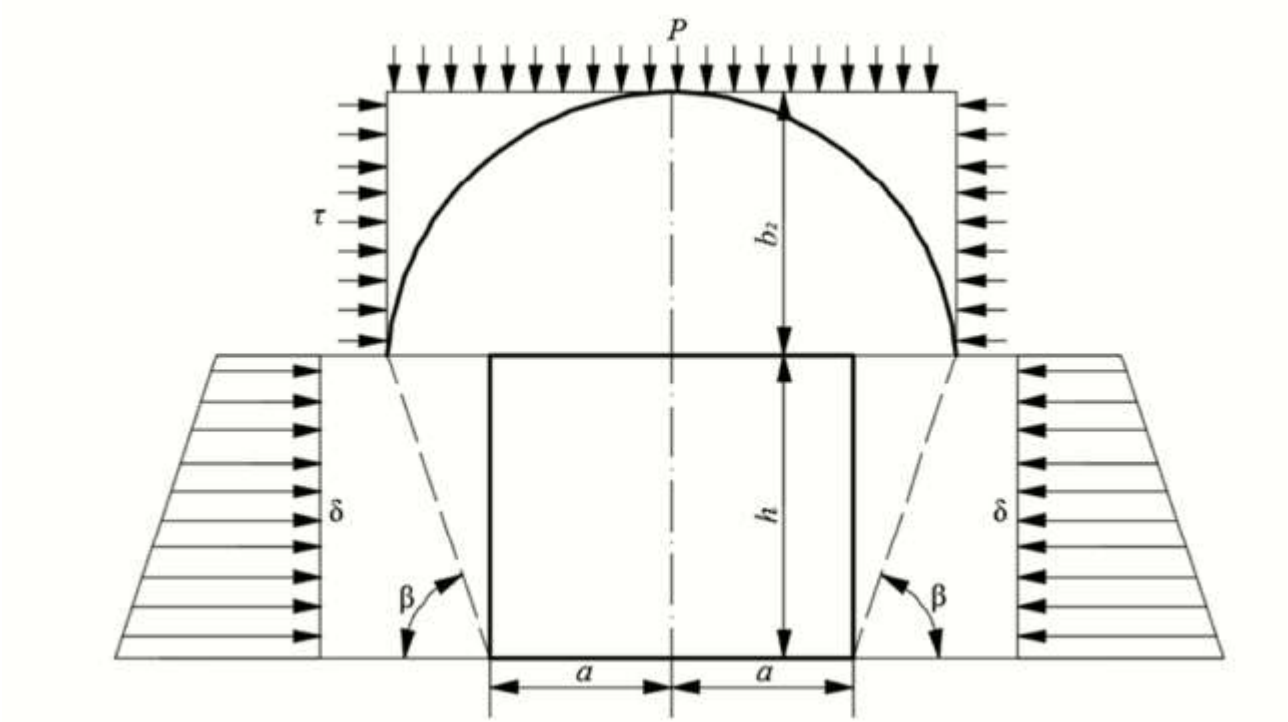


Рис.2.2. Розрахункова схема до визначення висоти склепіння природної рівноваги з теорії П.М. Цимбаревича

Ці положення лягли в основу розвитку досліджень взаємодії порід і кріплення гірничих виробок, формування напруженого стану масиву гірських порід і їх зміни в зв'язку з проведенням виробок.

Послідовність виконання завдання

1. Визначити висоту склепіння природної рівноваги за формулою проф. М.М. Протод'яконова.
2. Визначити вагу порід, яка тисне на кріплення на довжині 1 м виробки.
3. Визначити тиск на одну раму.
4. Визначити висоту склепіння природної рівноваги за формулою проф. П.М. Цимбаревича.
5. Визначити тиск на одну раму з теорії П.М. Цимбаревича.
6. Висновки.

Довідковий матеріал для виконання завдання

2.1 Висота склепіння природної рівноваги по М.М. Протод'яконову визначається з виразу:

$$b_1 = \frac{a}{f}, \text{м} \tag{2.6}$$

де b_1 – висота склепіння природної рівноваги, м;

a – половина прольоту виробки;

f – коефіцієнт міцності породи.

2.2 Вага порід, яка тисне на кріплення на довжині 1 м виробки, визначається з умови:

$$Q = \frac{4}{3}\gamma\frac{a^2}{f}, \text{кН} \tag{2.7}$$

де γ – крок встановлення кріплення, м.

2.3 Тиск на одну раму при кроці встановлення кріплення l визначається з умови:

$$Q_{p_1} = \frac{4}{3}\gamma\frac{a^2}{f}l, \text{кН} \tag{2.8}$$

2.4 Висота склепіння природної рівноваги по П.М. Цимбаревичу визначається з виразу:

$$b_2 = \frac{a + hctg\frac{90^\circ + \rho}{2}}{tg\rho}, \text{м} \tag{2.9}$$

2.5 Тиск на одну раму визначається з умови;

$$Q_{p_2} = 2ab_2\gamma l, \text{кН} \tag{2.10}$$

Таблиця 2.1

Вихідні дані для вирішення практичної роботи №2

№ п/п	*f*	*a*, м	γ, т/м^3	h, м	l, м	*p*, град
1	4	3,00	2,45	6,0	1,0	40
2	5	3,10	2,33	4,0	0,8	45
3	7	1,80	2,31	3,0	0,5	43
4	5	1,34	2,22	2,5	1,0	56
5	4	1,43	2,18	2,5	0,8	69
6	5	1,60	2,56	3,0	0,5	70
7	6	1,65	2,45	3,2	1,0	66
8	8	1,40	2,17	2,0	0,8	56
9	7	1,30	2,57	2,0	0,5	54
10	5	1,55	2,18	2,8	1,0	53
11	4	1,89	2,67	3,1	0,8	49
12	8	1,34	2,18	3,1	0,5	67
13	4	1,47	2,54	2,5	1,0	68
14	8	1,57	2,57	2,8	0,8	43
15	7	1,65	2,55	2,8	1,0	65
16	6	2,40	2,77	4,0	0,8	55
17	5	2,10	2,30	4,0	0,5	58
18	6	2,05	2,17	4,3	1,0	44
19	4	2,05	2,44	3,6	0,8	45
20	7	1,95	2,30	3,2	0,5	45
21	4	1,70	2,60	3,5	1,0	46
22	6	1,80	2,40	3,8	0,8	48
23	3	1,91	2,10	3,9	0,5	50
24	8	2,00	2,50	2,6	1,0	51
25	7	1,30	2,75	2,7	0,8	57

Контрольні питання

1. Що називається склепінням природної рівноваги?
2. Поясніть сутність теорії утворення склепіння природної рівноваги по М.М. Протод'яконову.
3. Поясніть сутність теорії утворення склепіння природної рівноваги по П.М. Цимбаревичу.
4. Перерахуйте параметри, які характеризують склепіння природної Рівноваги

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: ОЦІНКА ЯКОСТІ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОКСУ
Час виконання – 2 академічні години.
Мета роботи – вивчення методики оцінки якості металургійного коксу

Теоретичні відомості

Коксування – процес термічної переробки кам'яного вугілля без доступу повітря при температурі 1000-1050˚С протягом періоду коксування.

Кокс використовується в різних процесах й, залежно від призначення, може бути розділений на доменний кокс – для виплавки чавуну в доменних печах; ливарний кокс – для плавки чавуну й інших металів у вагранках; кокс для електротермічних виробництв – для одержання фосфору, карбіду кальцію, феросплавів; кокс для шахтних печей – застосовується для випалу руд кольорових металів (мідь, олово, цинк, нікель, кобальт) і для випалу вапняку; кокс – для підготовки рудної сировини (агломерати й окатиші); кокс для побутових цілей. Головним споживачем коксу є чорна металургія. На доменні печі надходить до 80% коксу, на ливарні цілі затрачується до 10% коксу, 6% коксу йде для одержання кольорових металів й у хімічну промисловість, 4%– на інші цілі.

Властивості коксу підрозділяються на фізико-механічні, фізико-хімічні й хімічні. До фізико-механічних належать міцність, гранулометричний склад і тільки фізичні властивості – пористість й електроопір. У свою чергу таке складне поняття, як міцність коксу підрозділяється на міцність насипної маси коксу й міцність речовини коксу. До фізико-механічних властивостей відносять також крупність, тріщинуватість, форму шматків. Від цих властивостей коксу залежить його дробимість і стиранність. Хімічні властивості коксу характеризуються показниками його технічного або елементного аналізів. Технічний аналіз коксу включає визначення вологості, зольності, сірчистості; елементний – вміст вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки. Основний фізико-хімічний показник – реакційна здатність коксу.

Усі властивості, що визначають якість коксу, розділяються на три групи:
- хімічний склад;
- фізико-механічні;
- фізико-хімічні властивості.

Найбільш проста і оперативна інформація про якість коксу є технічний аналіз, при якому визначається зміст золи (А), вологи (W), летучих речовин (ЛР), і сірки (S). При цьому, зміст золи, летучих речовин і сірки визначається в сухому коксі, а зміст вологи дається понад 100%. Найважливіша характеристика коксу – зміст вуглецю - при технічному аналізі не визначається, однак, його можна визначити по різниці, вважаючи, що:

$$C_{нелетучих}=100-(ЛР+А+S) \qquad (3.1)$$

ЗАВДАННЯ

Визначити вміст вуглецю в коксі, використовуючи дані приведеними в табл. 3.1.
Приклад. У коксі міститься 10% золи (А) летучі речовини (ЛР) складають 1,2%, вміст сірки (S) – 2,0% вологість коксу (W) – 2,5%. Визначити вміст вуглецю в коксі.

РІШЕННЯ

$$C_{нелет}=100-(ЛВ+А+S)=100-(1,2+10+2,0)=86,8\ \%$$

Відповідь: *у* коксі 86,8% вуглецю.

Контрольні запитання

1. Що називається коксом? Які його функції в доменній печі?
2. Які вимоги пред‘являються до коксу?
3. При яких температурах йде процес коксування.
4. Що таке технічний, елементарний аналізи коксу?
5. Методи випробування коксу на горючість і реакційну здатність
6. Які види замінника коксу Ви знаєте? Дайте коротку характеристику?
7. Порівняйте кокс різних заводів по вмісту вуглецю нелетючого по табл. 1.2.

Таблиця 3.1

Технічний аналіз кокса

Варіант	Зола, % (А)	Летучі речовини, % (ЛР)	Вміст сірки, % (S)	H_2O, %
1.	9,85	1,1	1,75	3,0
2.	10,4	0,70	1,78	2,7
3.	9,9	0,8	1,82	2,4
4.	10,4	0,9	1,9	2,5
5.	9,7	1,0	1,6	2,3
6.	10,24	0,75	1,65	2,6
7.	9,81	1,2	1,75	2,9
8.	9,81	0,87	1,81	2,35
9.	9,76	0,92	1,62	2,8
10.	10,11	1,1	1,80	2,2
11.	9,67	0,94	1,92	2,41
12.	10,41	1,1	1,64	2,52
13.	10,4	0,9	1,75	2,6
14.	9,7	1,0	1,78	2,9
15.	10,24	0,75	1,82	2,35
16.	9,81	1,2	1,9	2,8
17.	9,81	0,87	1,6	2,2
18.	9,76	0,92	1,65	2,41
19.	10,11	1,1	1,75	2,52
20.	9,67	0,94	1,81	2,6
21.	10,41	1,1	1,62	2,9

Таблиця 3.2

Вихідні данні для вирішення практичної роботи №3

Завод або комбінат	Розмір куска, мм	Вміст, %			
		Золи	Сірки	Летючих речови	Вологи
Череповецький	40	10,5	0,53	0,90	2,4
Кузнецький	40	11,06	0,42	1,02	2,6
Магнітогорський	40	11,93	0,58	1,10	2,94
Челябінський	40	11,33	0,45	0,94	2,87
Нижне-Тагільський	40	11,06	0,40	0,71	1,97
Орско-Халіловський	40	12,30	0,52	0,77	3,95
Карагандинський	40	13,10	0,68	0,70	2,93
Криворізький	25	9,55	1,79	1,03	1,81
Запорізький	40	9,60	1,78	0,77	2,54
Дніпродзержинський	25	9,57	1,63	0,76	3,10
Маріупольський	40	9,73	1,90	1,06	2,64
Макіївський	25	9,43	1,69	0,80	1,92
Новолипецький	25	9,75	1,76	0,75	2,82
Дніпропетровський	25	9,53	1,68	0,76	3,50
Комунарский	40	9,78	1,88	0,88	2,60

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: ПОБУДОВА ПАСПОРТА МІЦНОСТІ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ ЗА МЕТОДОМ КІЛ МОРА

Час виконання – 2 академічні години.

Мета роботи – вивчити методику побудови паспорта міцності гірської породи за методом кіл Мора.

Теоретичні відомості

Паспорт міцності гірської породи - це офіційний документ (або частина звіту про інженерно-геологічні вишукування), який узагальнює та систематизує всі ключові фізико-механічні характеристики конкретного зразка або різновиду гірської породи, визначені в лабораторних або польових умовах [2, 3].

