

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуального навчально-дослідного
завдання з дисципліни
«ОСНОВИ МЕХАНІКИ ГІРСЬКИХ ПОРІД»
(для студентів спеціальності 184 Гірництво ОС «Бакалавр»)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуального навчально-дослідного завдання з
дисципліни

«ОСНОВИ МЕХАНІКИ ГІРСЬКИХ ПОРІД»

(для студентів спеціальності 184 Гірництво ОС «Бакалавр»)

Розглянуто:

НА ЗАСІДАННІ КАФЕДРИ «РОЗРОБКА
РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН»
ПРОТОКОЛ № 7 ВІД 24.01.2019 р.

Затверджено:

НА ЗАСІДАННІ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОЇ
КОМІСІЇ ДОННТУ ПО СПЕЦІАЛЬНОСТІ
184 ГІРНИЦТВО
ПРОТОКОЛ № 3 ВІД 30.01.2019 р.

УДК 622:831.31

Методичні вказівки до виконання індивідуального навчально-дослідного завдання з дисципліни «Основи механіки гірських порід» (для студентів спеціальності 184 Гірництво ОС «Бакалавр»)/Укладачі: І.Г. Сахно, С.В. Сахно, А.В. Петренко. – Покровськ: ДонНТУ, 2019, 24 с.

Методичні вказівки присвячені розрахунку фізико-механічних властивостей гірських порід на основі лабораторних тестів зразків гірських порід. В методичних вказівках наведені рекомендації щодо побудувати паспорту міцності гірських порід при об'ємному стисненні, одноосьовому стисненні і розтягуванні графічним та розрахунковим методами по даним визначення меж міцності на одноосьовий стиск і розтягування.

Методичні вказівки до виконання індивідуального навчально-дослідного завдання з дисципліни «Основи механіки гірських порід» рекомендовані до видання науково-методичною комісією ДонНТУ по спеціальності 184 Гірництво (протокол № 3 від 30.01.2019 р.).

Укладачі: І.Г. Сахно, професор кафедри РРКК ДонНТУ, д.т.н., доцент.

С.В. Сахно, доцент кафедри РРКК ДонНТУ, к.т.н.

А.В. Петренко, асистент кафедри РРКК ДонНТУ.

Рекомендовано на засіданні навчально-методичного відділу протокол № _____ від _____ грудня 2019 року

Рецензент: Л.Л. Бачурін, доцент кафедри УВіОП II ДонНТУ, к.т.н.

Відповідальний за випуск: І.О. Єфремов, завідувач кафедри РРКК, д.т.н., доц.

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	3
ВСТУП.....	4
1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДЗ.....	5
2 ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ.....	7
2.1 Теоретичні відомості для виконання роботи.....	7
2.1.1 Основні методи визначення міцності порід при одновісному стисненні	7
2.1.2 Визначення міцності при об'ємному стисненні.....	10
2.1.3 Загальні відомості про паспорт міцності.....	12
2.2 Метод побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності при об'ємному стисненні, одновісному стисненні і розтягуванні.....	13
2.3 Метод побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності при зрізі зі стисненням, одновісному стисненні і розтягуванні.....	15
2.4 Розрахунковий метод побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності при одновісному стисненні і розтягуванні.....	16
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	23

ВСТУП

Курс «Основи механіки гірських порід» є нормативною навчальною дисципліною професійної і практичної підготовки освітніх програм спеціальності 184 Гірництво, освітнього рівня «Бакалавр».

Наведене в методичних вказівках ІНДЗ виконується паралельно з вивченням курсу.

Мета – закріплення і розширення теоретичних знань, надбання практичних навиків з аналізу механічних властивостей і процесів в гірських породах з метою удосконалення гірничого виробництва.

Методичні вказівки містять теоретичні відомості щодо основних методів визначення міцності порід при одновісному стисненні, визначення міцності при об'ємному стисненні, загальні відомості про паспорт міцності, методику побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності порід при об'ємному стисненні, одновісному стисненні і розтягуванні, методику побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності порід при зрізі зі стисненням, одновісному стисненні і розтягуванні, методику побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності при одновісному стисненні і розтягуванні.

Наведене завдання є методом активного навчання і відповідно до існуючих вимог є практичним додатком.