Основна мета паспорта міцності - надання достовірних даних для інженерних розрахунків, проектування та оцінки стійкості гірських виробок, фундаментів, укосів, дамб та інших інженерних споруд, що взаємодіють з гірським масивом [4, 5].

Типова структура та зміст паспорта міцності

Паспорт міцності зазвичай містить таку інформацію [2, 3, 6]:

Загальні дані:

Назва об'єкта або родовища.

Місце відбору зразка (координати, глибина, номер свердловини/виробки).

Петрографічний опис породи (назва породи, структура, текстура, мінеральний склад).

Дата проведення випробувань та назва організації, що їх виконувала.

Фізичні характеристики:

- природна вологість, %;
- щільність породи (об'ємна вага), г/см³ або т/м³;
- щільність сухої породи (скелета), г/см³;
- коефіцієнт пористості або пористість, %;
- водопоглинання, % або за об'ємом;
- коефіцієнт розм'якшення;

Механічні (міцнісні та деформаційні) характеристики:

- міцність на одноосьове стиснення (σ_c), МПа (кгс/см²);
- міцність на одноосьове розтягування (σ_t), МПа;
- міцність при зрізі, МПа;

- модуль пружності (Е), ГПа (коефіцієнт деформації);

- коефіцієнт Пуассона (υ);

-кут внутрішнього тертя (φ), градуси (отриманий за результатами тривісних випробувань);

- питоме зчеплення (С), МПа або кПа (отримане за результатами тривісних випробувань).

- критерій міцності: аналітичний вираз (наприклад, рівняння Мора-Кулона або інший застосовний критерій).

Додаткова інформація: Умови випробувань (наприклад, водонасичений стан, природна вологість).Графічні додатки (наприклад, графік кіл Мора з огинаючою лінією міцності) [1].

Паспорт міцності є ключовим документом для гарантування надійності та безпеки інженерних рішень у гірничій справі та будівництві [4, 5].

Паспорт міцності гірської породи - це офіційний документ або частина звіту про інженерно-геологічні вишукування, який містить вичерпну інформацію про фізико-механічні властивості даної породи. Він є ключовим інструментом для проектувальників та інженерів у різних галузях, зокрема в гірництві, будівництві, тунелебудуванні та нафтогазовій промисловості.

Призначення паспорта міцності:

Основна мета паспорта міцності - надати об'єктивні дані для:

- оцінки стійкості гірських виробок, укосів, схилів та фундаментів.

- розрахунків несучої здатності основ споруд.

- вибору технологій і обладнання для руйнування (буріння, вибухові роботи) або зміцнення масиву.

- класифікації гірських порід за міцністними показниками.

Завдання

За даними варіанту (табл. 1.1) побудуйте графік паспорта міцності гірської породи (рис.1.1) і по ньому визначте значення її зчеплення і кута внутрішнього тертя. Розрахуйте значення кута внутрішнього тертя (1.1) і зчеплення породи (1.2) за аналітичними формулами:

$$\text{р} = \arcsin\left(\frac{\sigma_{\text{ст}} - \sigma_{\text{р}}}{\sigma_{\text{ст}} + \sigma_{\text{р}}}\right), \text{град} \qquad (4.1)$$

$$К = \frac{\sigma_р}{2} \cdot \left(\frac{\sin p + 1}{\cos p}\right), МПа \quad (4.2)$$

де $\sigma_{ст}$ – межа міцності на одноосьове стиснення, МПа;
$\sigma_р$ – межа міцності на розтягування, МПа.
Уявіть паспорт міцності гірської породи у вигляді рівняння:

$$\tau = К + \sigma \cdot tg\ p \quad (4.3)$$

Підготуйте відповіді на контрольні питання.

Приклад

Початкові умови: - межа міцності на стиснення $\sigma_{ст}$=120 МПа; - межа міцності на розтягування $\sigma_р$ =40 МПа.

Рішення 1.

1. В декартовій системі координат (рис. 4.1) від нуля вправо відкладаємо відрізок рівний $\sigma_{ст}$=120 МПа, а від нуля вліво – $\sigma_р$= 40 МПа.
2. Встановлюючи циркуль в середину цих відрізків будуємо кола Мора. До цих кілець проводимо дотичну лінію ММ′.

Перетин цієї лінії з вертикальною віссю визначає величину зчеплення зразка гірської породи $К$=34,6 МПа, а кут нахилу до осі σ – кут внутрішнього тертя ρ= 30º.

3. Знаходимо значення кута внутрішнього тертя і зчеплення за формулами 4.1 та 4.2:

$$р = \arcsin\left(\frac{120 - 40}{120 + 40}\right) = 30\ град \quad (4.4)$$

$$К = \frac{40}{2} \cdot \left(\frac{\sin 30° + 1}{30°}\right) = 34{,}6\ МПа \quad (4.5)$$

Рівняння паспорта міцності для породи матиме вигляд:

$$\tau = 34{,}6 + \sigma \cdot tg30° \quad (4.6)$$

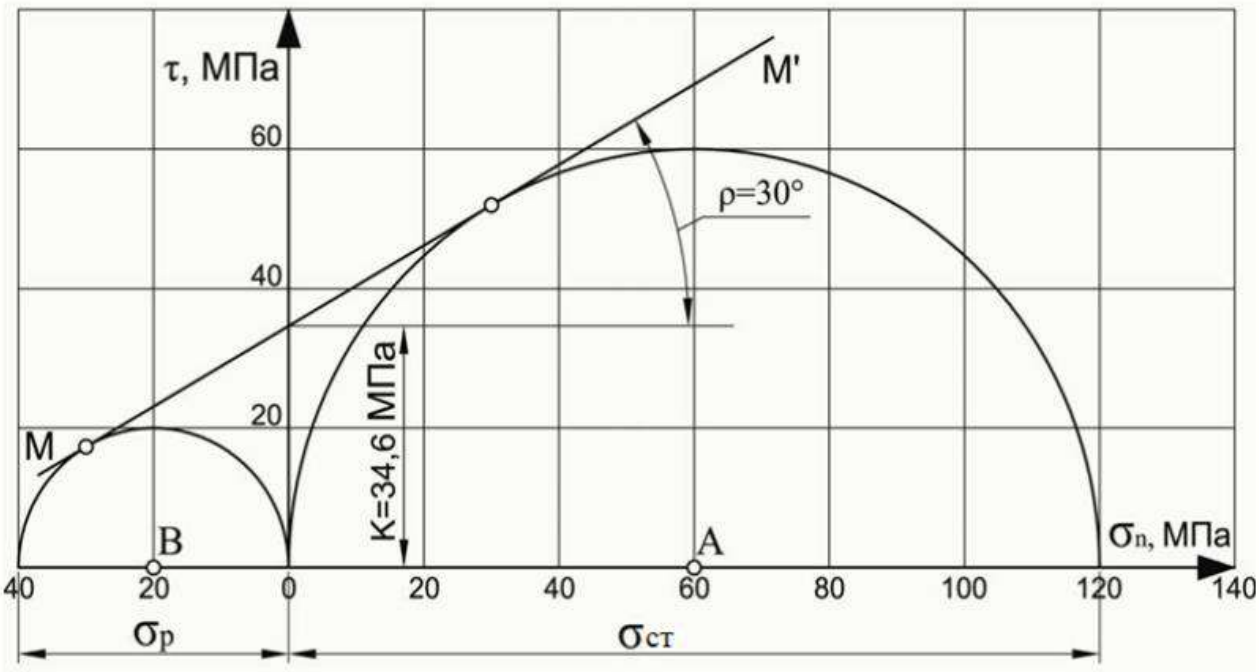


Рис. 4.1. Паспорт міцності гірської породи

Таблиця 4.1

Вихідні дані для вирішення практичної роботи № 4

Номер варіанту	Межа міцності порід, МПа:		Об'ємна вага породи, МН/м^3	Середній розмір структурного блоку, м	Висота відкосу, м	Кут відкосу, град
	на стиск	на розтяг				
1	70	25	0,035	0,3	200	50
2	100	35	0,04	1,1	250	65
3	150	30	0,02	0,8	300	60
4	120	25	0,03	0,6	250	50
5	140	38	0,03	0,4	200	45
6	60	20	0,03	0,2	250	45
7	80	30	0,03	0,4	180	50
8	110	20	0,03	0,4	260	60
9	110	35	0,04	1,1	280	65
10	90	25	0,03	0,6	200	50
11	200	45	0,03	1,2	300	60
12	160	36	0,03	0,9	160	60
13	100	12,5	0,027	0,7	220	55
14	140	12	0,03	1	260	50
15	160	18	0,033	1,2	300	60
16	200	16	0,035	1,4	340	45
17	190	20	0,03	0,8	180	50
18	180	14	0,03	1,1	300	40
19	120	20	0,04	1,3	250	50
20	150	25	0,03	0,6	200	60
21	85	14	0,03	0,6	140	45
22	100	20	0,035	0,8	200	50
23	120	14	0,027	1,0	120	40
24	140	20	0,03	1,3	180	50
25	110	12	0,03	0,5	120	60
26	150	25	0,03	0,6	200	60

Контрольні питання

1. Перелічіть на чому базується теорія руйнування Мора?
2. Визначте поняття паспорта міцності гірської породи і порядок його побудови.
3. Обрисуйте методику визначення зчеплення і кута внутрішнього тертя гірських порід.
4. Поясніть чому зі зменшенням міцності кут внутрішнього тертя гірських порід зменшується?
5. Класифікуйте види деформацій і наведіть їх визначення.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема: ПОБУДОВА ПАСПОРТА МІЦНОСТІ ЗА ДАНИМИ ВИПРОБУВАННЯ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ НА ЗРІЗ ІЗ СТИСНЕННЯМ

Час виконання – 2 академічні години.

Мета роботи – вивчити методику побудови паспорта міцності гірської породи за результатами випробування на зріз із стисненням, визначати механічні властивості.

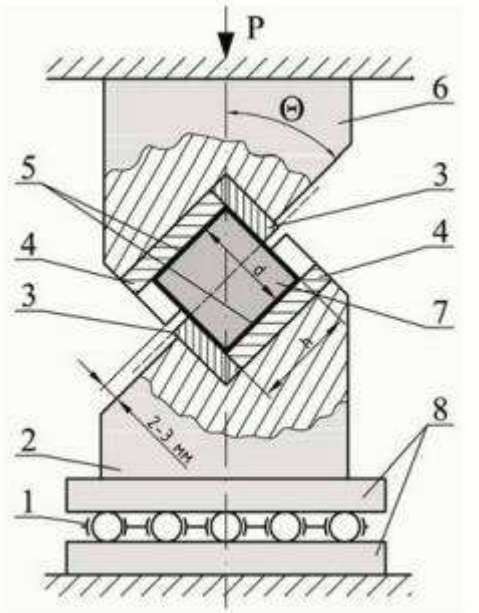
Теоретичні відомості

Даний метод випробувань породних зразків дозволяє визначити характеристики механічних властивостей порід, а саме – межу міцності на зріз із стисненням, стосовно вирішення будь-яких виробничих і науково-дослідних завдань. Для випробувань використовуються циліндричні або призматичні зразки твердих гірських порід (з межею міцності на одноосьове стиснення не менше 5 МПа).

Суть методу полягає у вимірюванні руйнівної сили, прикладеної до зразка, встановленого в сталеві похилі матриці випробувального пристрою (рис. 5.1).

Для проведення випробувань застосовують прес, максимальне зусилля якого не менше ніж на 20 % перевищує граничне навантаження на зразок.

Пристрій (рис. 5.1), розміщується на опорній плиті преса і містить змінні роз'ємні матриці з вкладниками з розрізними обоймами для встановлення зразка під певними кутами нахилу (як правило кути нахилу приймаються (θ =25°, 35°, 45°) і опорний пристрій у вигляді сталевих плит з роликовою постіллю. Ріжучі кромки вкладишів повинні бути розташовані в одній діаметральній (циліндричні зразки) або серединній (призматичні зразки) площині.



1 – роликове ліжко; 2 – нижня матриця; 3 – вкладиш; 4 – обойми; 5 – фольга; 6 – верхня матриця; 7 – зразок; 8 – плити

Рис. 5.1. Пристрій випробування на зріз із стисненням

Для випробувань виготовляють циліндричні або призматичні (з квадратним перетином) зразки. Діаметр (ширина) зразка повинен бути рівним його висоті, і мати розмір 42±2 мм (допускаються розміри від 30 до 75 мм). Зразки вибурюють або вирізують на каменерізній машині з штуфів і кернів, їх торцеві поверхні шліфують. При проведенні випробувань зразок гірської породи розміщають в матрицю випробувального пристрою. Між зразком і обоймами матриці прокладають фольгу. Зібрану зі зразком матрицю разом з опорним пристроєм встановлюють в центрі опорної плити преса, маючи на увазі, що вісі роликів паралельно зрізують край матриці. Зразок навантажують рівномірно із швидкістю зростання напружень 1-5 МПа /с зрізують до повного руйнування по площині зрізу. Значення руйнуючої сили (Р) фіксується силовимірювачем преса в кН. Межа міцності на зріз ($\tau_з$) і нормальне стискуюче напруження ($\sigma_з$) обчислюють за формулами:

$$\tau_з = \frac{10 \cdot \mathrm{P}}{S} \cdot cos\theta \qquad (5.1)$$

$$\sigma_з = \frac{10 \cdot \mathrm{P}}{S} \cdot sin\theta \qquad (5.2)$$

де· P – руйнівна сила, кН;

θ – кут між площиною зрізу і напрямком дії руйнівної сили, град,

$S = h \cdot d$ – площа зрізу зразка, см^2.

За результатами випробувань, знайшовши значення межі міцності при зрізі і нормальне стискуюче напруження при різних кутах нахилу θ, можна побудувати паспорт міцності гірської породи (рис. 5.2), визначити зчеплення і кут внутрішнього тертя породи.

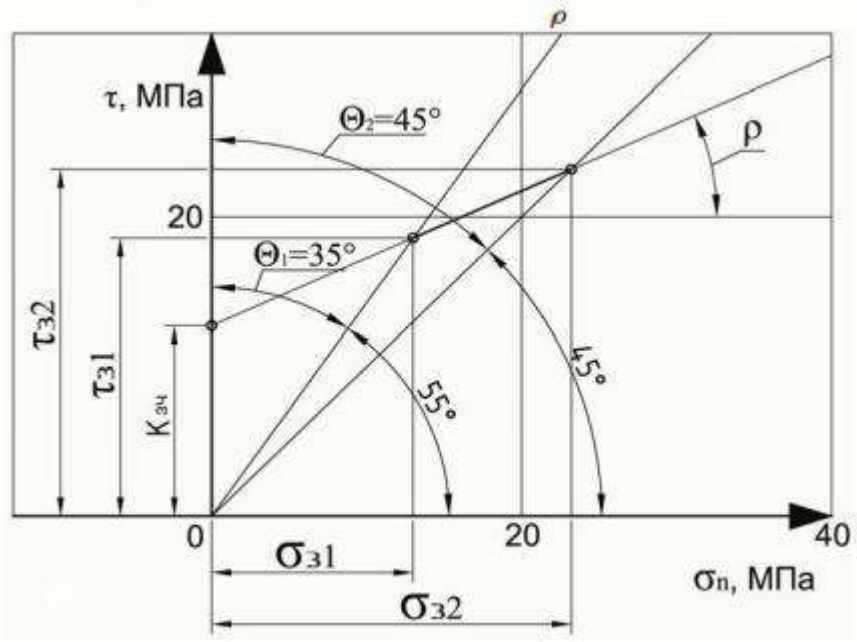


Рис. 5.2. Побудова паспорта міцності породи за результатами випробування на зріз із стисненням

Порядок виконання

1. Відомі результати випробувань породи на зріз із стисненням – руйнівна сила (кН) при куті θ = 25º, 35º і 45º (табл. 5.1).

2. Для кожного варіанта випробувань знайдіть межу міцності при зрізі і нормальне стискуюче напруження за формулами 5.1 і 5.2.

Площа зрізу зразка приймаємо S = 4,2 • 4,2 = 17,64 см^2.

3. Побудуйте паспорт міцності і встановіть графічним методом величини зчеплення і кута внутрішнього тертя гірської породи в зразку, визначить межі їх зміни (рис. 5.2).

4. Оформіть звіт.

5. Підготуйте відповіді на контрольні питання

Таблиця 5.1

Вихідні дані для вирішення практичної роботи №5

Варіант	Руйнуюча сила (Р, кН) при відповідному куті Θ			Варіант	Руйнуюча сила (Р, кН) при відповідному куті Θ		
	$\theta = 25°$	$\theta = 35°$	$\theta = 45°$		$\theta = 25°$	$\theta = 35°$	$\theta = 45°$
1	32	42	60	21	24	33	55
2	30	43	58	22	22	28	35
3	28	41	55	23	32	42	60
4	26	36	51	24	32	42	60
5	24	34	55	25	32	42	60
6	34	43	60	26	32	42	60
7	31	41	58	27	32	42	60
8	29	38	55	28	32	42	60
9	27	37	52	29	32	42	60
10	25	34	55	30	32	42	60
11	22	27	35	31	32	42	60
12	31	42	64	32	32	42	60
13	29	40	57	33	32	42	60
14	27	42	53	34	32	42	60
15	26	34	51	35	32	42	60
16	22	31	53	36	32	42	60
17	32	44	57	37	32	42	60
18	31	42	58	38	32	42	60
19	28	37	55	39	32	42	60
20	26	36	52	40	32	42	60

Приклад

Початкові дані:

- руйнівна сила:

P_1 = 30 кН → для кута θ = 25°

P_2 = 40 кН → для кута θ = 35°

P_3 = 58 кН → для кута θ = 45°

Вирішення 1.

Для кожного варіанта випробувань знаходимо межу міцності на зріз і нормальне стискуюче напруження: для кута θ = 25°

$$\tau_{з1} = \frac{10 \cdot \text{P}}{S} \cdot cos\theta = \frac{10 \cdot 80}{17{,}64} \cdot cos25 = 15{,}4 \text{ мПа}$$

$$\sigma_{з1} = \frac{10 \cdot \text{P}}{S} \cdot sin\theta = \frac{10 \cdot 80}{17{,}64} \cdot sin25 = 7{,}2 \text{ мПа}$$

для кута $\theta = 35°$

$$\tau_{з2} = \frac{10 \cdot \text{P}}{S} \cdot cos\theta = \frac{10 \cdot 80}{17{,}64} \cdot cos35 = 18{,}6 \text{ мПа}$$

$$\sigma_{з2} = \frac{10 \cdot \text{P}}{S} \cdot sin\theta = \frac{10 \cdot 80}{17{,}64} \cdot sin35 = 13 \text{ мПа}$$

для кута $\theta = 45°$

$$\tau_{з3} = \frac{10 \cdot \text{P}}{S} \cdot cos\theta = \frac{10 \cdot 80}{17{,}64} \cdot cos45 = 23{,}2 \text{ мПа}$$

$$\sigma_{з3} = \frac{10 \cdot \text{P}}{S} \cdot sin\theta = \frac{10 \cdot 80}{17{,}64} \cdot sin45 = 23{,}2 \text{ мПа}$$

2. Будуємо паспорт міцності (рис. 5.3), для цього наносимо точки P_1, P_2, P_3, за результатами вищенаведених розрахунків.

3. Проводимо дві прямі через точки $P_1 - P_2$ та $P_2 - P_3$, до перетину з вертикальною віссю. За ординатою перетину прямих з віссю визначаємо зчеплення:
$К_{зч1}$= 11,45 МПа для відрізка $P_1 - P_2$,
$К_{зч2}$= 12,75 МПа для відрізка $P_2 - P_3$.
4. По куту нахилу прямих $P_1 - P_2$ та $P_2 - P_3$ до горизонтальної вісі визначаємо відповідні значення кута внутрішнього тертя: ρ_1= 29 ° і ρ_2= 24 °.

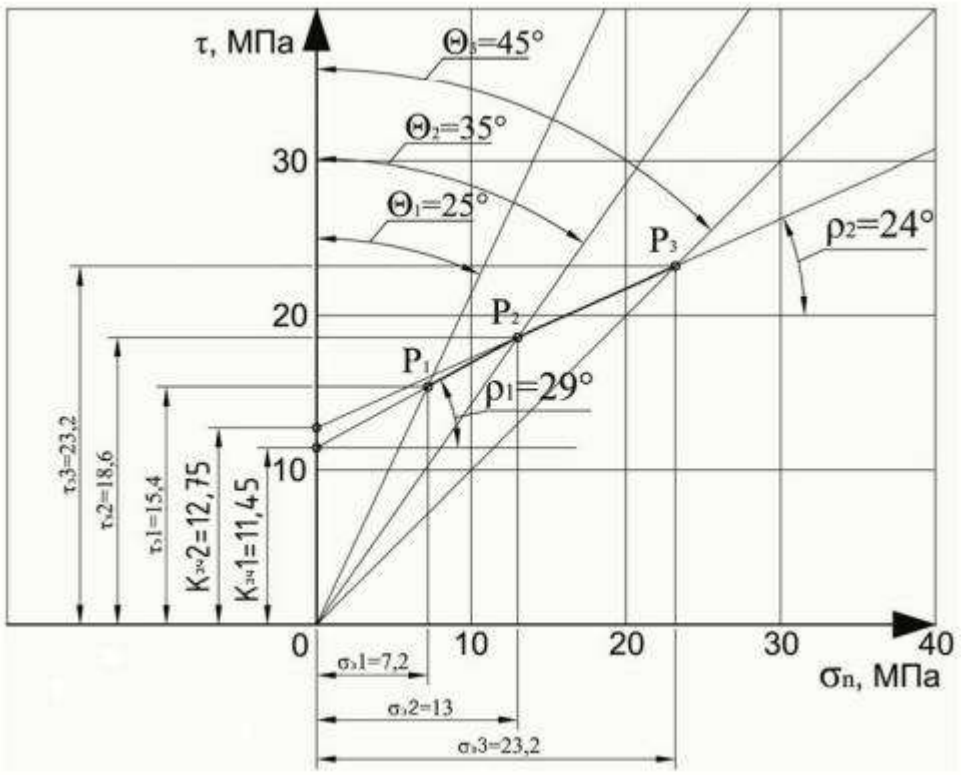


Рис. 5.3. Паспорт міцності гірської породи за результатами випробування зразка на зріз із стисненням

Контрольні питання

1. Обрисуйте визначення тріщини і приведіть класифікацію тріщин за розмірами.
2. Визначте характеристика блочності гірських порід.
3. Викладіть методику визначення кількості зразків для визначення механічних властивостей гірських порід.
4. Наведіть визначення однорідних, неоднорідних, ізотропних, анізотропних гірських порід.
5. Узагальніть визначення коефіцієнта структурного ослаблення.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема: ПОБУДОВА ПАСПОРТА МІЦНОСТІ ЗА ДАНИМИ ОБ'ЄМНО-НАПРУЖЕНОГО ВИПРОБУВАННЯ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ

Час виконання – 2 академічні години.

Мета роботи – вивчити методику побудови паспорта міцності гірської породи за результатами випробування на зріз із стисненням, визначати механічні властивості.

Теоретичні відомості

Найбільш точно і повно поведінку гірських порід при руйнуванні відображає паспорт міцності, отриманий за результатами випробувань порід в умовах нерівномірного об'ємного напруженого стану. Відповідні випробування проводять в спеціальному приладі - стабілометрі, який дозволяє створювати напружений стан, обумовлений умовою. Для цього зразок породи поміщають в камеру, наповнену олією. Величину напружень уздовж поздовжньої вісі зразка створюють плунжером від зусилля, створюваного пресом. Величину напружень забезпечують шляхом підтримки тиску в маслі. Зразок породи зазвичай має циліндричну форму діаметром 30-36 мм і висотою 50-70 мм. Плівка гумового клею зберігає зразок від проникнення в нього масла.

Порядок виконання

1. На горизонтальній вісі σ_n (рис. 6.1) від нуля вліво відкладають значення границі міцності на одновісне розтягування, а вправо - значення межі міцності на стиснення (=) при = 0 (вихідні данні брати з табл. 6.1).

На цих відрізках, як на діаметрах, будують кола. Потім вправо від нуля відкладають попарно значення, отримані в ході описаних випробувань. По отриманих колах проводять огинаючу криву (рис. 4.1), дотична до якої визначає для зразка величину зчеплення, а кут її нахилу до горизонту - кут внутрішнього тертя.

2. Оформіть звіт.

3. Підготуйте відповіді на контрольні питання.

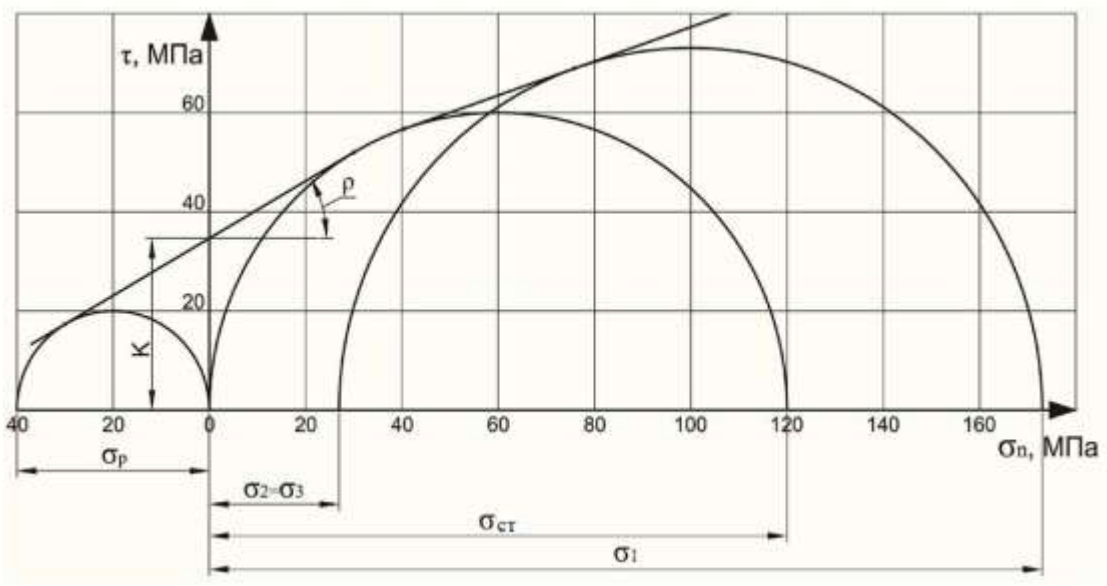


Рис. 6.1. Побудова паспорта міцності за результатами випробувань порід при об'ємному напруженому стані

Контрольні питання:

1. Сформулюйте стадії ідеальної деформації гірських порід при тривалому впливі на них навантажень.
2. Наведіть рівняння для опису деформацій при тривалій дії навантажень.
3. Пояснить релаксацію напружень в гірських породах.
4. Проаналізуйте взаємозв'язок поточної напруги з часом навантаження.
5. Порівняйте вплив часу навантаження на міцність різних гірських порід.
6. Назвіть причини консолідації порід при тривалій дії навантажень.

Таблиця 5.1

Вихідні дані для вирішення практичної роботи №5

Номер варіанту	Межа міцності породи, МПа:		Напруження $\sigma_2 = \sigma_3$, МПа	Напруження, МПа
	на стискання	на розтягнення		
1	70	25	15	110
2	100	35	25	150
3	80	30	15	115
4	75	25	15	110
5	60	14	20	100
6	60	28	20	95
7	80	30	15	110
8	70	20	24	130
9	110	35	15	140
10	90	25	15	130
11	120	45	14	150
12	65	14	10	100
13	100	24	30	180
14	90	22	25	160
15	85	18	15	140
16	75	16	15	125
17	65	14	14	110
18	55	12	12	105
19	50	10	15	110
20	45	10	15	100
21	60	20	20	100
22	100	35	25	160
23	80	25	15	120
24	70	22	15	110
25	55	14	20	100
26	60	28	30	120
27	70	30	20	110
28	55	20	30	130
29	50	15	18	90
30	70	23	25	130
31	65	20	22	120
32	60	17	12	95
33	55	10	8	90
34	110	27	22	180
35	105	25	25	190
36	90	16	18	140
37	80	18	20	145
38	70	14	11	110
39	60	16	15	105

1.3 ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ

1. Основні відомості про гірські породи. Загальні відомості про будову Землі
2. Гороутворення
3. Дрейф континентів
4. Загальна систематика гірських порід. Походження та форми за-лягання гірських порід
5. Петрографічні особливості гірських порід
6. Внутрішня будова гірських порід. Структура гірської породи. Види структур гірської породи
7. Текстура гірської породи. Текстурні ознаки гірської породи
8. Речовинний склад гірських порід
9. Додаткові діагностичні ознаки гірських порід
10. Неоднорідність гірських порід
11. Описи гірських порід.
12. Гірські породи з уламковою структурою
13 Уламки зцементовані
14. Фізичні властивості гірських порід
15. Класифікація фізичних властивостей гірських порід
16. Характеристика фізичних властивостей гірських порід
17. Енергетичні закони руйнування (диспергування) крихких тіл
18. Напружений стан гірських порід в умовах природного залягання
19. Напружений стан гірських порід в земній корі зумовлений тиском розташованих вище порід і тектонічними процесами
20. Рівномірний усесторонній стиск
21. Особливості деформування і руйнування порід в умовах нерівномірного всестороннього стиску
22. Напружений стан гірських порід довкола бурової свердловини
23. Механізм проявлення гірського тиску. Пружний розподіл напружень
24. Термічні напруження в гірських породах
25. Гідродинамічні коливання тиску
26. Умови стійкості стінок свердловини
27. Гідророзрив пласта
28. Вплив середовища на деформування гірських порід, що складають стінки свердловини
29. Прояв в’язкісних властивостей гірських порід

30. Основні закономірності руйнування і показники механічних вла-стивостей гірських порід при втискуванні
31. Основні схеми взаємодії елементів. Озброєння долота з гірською поро-дою
32. Фізичні явища при руйнуванні гірських порід
33. Напружений стан гірських порід при втискуванні
34. Втискування плоского циліндричного індентора
35. Втискування сферичного індентора
36. Втискування інденторів іншої форми
37. Вплив дотичного навантаження на розподіл напружень в гірській породі
38. Визначення показників механічних властивостей гірських порід методом статичного втискування штампа
39. Класифікація гірських порід
40. Руйнування гірських порід при динамічному втискуванні
41. Основні принципи і схеми вивчення динамічного формування і руйну-вання гірських порід
42. Особливості деформування порід ударником, що вільно падає
43. Руйнування гірських порід при динамічному втискуванні
44. Енергоємність руйнування гірських порід при динамічному втискуванні
45. Взаємозв'язок характеристик порід, що визначаються при статичному і дина-мічному втискуванні

1.4 ТИПОВІ ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДО ІСПИТУ З ДИСЦИПЛІНИ

1. Гірські породи – це:
1) Природні сполуки одного або кількох мінералів
2) Природні сполуки одного або кількох мінералів, природних тіл, однорідних за хімічним складом і фізичними властивостями
3) Природні сполуки одного або кількох мінералів, природних тіл, не однорідних за хімічним складом і фізичними властивостями
4) Природні мінерали однорідні за хімічним складом і фізичними властивостями
5) Природні сполуки одного або кількох мінералів, природних тіл, не однорідних за хімічним складом і різними фізичними властивостями

2. Метаморфічні породи – це породи, що утворилися?
1) Породи, що утворилися в результаті перетворення магматичних порід у земній корі та мантії під впливом високої температури, тиску і хімічно активних розчинів
2) Породи, що утворилися в результаті перетворення осадових і магматичних порід у земній корі та мантії під впливом високої температури, тиску і хімічно активних розчинів
3) Породи, що утворилися в результаті перетворення осадових порід у земній корі та мантії під впливом високої температури, тиску і хімічно активних розчинів
4)Породи, що утворилися в результаті перетворення осадових порід у земній корі та мантії під

впливом високої температури, тиску
5) Породи, що утворилися в результаті в результаті затвердіння магми.

3. Осадові породи ділять на:
1) Біогенні, хемогенні і теригенні
2) Біогенні, хемогенні, теригенні, глинистий сланець
3) Діагональні
4) Поперечні та поздовжні
5) Поздовжні та діагональні

4. Другорядна роль у складі внутрішнього ядра Землі належить:
1) Fe, S
2) Ni, Si
3) S, Si
4) S, Ni
5) Немає правильної відповіді

5. Які мінерали називають дорогоцінним камінням:
1) алмаз, сапфір, рубін, боксит, малахіт
2) алмаз, сапфір і рубін
3) сапфір, рубін, боксит, малахіт
4) алмаз, сапфір, рубін, малахіт, діамант
5) Немає правильної відповіді

6. На чому грунтується радіо-метричний метод визначення віку порід:
1) Грунтується на тому, що швидкість радіоактивного розпаду деяких елементів є сталою
2) Грунтується на тому, що швидкість радіоактивного розпаду деяких елементів і перетворення їх на стабільні ізотопи є змінною
3) Грунтується на тому, що радіоактивний розпад деяких елементів і перетворення їх на стабільні ізотопи є сталою
4) Грунтується на тому, що швидкість радіоактивного розпаду деяких елементів і перетворення їх на стабільні ізотопи є сталою
5) Немає правильної відповіді

7. За походженням гірські породи поділяються на:
1) на магматичні, осадові, метаморфічні, інтрузивні
2) на магматичні, осадові, метаморфічні
3) на магматичні, осадові, метаморфічні, інтрузивні, ефузивні
4) на осадові, метаморфічні, інтрузивні, ефузивні
5) Немає правильної відповіді

8. При визначенні коефіцієнта міцності приймається, що кожна одиниця міцності відповідає:
1) 20 МПа
2) 10 МПа
3) 30 МПа
4) 100 МПа
5) Немає правильної відповіді

9. Деформаційні характеристики гірських порід:

1) Модуль Юнга, коефіцієнт тертя
2) Міцнісні і реологічні показники
3) Пружність, крихкість та пластичність
4) Модуль пружності, коефіцієнт Пуассона та модуль здвигу
5) Межа міцності на одновісне стиснення, межа міцності на здвиг, зчеплення, кут внутрішнього тертя

10. При жорсткому навантаженні гірських порід виділяють наступні етапи деформації:
1) Етап відносної деформації, етап дилатансії, етап еквіволюміальний
2) Етап приросту осьових і радіальних деформацій, етап відносної деформації, етап дилатансії, етап еквіволюміальний
3) Етап радіальних деформацій, етап відносної деформації, етап дилатансії, етап еквіволюміальний
4) Етап пружної деформації, етап дилатансії, етап еквіволюміальний
5) Усі відповіді вірні

11. На еквіволюміальному етапі об'єм зразка залишається постійним, а приріст осьових і радіальних деформацій зв'язаний співвідношенням:
1) $\Delta\varepsilon_r = 0{,}5\Delta\varepsilon_z$
2) $\Delta\varepsilon_r = -0{,}6\Delta\varepsilon_z$
3) $\Delta\varepsilon_r = -0{,}5\Delta\varepsilon_z$
4) $\Delta\varepsilon_r = -0{,}25\Delta\varepsilon_z$
5) $\Delta\varepsilon_r = -0{,}5\Delta\varepsilon_s$

12. Механічні напруження це –:
1) Міра зовнішніх зусиль, які виникають у тілі під дією механічних сил, і визначається як відношення цих сил до площі перерізу тіла у точці, де визначаються напруження
2) Міра внутрішніх зусиль, які виникають у тілі під дією статичних сил, і визначається як відношення цих сил до площі перерізу тіла у точці, де визначаються напруження
3) Міра внутрішніх зусиль, які виникають у тілі під дією механічних сил, і визначається як відношення цих сил до площі перерізу тіла у точці, де визначаються напруження
4) Зусилля, що виникають у тілі під дією механічних сил
5) Усі відповіді вірні

13. Механічні напруження це –:
1) Міра зовнішніх зусиль, які виникають у тілі під дією механічних сил, і визначається як відношення цих сил до площі перерізу тіла у точці, де визначаються напруження
2) Міра внутрішніх зусиль, які виникають у тілі під дією статичних сил, і визначається як відношення цих сил до площі перерізу тіла у точці, де визначаються напруження
3) Міра внутрішніх зусиль, які виникають у тілі під дією механічних сил, і визначається як відношення цих сил до площі перерізу тіла у точці, де визначаються напруження
4) Зусилля, що виникають у тілі під дією механічних сил
5) Усі відповіді вірні

14. Відношення абсолютної лінійної деформації, взятої по модулю, до відповідного розміру зразка має назву:
1) Кут внутрішнього тертя
2) Межею міцності

3) Відносна лінійна деформація
4) Міцність на розтяг
5) Зчеплення

15. Досягти граничного стану ($\sigma_{гр}$, $\varepsilon_{гр}$) можна двома шляхами:
1) у режимі напружено деформованого стану і в режимі заданих деформацій
2) у режимі заданих навантажень на пульті преса задають послідовно з певним інтервалом навантаження і в режимі відомих деформацій
3) у режимі граничних навантажень і в режимі граничних деформацій
4) у режимі заданих навантажень і в режимі заданих деформацій
5) Усі відповіді вірні

16. Емпіричне рівняння огинаючої кривої граничного круг напружень Мора (τ) приймають у вигляді:
1) $\tau = \tau_{max}\left(\frac{\sigma_K^2}{\sigma_K^2+\alpha^2}\right)^{\frac{2}{8}}$
2) $\tau = \tau_{max}\left(\frac{\sigma_K}{\sigma_K^2+\alpha^2}\right)^{\frac{3}{8}}$
3) $\tau = \tau_{max}\left(\frac{\sigma_K^2}{\sigma_K^2+\alpha^2}\right)^{\frac{3}{8}}$
4) $\tau = \tau_{max}\left(\frac{\sigma_K^2}{\sigma_K^2}\right)^{\frac{3}{8}}$
5) $\tau = \tau_{max}\left(\frac{\sigma_K^2}{\sigma_K^2+\alpha^2}\right)^{\frac{4}{8}}$

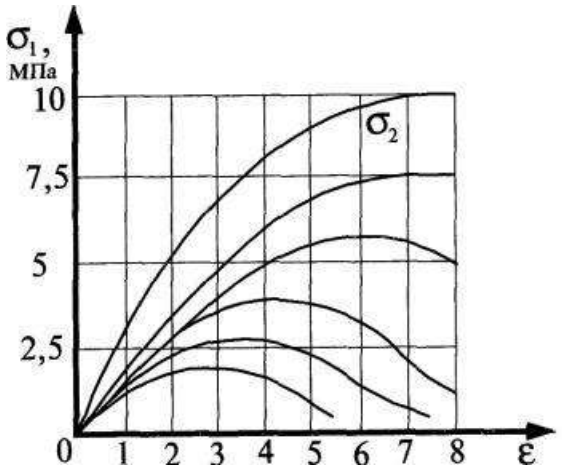
17. У дослідженнях проф. Протод'яконова М.М. встановлено, що для ряду гірських порід Донбасу ставлення $\frac{\tau_{max}}{\alpha}$ зберігається приблизно постійною і дорівнює:
1) 0,73
2) 0,90
3) 0,80
4) 0,70
5) 0,50

18. Методи визначення міцності при розтягуванні поділяються на наступні групи:
1) Методи прямого розтягування, метод співвісних пуансонів, методи вигину пластин або балок, методи розриву зразків правильної і довільної форми з внутрішньою порожниною, метод діаметрального стиснення, метод розколювання пластин клинами
2) Методи прямого розтягування, метод стиснення дискових зразків, методи вигину пластин або балок, методи розриву зразків правильної і довільної форми з внутрішньою порожниною, метод діаметрального стиснення, метод розколювання пластин клинами
3) Методи прямого розтягування, методи вигину пластин, методи розриву зразків правильної форми з внутрішньою порожниною, метод діаметрального стиснення, метод розколювання пластин клинами
4) Методи прямого розтягування, методи вигину пластин або балок, методи розриву зразків правильної і довільної форми з внутрішньою порожниною, метод діаметрального стиснення, метод розколювання пластин клинами
5) Усі відповіді вірні

19. Що називається, пористістю ґрунту n?
1) Відношення густини води до густини ґрунту
2) Відношення обсягу пір до обсягу твердих частинок
3) Відношення об'єму води в ґрунті до об'єму пір
4) Відношення обсягу пір до загального обсягу зразка ґрунту
5) Немає правильної відповіді

20. Для отримання величини коефіцієнта внутрішнього тертя необхідно перед зрізом до зразка прикласти в горизонтальному напрямку деяку силу N, тоді коефіцієнт внутрішнього тертя f буде рівний:
1) $f = \frac{\rho - 2CF}{2N}$
2) $f = \frac{\rho - 2CF}{1{,}5 \cdot N}$
3) $f = \frac{\rho - 2R \cdot F}{2 \cdot N}$
4) $f = \frac{\rho + 2C \cdot F}{2 \cdot N}$
5) $f = \frac{\rho - 1.5 \cdot C \cdot F}{2 \cdot N}$

21. При жорсткому навантаженні гірських порід виділяють наступні етапи деформації (див. рис. 1.):



1) I – етап деформації в даний момент часу; II – етап дилатансії; III – етап еквіволюміальний
2) I – етап деформації середовища під дією зовнішніх сил; II – етап дилатансії; III – етап еквіволюміальний
3) I – етап пружної деформації; II – етап дилатансії; III – етап еквіволюміальний
4) I – етап пружної деформації; II – етап дилатансії; III – етап суперпозиції
5) I – етап пружної деформації; II – етап релаксації; III – етап еквіволюміальний

22. Функцію ж L(t–τ) називають:
1) ядром інтегрального рівняння Вольтера
2) рівнянням релаксації напружень
3) функцією швидкості повзучості
4)функцією, яка враховує вплив часу на деформації і напруження в тілі

5) ядром рівняння Вольтера

23. Середнє квадратичне відхилення одиничного результату:

1) $S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(X_i - X)^2}{n-1}}$

2) $S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(X_i - X)}{n-1}}$

3) $S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(X_i - X)^2}{n-\infty}}$

4) $S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(X_i + X)^2}{n-1}}$

5) $S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(X_i - X)^3}{n-1}}$

24. Мікроскопічний рівень неоднорідності:
1) середовище розглядається як складно-структурне утворення, яке володіє текстурою й знаходяться під дією гравітаційних і тектонічних сил, розмір елементів неоднорідностей складає біля 1,0 м
2) середовище розглядається на структурному рівні, розміри елементів неоднорідностей складають $10^{-2}…10^{-1}$ м
3) середовище розглядається на рівні кристалів, розмір елементів неоднорідностей складає $10^{-5}…10^{-3}$ м
3) середовище розглядається на рівні кристалів, розмір елементів неоднорідностей складає $10^{-4}…10^{-3}$ м
4) середовище розглядається як складно-структурне утворення, яке володіє текстурою й знаходяться під дією гравітаційних і тектонічних сил, розмір елементів неоднорідностей складає біля 1,5 м

25. Визначення вмісту в сипкому матеріалі часток різних розмірів шляхом просіювання матеріалу через набір сит називається:
1) гранулометричним аналізом
2) сепаративним аналізом
3) ситовим аналізом
4) термічним аналізом
5) фізико-хімічним аналізом

26. Субмікроскопічний рівень неоднорідності:
10 середовище розглядається на рівні кристалів, розмір елементів неоднорідностей складає $10^{-5}…10^{-3}$ м;
2) середовище розглядається на структурному рівні, розміри елементів неоднорідностей складають $10^{-2}…10^{-1}$ м
3) середовище розглядається на рівні елементарного об’єму літологічного різновиду, розмір елементів неоднорідностей складає $10^{-5}…10^{-3}$ м;
4) середовище розглядається на структурному рівні, розміри елементів однорідностей складають $10^{-2}…10^{-1}$ м
5) середовище розглядається на елементарному рівні, розміри елементів неоднорідностей складають $10^{-2}…10^{-1}$ м

27. Міра подрібнення породи - це:
1) додаток середнього характерного розміру шматка матеріалу до подрібнення і середнього характерного розміру його після подрібнення
2) відношення середнього характерного розміру шматка матеріалу після подрібнення до середнього характерного розміру його до подрібнення
3) відношення середнього характерного розміру шматка матеріалу до подрібнення до середнього характерного розміру його після подрібнення
4) різниця середнього характерного розміру шматка матеріалу до подрібнення і середнього характерного розміру його після подрібнення
5) різниця середнього характерного розміру шматка матеріалу після подрібнення і середнього характерного розміру його до подрібнення

28. Мегаскопічний рівень неоднорідності:
1) середовище розглядається на рівні кристалів, розмір елементів неоднорідностей складає $10^{-3}…10^{-4}$ м;
2) середовище розглядається на структурному рівні, розміри елементів неоднорідностей складають $10^{-3}…10^{-1}$ м
3) середовище розглядається як складно-структурне утворення, яке володіє текстурою й знаходяться під дією гравітаційних і тектонічних сил, розмір елементів неоднорідностей складає біля 1,0 м
4) середовище розглядається на структурному рівні, розміри елементів однорідностей складають $10^{-4}…10^{-1}$ м
5) середовище розглядається на елементарному рівні, розміри елементів однорідностей складають $10^{-3}…10^{-1}$ м

29. Теорія, що дозволяє визначати деформації в середовищі з урахуванням історії її навантаження, називається
1) теорією пружності
2) теорією Вольтера
3) теорією спадкової повзучості
4) теорією Сен-Венана
5) теорією нелінійної спадковості

30. Відповідно до теорії лінійної спадковості
1) деформації середовища під дією зовнішніх сил продовжуються, при цьому деформації в кожен момент часу прямо пропорційні діючим у різні моменти часу напруженням (лінійність) сумуються, ростуть у часі (принцип суперпозиції)
2) деформації середовища під дією зовнішніх сил продовжуються і після їх прикладання (спадковість), при цьому деформації в різні моменти часу прямо пропорційні діючим у різні моменти часу напруженням (лінійність) сумуються, ростуть у часі (принцип суперпозиції)
3) деформації середовища під дією зовнішніх сил продовжуються і після їх прикладання (спадковість), при цьому деформації в кожен момент часу прямо пропорційні діючим у різні моменти часу напруженням (лінійність) сумуються, ростуть у часі (принцип суперпозиції)
4) деформації середовища під дією зовнішніх сил продовжуються і після їх прикладання (спадковість), при цьому деформації в кожен момент часу прямо пропорційні діючим у різні моменти часу напруженням (лінійність) сумуються (принцип суперпозиції)

5) деформації середовища під дією зовнішніх сил продовжуються і після їх прикладання (спадковість), при цьому деформації в кожен момент часу прямо пропорційні діючим у момент часу напруженням (лінійність) сумуються, ростуть у часі (принцип суперпозиції)

32. Вивчення фізико-механічних властивостей гірських порід необхідно для:
1) вибору способу буріння і типу породоруйнівного інструменту; розробки раціональної технології бурінні та кріплення стінок свердловини; розширення геологічної вивченості району робіт тощо
2) вибору способу буріння та розробки раціональної технології буріння
3) розширення геологічної вивченості району робіт
4) складання проекту буріння свердловин у цьому районі
5) вибору породоруйнівного інструменту; розробки раціональної технології бурінні та кріплення стінок свердловини; розширення геологічної вивченості району робіт тощо

32. Згідно класифікації гірських порід за коефіцієнтом міцності надзвичайно міцні породи це:
1) Найбільш міцні, щільні і в'язкі кварцити і базальти. Виняткові за міцністю інші породи
2) кварцовий порфір, дуже міцний граніт, крем'янистий сланець, менш міцні, ніж зазначені вище, кварцити. Найміцніші пісковики і вапняки
3) граніт (щільний) і гранітні породи. Дуже міцні пісковики і вапняки. Кварцові рудні жили. Міцний конгломерат. Дуже міцний залізняк
4) Вапняки (міцні). Неміцний граніт. Міцні пісковики. Міцний мармур, доломіт, колчедани
5) Звичайний пісковик. Залізняк

33. Згідно класифікації гірських порід за коефіцієнтом міцності міцні породи це:
1) кварцити і базальти
2) кварцовий порфір, дуже міцний граніт, крем'янистий сланець, менш міцні, ніж зазначені вище, кварцити. Найміцніші пісковики і вапняки
3) граніт (щільний) і гранітні породи. Дуже міцні пісковики і вапняки. Кварцові рудні жили. Міцний конгломерат. Дуже міцний залізняк
4) Вапняки (міцні). Неміцний граніт. Міцні пісковики. Міцний мармур, доломіт, колчедани
5) Звичайний пісковик. Залізняк

34. Згідно класифікації гірських порід за коефіцієнтом міцності надзвичайно дуже міцні породи це:
1) міцні, щільні і в'язкі кварцити і базальти
2) кварцовий порфір, дуже міцний граніт, крем'янистий сланець, менш міцні, ніж зазначені вище, кварцити. Найміцніші пісковики і вапняки
3) граніт (щільний) і гранітні породи. Дуже міцні пісковики і вапняки. Кварцові рудні жили. Міцний конгломерат. Дуже міцний залізняк
4) вапняки (міцні). Неміцний граніт. Міцні пісковики. Міцний мармур, доломіт, колчедани
5) звичайний пісковик. Залізняк

35. Згідно класифікації гірських порід за коефіцієнтом міцності м'які породи це:
1) кварцити і базальти
2) глина (щільна). Середнє кам'яне вугілля. Глинистий ґрунт. Легка піскувата глина, лес, гравій. М'яке вугілля
3) пісковики і вапняки
4) доломіт, колчедани

5) торф. Легкий суглинок, сирий пісок

36. Згідно класифікації гірських порід за коефіцієнтом міцності надзвичайно пливучі породи це:
1) пливуни, болотистий ґрунт, розріджений лес та інші розріджені ґрунти
2) пісок, осипи, дрібний гравій, насипна земля, добуте вугілля
3) легкий суглинок, сирий пісок
4) вапняки (міцні). Неміцний граніт. Міцні пісковики. Міцний мармур, доломіт, колчедани
5) м'який сланець, м'який вапняк, крейда, кам'яна сіль, гіпс. Мерзлий ґрунт, антрацит. Звичайний мергель. Зруйнований пісковик, зцементована галька і кам'янистий ґрунт

37. Згідно класифікації гірських порід за коефіцієнтом міцності надзвичайно середні породи це:
1) Міцний глинистий сланець. Неміцний пісковик і вапняк, м'який конгломерат
2) пісок, осипи, дрібний гравій, насипна земля, добуте вугілля
3) легкий суглинок, сирий пісок
4) вапняки (міцні). Неміцний граніт. Міцні пісковики. Міцний мармур, доломіт, колчедани
5)м'який сланець, м'який вапняк, крейда, кам'яна сіль, гіпс. Мерзлий ґрунт, антрацит. Звичайний мергель. Зруйнований пісковик, зцементована галька і кам'янистий ґрунт

38. Згідно класифікації порід за динамічною міцністю до І-ої групи порід відносяться породи з динамічною міцністю:
1) 32–40
2) 8–16
3) 8 і менше
4) 16–24
5) 24–32

39. Згідно класифікації порід за динамічною міцністю до ІІ-ої групи порід відносяться породи з динамічною міцністю:
1) 32–40
2) 8–16
3) 8 і менше
4) 16–24
5) 24–32

40. Згідно класифікації порід за динамічною міцністю до ІІІ-ої групи порід відносяться породи з динамічною міцністю:
1) 32–40
2) 8–16
3) 8 і менше
4) 16–24
5) 24–32

41. Згідно класифікації порід за динамічною міцністю до IV-ої групи порід відносяться породи з динамічною міцністю:
1) 32–40
2) 8–16
3) 8 і менше

4) 16–24
5) 24–32

42. Згідно класифікації порід за динамічною міцністю до V -ої групи порід відносяться породи з динамічною міцністю:
1) 32–40
2) 8–16
3) 8 і менше
4) 16–24
5) 24–32

43.Згідно класифікації порід за ступенем динамічної міцності до I-ої групи порід відносяться породи:
1) малої міцності
2) помірної міцності
3) середньої міцності
4) міцні
5) дуже міцні

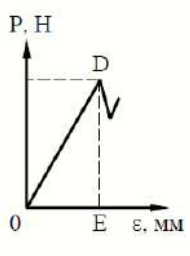
44. Згідно класифікації порід за ступенем динамічної міцності до II-ої групи порід відносяться породи:
1) малої міцності
2) помірної міцності
3) середньої міцності
4) міцні
5) дуже міцні

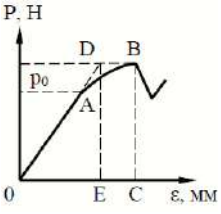
45. Згідно класифікації порід за ступенем динамічної міцності до III-ої групи порід відносяться породи:
1) малої міцності
2) помірної міцності
3) середньої міцності
4) міцні
5) дуже міцні

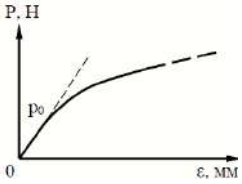
46. Згідно класифікації порід за ступенем динамічної міцності до IV-ої групи порід відносяться породи:
1) малої міцності
3) середньої міцності
4) міцні
5) дуже міцні

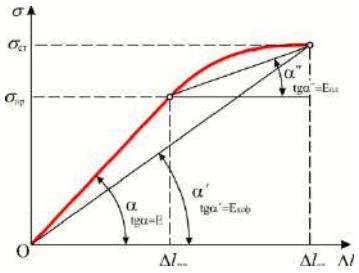
47.Згідно класифікації порід за ступенем динамічної міцності до V-ої групи порід відносяться породи:
1) малої міцності
2) помірної міцності
3) середньої міцності
4) міцні
5) дуже міцні

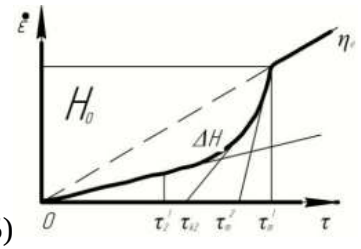
48. На рисунках наведені діаграми руйнування гірських порід (за Л.А. Шрейнером). Визначите діаграму крихких порід:

1) 

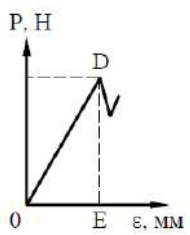
2) 

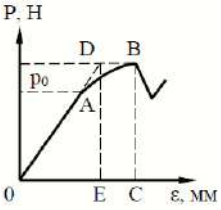
3) 

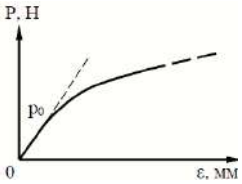
4) 

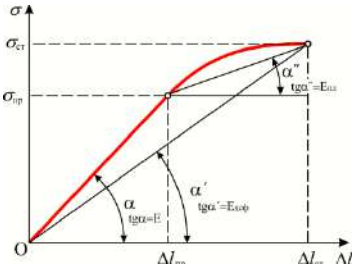
5) 

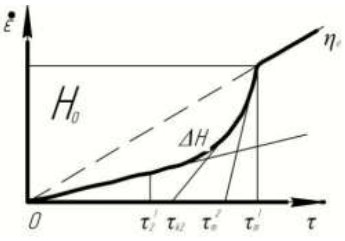
49. На рисунках наведені діаграми руйнування гірських порід (за Л.А. Шрейнером). Визначите діаграму пластичнокрихких порід:

1) 

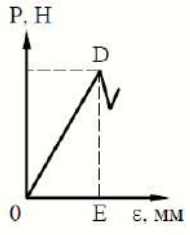
2) 

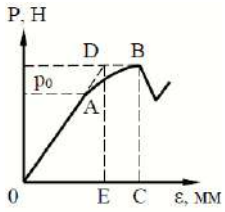
3) 

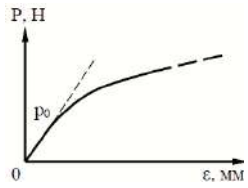
4) 

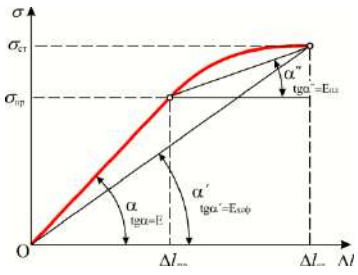
5) 

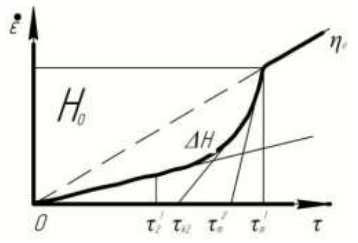
50. На рисунках наведені діаграми руйнування гірських порід (за Л.А. Шрейнером). Визначите діаграму високопластичних порід:

1) 

2) 

3) 

4) 

5) 

51. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності малоабразивні це породи:
1) руда марганцева, туфобрекчії, доломіт, хлорито-кременисто-магнетитова порода, скарн переважно карбонатно-піроксенового складу, сланець серицито-хлорито-карбонатний польовошпатовий, вапняк частково окременілий, сланці хлорито-кварцові, скарни піроксен-карбонатні, сланці піщані, порфірити діабазові
2) Карбонато-хлорито-епідотові породи, скарн карбонатний окременілий, діабази, туфопісковики, скарн епідото-хлорито-піроксеновий туф кварцових порфірів, туф кислого ефузиву, піроксенальбітова порода, адамеліт-порфір, діорит скарновий, алевроліти окременілі, габро, каратофіри, вапняки окременілі, пісковики аркозові, туф кварцових порфірів
3) Діорит епідотовий із сульфідами, скарн рудний, сієніти, туф ороговілий, гранодіорити, діабазовий порфірит, габро-діабаз, діорит кварцовий, альбітофір ороговілий, кварцові порфіри, роговики піроксенові, скарн гранатопіроксеновий, пісковик ороговілий, руда гематитова, кварцити залізисті, гравеліти, пісковики кварцові
4) Кварц жильний, граніти середньозернисті, граносієніт-порфір, пісковик кварцовий кременистий, кварцити, кварц-турмалінова порода, адамеліт, роговик силікатно-магнетитовий, скарн гранатовий, гнейси, сієніто-діорити
5) Мармур, вапняки, ангідрит, алевроліт, доломіти, крейда, алевроліти вапняні, сланці піщано-глинисті, апатити

52. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності середньо абразивні це породи:
1) руда марганцева, туфобрекчії, доломіт, хлорито-кременисто-магнетитова порода, скарн переважно карбонатно-піроксенового складу, сланець сericито-хлорито-карбонатний польовошпатовий, вапняк частково окременілий, сланці хлорито-кварцові, скарни піроксенкарбонатні, сланці піщані, порфірити діабазові
2) Карбонато-хлорито-епідотові породи, скарн карбонатний окременілий, діабази, туфопісковики, скарн епідото-хлорито-піроксеновий туф кварцових порфірів, туф кислого ефузиву, піроксенальбітова порода, адамеліт-порфір, діорит скарновий, алевроліти окременілі, габро, каратофіри, вапняки окременілі, пісковики аркозові, туф кварцових порфірів
3) Діорит епідотовий із сульфідами, скарн рудний, сієніти, туф ороговілий, гранодіорити, діабазовий порфірит, габро-діабаз, діорит кварцовий, альбітофір ороговілий, кварцові порфіри, роговики піроксенові, скарн гранатопіроксеновий, пісковик ороговілий, руда гематитова, кварцити залізисті, гравеліти, пісковики кварцові
4) Кварц жильний, граніти середньозернисті, граносієніт-порфір, пісковик кварцовий кременистий, кварцити, кварц-турмалінова порода, адамеліт, роговик силікатно-магнетитовий, скарн гранатовий, гнейси, сієніто-діорити
5) Мармур, вапняки, ангідрит, алевроліт, доломіти, крейда, алевроліти вапняні, сланці піщано-глинисті, апатити

53. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності абразивні це породи:
1) руда марганцева, туфобрекчії, доломіт, хлорито-кременисто-магнетитова порода, скарн переважно карбонатно-піроксенового складу, сланець сericито-хлорито-карбонатний польовошпатовий, вапняк частково окременілий, сланці хлорито-кварцові, скарни піроксенкарбонатні, сланці піщані, порфірити діабазові
2) Карбонато-хлорито-епідотові породи, скарн карбонатний окременілий, діабази, туфопісковики, скарн епідото-хлорито-піроксеновий туф кварцових порфірів, туф кислого ефузиву, піроксенальбітова порода, адамеліт-порфір, діорит скарновий, алевроліти окременілі, габро, каратофіри, вапняки окременілі, пісковики аркозові, туф кварцових порфірів
3) Діорит епідотовий із сульфідами, скарн рудний, сієніти, туф ороговілий, гранодіорити, діабазовий порфірит, габро-діабаз, діорит кварцовий, альбітофір ороговілий, кварцові порфіри, роговики піроксенові, скарн гранатопіроксеновий, пісковик ороговілий, руда гематитова, кварцити залізисті, гравеліти, пісковики кварцові
4) Кварц жильний, граніти середньозернисті, граносієніт-порфір, пісковик кварцовий кременистий, кварцити, кварц-турмалінова порода, адамеліт, роговик силікатно-магнетитовий, скарн гранатовий, гнейси, сієніто-діорити
5) Мармур, вапняки, ангідрит, алевроліт, доломіти, крейда, алевроліти вапняні, сланці піщано-глинисті, апатити

54. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності досить абразивні це породи:
1) руда марганцева, туфобрекчії, доломіт, хлорито-кременисто-магнетитова порода, скарн переважно карбонатно-піроксенового складу, сланець сericито-хлорито-карбонатний польовошпатовий, вапняк частково окременілий, сланці хлорито-кварцові, скарни пірок-сенкарбонатні, сланці піщані, порфірити діабазові
2) Карбонато-хлорито-епідотові породи, скарн карбонатний окременілий, діабази, туфопісковики, скарн епідото-хлорито-піроксеновий туф кварцових порфірів, туф кислого ефу-зиву, піроксенальбітова порода, адамеліт-порфір, діорит скарновий, алевроліти окремені-лі, габро,
3) Діорит епідотовий із сульфідами, скарн рудний, сієніти, туф ороговілий, гранодіорити, діабазовий порфірит, габро-діабаз, діорит кварцовий, альбітофір ороговілий, кварцові порфіри,

роговики піроксенові, скарн гранатопіроксеновий, пісковик ороговілий, руда гематитова, кварцити залізисті, гравеліти, пісковики кварцові
4) Кварц жильний, граніти середньозернисті, граносієніт-порфір, пісковик кварцовий кре-менистий, кварцити, кварц-турмалінова порода, адамеліт, роговик силікатно-магнетитовий, скарн гранатовий, гнейси, сієніто-діорити
5) Мармур, вапняки, ангідрит, алевроліт, доломіти, крейда, алевроліти вапняні, сланці піща-но-глинисті, апатити

55. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності дуже абразивні це породи:
1) руда марганцева, туфобрекчії, доломіт, хлорито-кременисто-магнетитова порода, скарн пе-реважно карбонатно-піроксенового складу, сланець серицито-хлорито-карбонатний польово-шпатовий, вапняк частково окременілий, сланці хлорито-кварцові, скарни пірок-сенкарбона-тні, сланці піщані, порфірити діабазові
2) Карбонато-хлорито-епідотові породи, скарн карбонатний окременілий, діабази, туфопіс-ковики, скарн епідото-хлорито-піроксеновий туф кварцових порфірів, туф кислого ефу-зиву, піроксенальбітова порода, адамеліт-порфір, діорит скарновий, алевроліти окремені-лі, габро, каратофіри, вапняки окременілі, пісковики аркозові, туф кварцових порфірів
3) Діорит епідотовий із сульфідами, скарн рудний, сієніти, туф ороговілий, гранодіорити, діа-базовий порфірит, габро-діабаз, діорит кварцовий, альбітофір ороговілий, кварцові порфіри, роговики піроксенові, скарн гранатопіроксеновий, пісковик ороговілий, руда гематитова, кварцити залізисті, гравеліти, пісковики кварцові
4) Яшмоподібна порода, кварцити, граніти дрібнозернисті, сієніти окременілі, роговики мар-титогематитові, джеспіліти, піроксеніти окварцьовані, корундовмісні породи
5) Мармур, вапняки, ангідрит, алевроліт, доломіти, крейда, алевроліти вапняні, сланці піща-но-глинисті, апатити

56. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності показник абразивності для малоабра-зивних порід складає:
1) 0,5 і менше
2) 0,5–1
3) 1–1,5
5) 2–2,5

57. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності показник абразивності для помірноаб-разивних порід складає:
1) 0,5 і менше
2) 0,5–1
3) 1–1,5
4) 1,5–2
5) 2–2,5

58. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності показник абразивності для середньо-абразивних порід складає:
1) 0,5 і менше
2) 0,5–1
3) 1–1,5
4) 1,5–2
5) 2–2,5

59. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності показник абразивності для абразивних порід складає:
1) 0,5 і менше
2) 0,5–1
3) 1–1,5
4) 1,5–2
5) 2–2,5

60. Згідно класифікації порід за ступенем абразивності показник абразивності для досить абразивних порід складає:
1) 0,5 і менше
2) 0,5–1
3) 1–1,5
4) 1,5–2
5) 2–2,5

61. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості вихід керна для монолітних порід складає, %:
1) 100–70
2) 90–60
3) 80–50
4) 70–40
5) 60–30 і менше

62. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості вихід керна для слаботріщинуватих порід складає, %:
1) 100–70
2) 90–60
3) 80–50
4) 70–40
5) 60–30 і менше

63. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості вихід керна для тріщинуватих порід складає, %:
1) 100–70
2) 90–60
3) 80–50
4) 70–40
5) 60–30 і менше

64. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості вихід керна для силь-нотріщинуватих порід складає, %:
1) 100–70
2) 90–60
3) 80–50
4) 70–40
5) 60–30 і менше

65. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості вихід керна для надто і виключно сильнотріщинуватих порід складає, %:
1) 100–70
2) 90–60
3) 80–50
4) 70–40
5) 60–30 і менше

66. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості показник тріщинуватості, (1/об) для надто і виключно сильнотріщинуватих порід складає, %:
1) 3,01 і більше
2) 2,01–3,00
3) 1,01–2,00
4) 0,51–1,00
5) До 0,50

67. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості показник тріщинуватості, (1/об) для сильнотріщинуватих порід складає, %:
1) 3,01 і більше
2) 2,01–3,00
3) 1,01–2,00
4) 0,51–1,00
5) До 0,50

68. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості показник тріщинуватості, (1/об) для тріщинуватих порід складає, %:
1) 3,01 і більше
2) 2,01–3,00
3) 1,01–2,00
4) 0,51–1,00
5) До 0,50

69. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості показник тріщинуватості, (1/об) для слаботріщинуватих порід складає, %:
1) 3,01 і більше
2) 2,01–3,00
3) 1,01–2,00
4) 0,51–1,00
5) До 0,50

70. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості показник тріщинуватості, (1/об) для монолітних порід складає, %:
1) 3,01 і більше
2) 2,01–3,00
3) 1,01–2,00
4) 0,51–1,00
5) До 0,50

71. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості питома кускуватість керна, (шт/м) для монолітних порід складає, %:
1) 1–5
2) 6–10
3) 11–30
4) 31–50
5) 51 і більше

72. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості питома кускуватість керна, (шт/м) для слаботріщинуватих порід складає, %:
1) 1–5
2) 6–10
3) 11–30
4) 31–50
5) 51 і більше

73. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості питома кускуватість керна, (шт/м) для тріщинуватих порід складає, %:
1) 1–5
2) 6–10
3) 11–30
4) 31–50
5) 51 і більше

74. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості питома кускуватість керна, (шт/м) для сильнотріщинуватих порід складає, %:
1) 1–5
2) 6–10
3) 11–30
4) 31–50
5) 51 і більше

75. Згідно класифікації гірських порід за ступенем тріщинуватості питома кускуватість керна, (шт/м) для надто і виключно сильнотріщинуватих порід складає, %:
1) 1–5
2) 6–10
3) 11–30
4) 31–50
5) 51 і більше

76. Вибуховість це:
1) властивість гірських порід у розпушеному стані займати більший об’єм ніж у масиві.
2) відношення абсолютно сухої маси породи до загального об’єму твердої частини породи.
3) здатність гірських порід не обрушуватися при оголенні їх в масиві буровими свердловинами або гірничими виробками.
4) здатність порід руйнуватися під дією зовнішніх зусиль
5) здатність порід руйнуватися під дією зовнішніх зусиль при вибуху зарядів вибухових речовин

77. Буримість гірських порід це:
1) величина поглиблення свердловини за одиницю часу, протягом якого до породоруйнівного інструменту прикладені зовнішні навантаження
2) величина поглиблення вибою свердловини за одиницю часу, протягом якого до породоруйнівного інструменту не прикладені зовнішні навантаження
3) величина поглиблення вибою свердловини за одиницю часу, протягом якого прикладені зовнішні навантаження
4) величина розширення вибою свердловини за одиницю часу, протягом якого до породоруйнівного інструменту прикладені зовнішні навантаження
5) величина поглиблення вибою свердловини за одиницю часу, протягом якого до породоруйнівного інструменту прикладені зовнішні навантаження

78. Буримість залежить від:
1) застосовуваного способу руйнування порід; зносостійкості породоруйнівного інструменту; техніки і технології бурових робіт; їхньої організації; а також від кваліфікації обслуговуючого персоналу
2) застосовуваного способу руйнування і властивостей розбурюваних порід; техніки і технології бурових робіт; їхньої організації; а також від кваліфікації обслуговуючого персоналу
3) застосовуваного способу руйнування і властивостей розбурюваних порід; зносостійкості породоруйнівного інструменту; їхньої організації; а також від кваліфікації обслуговуючого персоналу
4) застосовуваного способу руйнування і властивостей розбурюваних порід; зносостійкості породоруйнівного інструменту; техніки і технології бурових робіт; їхньої організації
5) застосовуваного способу руйнування і властивостей розбурюваних порід; зносостійкості породоруйнівного інструменту; техніки і технології бурових робіт; їхньої організації; а також від кваліфікації обслуговуючого персоналу

79. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для ударно-канатного буріння (крім розробки розсипних родовищ) до першої категорії порід відносять:
1) торф і рослинний шар з коренями дерев, пухкі піщано-глинисті ґрунти з домішкою (до 20 %) дрібної гальки і гравію, стрічкові піскуваті глини, діатоміт, слабка крейда
2) піщано-глинисті ґрунти з домішкою (понад 20 %) гравію і дрібної гальки. Пухкі мергелі, щільні глини і суглинки. Сухі піски, лід
3) піщано-глинисті ґрунти з великим (понад 30 %) вмістом гравію і гальки. Щільні в’язкі глини. Вуглисті сланці, мергель, гіпс, тверда крейда, боксити, фосфорит, опока, галіт
4) вапняки, доломіти, мармур, аргіліти, вивітрілі граніти, сієніти, діорити, конгломерати осадових порід, мерзлі ґрунти, галечники, габро
5) торф, рослинний шар, пухкі піщано-глинисті ґрунти без гальки і щебеню, трепел

80. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для ударно-канатного буріння (крім розробки розсипних родовищ) до другої категорії порід відносять:
1) торф, рослинний шар, пухкі піщано-глинисті ґрунти без гальки і щебеню, трепел
2) піщано-глинисті ґрунти з домішкою (понад 20 %) гравію і дрібної гальки. Пухкі мергелі, щільні глини і суглинки. Сухі піски, лід
3) піщано-глинисті ґрунти з великим (понад 30 %) вмістом гравію і гальки. Щільні в’язкі глини. Вуглисті сланці, мергель, гіпс, тверда крейда, боксити, фосфорит, опока, галіт
4) вапняки, доломіти, мармур, аргіліти, вивітрілі граніти, сієніти, діорити, конгломерати осадових порід, мерзлі ґрунти, галечники, габро

5) торф і рослинний шар з коренями дерев, пухкі піщано-глинисті ґрунти з домішкою (до 20 %) дрібної гальки і гравію, стрічкові піскуваті глини, діатоміт, слабка крейда

81. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для ударно-канатного буріння (крім розробки розсипних родовищ) до третьої категорії порід відносять:
1) торф, рослинний шар, пухкі піщано-глинисті ґрунти без гальки і щебеню, трепел
2) піщано-глинисті ґрунти з домішкою (понад 20 %) гравію і дрібної гальки. Пухкі мергелі, щільні глини і суглинки. Сухі піски, лід
3) піщано-глинисті ґрунти з великим (понад 30 %) вмістом гравію і гальки. Щільні в'язкі глини. Вуглисті сланці, мергель, гіпс, тверда крейда, боксити, фосфорит, опока, галіт
4) вапняки, доломіти, мармур, аргіліти, вивітрілі граніти, сієніти, діорити, конгломерати осадових порід, мерзлі ґрунти, галечники, габро
5) торф і рослинний шар з коренями дерев, пухкі піщано-глинисті ґрунти з домішкою (до 20 %) дрібної гальки і гравію, стрічкові піскуваті глини, діатоміт, слабка крейда

82. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для ударно-канатного буріння (крім розробки розсипних родовищ) до четвертої категорії порід відносять:
1) торф, рослинний шар, пухкі піщано-глинисті ґрунти без гальки і щебеню, трепел
2) піщано-глинисті ґрунти з домішкою (понад 20 %) гравію і дрібної гальки. Пухкі мергелі, щільні глини і суглинки. Сухі піски, лід
3) піщано-глинисті ґрунти з великим (понад 30 %) вмістом гравію і гальки. Щільні в'язкі глини. Вуглисті сланці, мергель, гіпс, тверда крейда, боксити, фосфорит, опока, галіт
4) вапняки, доломіти, мармур, аргіліти, вивітрілі граніти, сієніти, діорити, конгломерати осадових порід, мерзлі ґрунти, галечники, габро
5) торф і рослинний шар з коренями дерев, пухкі піщано-глинисті ґрунти з домішкою (до 20 %) дрібної гальки і гравію, стрічкові піскуваті глини, діатоміт, слабка крейда

83. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для ударно-канатного буріння (крім розробки розсипних родовищ) до п`ятої категорії порід відносять:
1) торф, рослинний шар, пухкі піщано-глинисті ґрунти без гальки і щебеню, трепел
2) піщано-глинисті ґрунти з домішкою (понад 20 %) гравію і дрібної гальки. Пухкі мергелі, щільні глини і суглинки. Сухі піски, лід
3) піщано-глинисті ґрунти з великим (понад 30 %) вмістом гравію і гальки. Щільні в'язкі глини. Вуглисті сланці, мергель, гіпс, тверда крейда, боксити, фосфорит, опока, галіт
4) вапняки, доломіти, мармур, аргіліти, вивітрілі граніти, сієніти, діорити, конгломерати осадових порід, мерзлі ґрунти, галечники, габро
5) торф і рослинний шар з коренями дерев, пухкі піщано-глинисті ґрунти з домішкою (до 20 %) дрібної гальки і гравію, стрічкові піскуваті глини, діатоміт, слабка крейда

84. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для ударно-канатного буріння (крім розробки розсипних родовищ) до шостої категорії порід відносять:
1) торф, рослинний шар, пухкі піщано-глинисті ґрунти без гальки і щебеню, трепел
2) піщано-глинисті ґрунти з домішкою (понад 20 %) гравію і дрібної гальки. Пухкі мергелі, щільні глини і суглинки. Сухі піски, лід
3) піщано-глинисті ґрунти з великим (понад 30 %) вмістом гравію і гальки. Щільні в'язкі глини. Вуглисті сланці, мергель, гіпс, тверда крейда, боксити, фосфорит, опока, галіт
4) великий галечник з невеликою кількістю дрібних валунів. Окварцьовані сланці, вапняки і пісковики. Грубозернисті граніти, сієніти, гнейси, габро, пегматити. Конгломерати осадових порід на кременистому цементі

5) торф і рослинний шар з коренями дерев, пухкі піщано-глинисті ґрунти з домішкою (до 20 %) дрібної гальки і гравію, стрічкові піскуваті глини, діатоміт, слабка крейда

85. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для ударно-канатного буріння (крім розробки розсипних родовищ) до сьомої категорії порід відносять:
1) торф, рослинний шар, пухкі піщано-глинисті ґрунти без гальки і щебеню, трепел
2) піщано-глинисті ґрунти з домішкою (понад 20 %) гравію і дрібної гальки. Пухкі мергелі, щільні глини і суглинки. Сухі піски, лід
3) піщано-глинисті ґрунти з великим (понад 30 %) вмістом гравію і гальки. Щільні в'язкі глини. Вуглисті сланці, мергель, гіпс, тверда крейда, боксити, фосфорит, опока, галіт
4) галечник з великою кількістю великих валунів. Валуни кристалічних порід. Дрібнозернисті граніти, сієніти, діорити, габро. Сильно окварцьовані пегматити. Конгломерати
5) торф і рослинний шар з коренями дерев, пухкі піщано-глинисті ґрунти з домішкою (до 20 %) дрібної гальки і гравію, стрічкові піскуваті глини, діатоміт, слабка крейда

86. Категорія породи за буримістю встановлюється на приладі ПОАП-2М виміром коефіцієнтів динамічної міцності Fд і абразивності $К_{абр}$. Визначається об'єднаний показник:
1) $Р_м = 3F^{0.8}д \cdot К_{абр}$
2) $Р_м = 2F^{0.6}д \cdot К_{абр}$
3) $Р_м = 4F^{0.8}_{д} \cdot К_{абр}$
4) $Р_м = 3F^{0.8}д \cdot 2К_{абр}$
5) $Р_м = 3F^{0.9}_{д}К_{абр}$

87. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для обертального механічного буріння до I категорії порід відносять:
1) торф, лес, слабка крейда і супіски без глини і щебеню
2) рослинний шар, щільний пісок, глина середньої твердості, щільний суглинок, мергель, безнапірний пливун
3) слабозцементовані пісковики, щільна глина, щільний мергель, піщано-глинисті ґрунти зі вмістом (понад 20 %) гальки, напірний пливун
4) глинисті сланці, слабкі пісковики, нещільні вапняки і доломіти
5) галечно-щебенисті ґрунти, аргіліти, хлоритові сланці, вапняки, мармур, мергелисті доломіти

88. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для обертального механічного буріння до II категорії порід відносять:
1) торф, лес, слабка крейда і супіски без глини і щебеню
2) рослинний шар, щільний пісок, глина середньої твердості, щільний суглинок, мергель, безнапірний пливун
3) слабозцементовані пісковики, щільна глина, щільний мергель, піщано-глинисті ґрунти зі вмістом (понад 20 %) гальки, напірний пливун
4) глинисті сланці, слабкі пісковики, нещільні вапняки і доломіти
5) галечно-щебенисті ґрунти, аргіліти, хлоритові сланці, вапняки, мармур, мергелисті доломіти

89. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для обертального механічного буріння до III категорії порід відносять:
1) торф, лес, слабка крейда і супіски без глини і щебеню

2) рослинний шар, щільний пісок, глина середньої твердості, щільний суглинок, мергель, безнапірний пливун
3) слабозцементовані пісковики, щільна глина, щільний мергель, піщано-глинисті ґрунти зі вмістом (понад 20 %) гальки, напірний пливун
4) глинисті сланці, слабкі пісковики, нещільні вапняки і доломіти
5) галечно-щебенисті ґрунти, аргіліти, хлоритові сланці, вапняки, мармур, мергелисті доломіти

90. Згідно класифікації гірських порід за буримістю для обертального механічного буріння до IV категорії порід відносять:
1) торф, лес, слабка крейда і супіски без глини і щебеню
2) рослинний шар, щільний пісок, глина середньої твердості, щільний суглинок, мергель, безнапірний пливун
3) слабозцементовані пісковики, щільна глина, щільний мергель, піщано-глинисті ґрунти зі вмістом (понад 20 %) гальки, напірний пливун
4) глинисті сланці, слабкі пісковики, нещільні вапняки і доломіти
5) галечно-щебенисті ґрунти, аргіліти, хлоритові сланці, вапняки, мармур, мергелисті доломіти

1.5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ИНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Загальні вимоги

Індивідуальне завдання має два питання з різних розділів дисципліни, що підлягають проробці, і виконується у формі реферату.

Варіант індивідуального завдання вибирають за номером по журналу.

До структури індивідуального завдання входить титульний аркуш та зміст, змістовні відповіді на питання, перелік використаної літератури, інших джерел інформації. Рекомендований обсяг висвітлення кожного питання 8-12 сторінок при загальному обсязі виконаного індивідуального завдання 20-24 сторінки. При цьому якісною слід вважати проробку кожного питання на основі аналізу не менше, ніж 4-6 джерел.

Індивідуальне завдання виконують, як правило, у надрукованому вигляді на аркушах формату А-4, пронумерованих і скріплених належним чином. Можливо також виконання завдання чорнилом, чітким і розбірливим почерком в учнівському зошиті або на аркушах формату А-4. На кожній сторінці залишають поля для зауважень рецензента.

Відповіді на питання повинні бути чіткими, повними, з посиланням на джерела інформації, за необхідності пояснюватися рисунками, схемами, ескізами, графіками.

В кінці індивідуального завдання, після переліку використаної літератури, слід поставити дату виконання та підпис. Зараховане індивідуальне завдання подається викладачеві до часу складання іспиту.

Варіанти індивідуальних завдань

№ вар.	№№ питань	
	1	2
01	Загальні відомості про будову Землі	Мінеральний склад і структури руд
02	Гороутворення	Метаморфічні гірські породи
03	Дрейф континентів	Осадкові гірські породи
04	Земна кора як головний об’єкт вивчення геології	Породоутворюючі мінерали
05	Загальна систематика гірських порід. Походження та форми залягання гірських порід	Магматичні гірські породи
06	Петрографічні особливості гірських порід	Залягання гірських порід
07	Історія формування земної кори	Залягання вулканічних порід
08	Внутрішня будова гірських порід..	Типи хімічних сполук мінералів
09	Структура гірської породи	Мінеральний склад земної кори
10	Види структур гірської породи	Визначте поняття паспорта міцності гірської породи і порядок його побудови.
11	Текстурні ознаки гірської породи	Побудова паспорта міцності гірської породи за методом кіл Мора
12	Текстура гірської породи.	Класифікуйте види деформацій і наведіть їх визначення.
13	Речовинний склад гірських порід	Термічні напруження в гірських породах
14	Додаткові діагностичні ознаки гірських порід	Механізм проявлення гірського тиску. Пружний розподіл напружень
15	Неоднорідність гірських порід	Напружений стан гірських порід довкола бурової свердловини
16	Описи гірських порід	Особливості деформування і руйнування порід в умовах нерівномірного всестороннього стиску
17	Гірські породи з уламковою структурою	Рівномірний усесторонній стиск
18	Теорії походження Землі	Напружений стан гірських порід в умовах природного залягання
19	Уламки зцементовані	Напружений стан гірських порід в земній корі зумовлений тиском

		розташованих вище порід і тектонічними процесами
20	Фізичні властивості гірських порід	Енергетичні закони руйнування (диспергування) крихких тіл
21	Мінерали і процеси їх формування	Характеристика фізичних властивостей гірських порід
22	Мінеральний склад і структури руд	Класифікація фізичних властивостей гірських порід
23	Метаморфічні гірські породи	Утворення й залягання вугілля
24	Осадкові гірські породи	Утворення й залягання нафти
25	Породоутворюючі мінерали	Прояв в'язкісних властивостей гірських порід
26	Магматичні гірські породи	Фізичні явища при руйнуванні гірських порід
27	Залягання гірських порід	Основні схеми взаємодії елементів. Озброєння долота з гірською породою
28	Залягання вулканічних порід	Прояв в'язкісних властивостей гірських порід
29	Типи хімічних сполук мінералів	Формування й залягання опадових порід
30	Мінеральний склад земної кори	Гідророзрив пласта
31	Класифікація ендогенних процесів. Епейрогенез і орогенез; їх характеристика.	Види і характеристика грунтів
32	Механізм процесу гороутворення і рухів земної кори, його стадії.	Основні закономірності руйнування і показники механічних властивостей гірських порід при втискуванні
33	Геологічна діяльність озер і боліт	Процеси ерозії
34	Контракційна, радіоактивна і орогенна теорії; теорії ізостазі і геосинкліналей.	Процеси вивітрювання і їх дія на грунт
35	Геологічна діяльність підземних вод	Умови стійкості стінок свердловини
36	Взаємозв'язок характеристик порід, що визначаються при статичному і динамічному втискуванні	Опишіть характеристику поняття напруження.
37	Геологічна діяльність моря	Сформулюйте стадії ідеальної деформації гірських порід при

		тривалому впливі на них навантажень.
38	Геологічна діяльність річок	Проаналізуйте види напружених станів і напружень.
39	Вплив середовища на деформування гірських порід, що складають стінки свердловини	Наведіть рівняння для опису деформацій при тривалій дії навантажень.
40	Виорювання та його дія на рельєф місцевості	Пошук й розвідка нафтових родовищ
41	Напружений стан гірських порід при втискуванні	Пошук й розвідка газових родовищ
42	Втискування плоского циліндричного індентора	Формування рельєфу
43	Втискування сферичного індентора	Тектонічні рухи земної кори
44	Утворення й залягання вугілля	Процеси гороутворення
45	Утворення й залягання нафти	Дрейф континентів
46	Руйнування гірських порід при динамічному втискуванні	Типи вулканічних вивержень
47	Геологічна діяльність атмосфери	Вулкани й вулканічні виверження
48	Структура і опади морського дна	Метаморфізм гірських порід
49	Втискування сферичного індентора	Основні геотектонічні гіпотези
50	Формування й залягання опадових порід	Опишіть поняття непошкодженого масиву
51	Втискування інденторів іншої форми	Процеси утворення магматичних порід
52	Види і характеристика грунтів	Техногенні зміни геологічного середовища
53	Пояснить релаксацію напружень в гірських породах.	Геологічні наслідки вулканічної діяльності
54	Особливості деформування порід ударником, що вільно падає	Основні принципи і схеми вивчення динамічного формування і руйнування гірських порід
55	Енергоємність руйнування гірських порід при динамічному втискуванні	Проаналізуйте взаємозв'язок поточної напруги з часом навантаження
56	Втискування інденторів іншої форми	Основні принципи і схеми вивчення динамічного формування і руйнування гірських порід

57	Порівняйте вплив часу навантаження на міцність різних гірських порід.	Класифікація гірських порід
58	Енергоємність руйнування гірських порід при динамічному втискуванні	Руйнування гірських порід при динамічному втискуванні
59	Назвіть причини консолідації порід при тривалій дії навантажень.	Дайте визначення суцільності масиву гірських порід.
60	Вплив дотичного навантаження на розподіл напружень в гірській породі	Визначення показників механічних властивостей гірських порід методом статичного втискування штампа

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фадєєв А. Б. Метод кінцевих елементів у геомеханіці. Недра, 1987. 236 с.
2. Ставрогін А.Н. Пластичність гірських порід. Недра, 1979. 301 с.
3. Виноградов В.В. Геомеханічне управління станом масиву поблизу гірничих виробок. К.: Наукова думка, 1989.192 с.
4. Кірничанський Г.Т. Елементи теорії деформування і руйнування гірських порід. К.: Наукова думка, 1989. 189 с.
5. Шашенко А.Н. Деякі задачі статистичної геомеханіки. К.: Пульсари, 2002. 302 с.
6. Шашенко А.Н. Пружнопластичний стан порідного масиву, що дилатується в околиці підземного видобутку. *Геотехнічна механіка*. 2005. № 61. С. 230-241.
7. Шашенко А.Н. Математична модель процесу втрати пружнопластичної стійкості порідного масиву в околиці одиночної видобутку. Гірничо-видобувна промисловість України і Польщі: актуальні проблеми і перспективи: Українсько-Польський форум гірників: матеріали конференції. Нац. гірнич. ун-т. Д., 2004. С.75-80.
8. Гребьонкін С. С., Павлиш В. Н., Самойлов В. Л. Управління станом масиву гірських порід. Донецьк: ДонНТУ, 2010. 191 с.
9. Бондаренко В. І., Ільяшов М. О., Руденко М. К. Теорія управління станом масиву гірських порід: Підручник для вузів. Дніпропетровськ: ТОВ «ЛізуновПрес», 2012. 320 с.
10. Бондаренко В. І., Бузило В. І., Табаченко М. М., Медяник В. Ю.Геомеханічні основи підвищення стійкості підготовчих виробок. Навчальний посібник. Д.: Національний гірничий університет, 2009. 407 с.
11. Шутенко Л. М., Рудь О. Г., Кічаєва О. В. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 563 с.

Додаток А

ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ПРИЙНЯТИХ ВЕЛИЧИН

ρ – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

К – зчеплення породи, МПа;

$\sigma_{ст}$ – межа міцності на стиск, МПа;

$\sigma_{р}$ – межа міцності на розтяг, МПа.

$\sigma_{п}$– нормальні напруження в ґрунті, кПа, кН/м^2;

τ– дотичні напруження в ґрунті, кПа;

P – руйнівна сила, кН;

θ – кут між площиною зрізу і напрямком дії руйнівної сили, град;

$S = h \cdot d$ – площа зрізу зразка, см^2;

$К_{м}$ – зчеплення породи у масиві, МПа;

α – коефіцієнт структурного послаблення;

$l_{ср}$ – середній розмір структурного блоку, м;

$К_{Р}$ – розрахункові значення зчеплення породи, МПа;

$\rho_{р}$ – кута внутрішнього тертя, град;

$\eta_{р}$- коефіцієнт запасу міцності (стійкості) породи;

$Н_{90}$– висота укосу, м;

γ – об'ємна вага породи, кН/м^3

η_{θ}- коефіцієнт запасу стійкості породи.



Для нотаток