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДЗ

Тема: Розрахунок фізико-механічних властивостей гірських порід

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

В результаті кернового буріння відібрано 4 групи проб на контурі гірничої виробки. Точки відбору проб наведені на рисунку 1. Діаметр кернів (d), висота (h). Після випробування отриманих зразків на гідравлічному пресі на одноосьовий стиск були отримані значення зусилля руйнування ($[F_{ст}]$), передруйнівні подовжні (Δh) і поперечні (Δd) деформації. В результаті експериментів на стабілометрі по схемі Кармана встановлено значення максимального аксіального навантаження $\sigma_{ст}^0$ при боковому тиску p .

ЗАВДАННЯ

1. Визначити модуль деформації $E_{деф}$, коефіцієнт поперечних деформацій μ , межу міцності на одноосьовий стиск $[\sigma_{ст}]$.
2. Побудувати паспорт міцності гірських порід при об'ємному стисненні, одноосьовому стисненні і розтягуванні графічним методом. Межу міцності на розтягування $[\sigma_p]$ прийняти на рівні 10% від межі міцності на стиск.
3. Побудувати паспорт міцності гірських порід розрахунковим методом по даним визначення меж міцності на одноосьовий стиск і розтягування.
4. Проаналізувати отримані результати та зробити висновок відносно механічних властивостей порід контуру виробки.

Значення, необхідні для виконання роботи, видаються викладачем і оформлюються у вигляді таблиці вихідних даних відповідно до отриманого варіанту завдання.

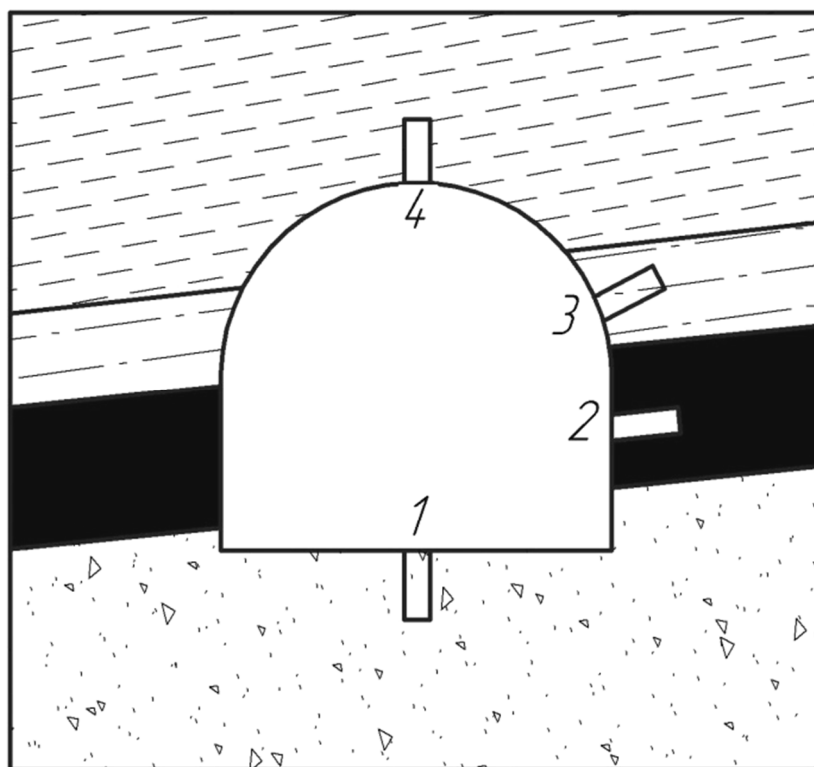


Рис. 1.1 Схема місць відбору проб керну

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до виконання ІНДЗ*

Показник	Значення			
	Номер проби			
	№1	№2	№3	№4
Параметри керну				
- діаметр (d), мм				
- висота (h), мм				
Випробування на одноосьовий стиск				
- зусилля руйнування $[F_{ст}]$, тс				
- предруйнівні подовжні деформації (Δh), мм				
- предруйнівні поперечні деформації (Δd), мм				
Випробування на об'ємний стиск				
- $\sigma_{ст}^0$ при $p = 5$ МПа				
- $\sigma_{ст}^0$ при $p = 10$ МПа				
- $\sigma_{ст}^0$ при $p = 15$ МПа				

* Недостатні данні студенти обирають самостійно.

2 ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Теоретичні відомості для виконання роботи

2.1.1 Основні методи визначення міцності порід при одновісному стисненні

1. Визначення міцності зразків правильної форми (рис. 2.1, а).

У відповідності з міжнародним стандартом повинні виготовлятися зразки циліндричної форми з відношенням висоти до діаметра, рівним одиниці. В якості норми рекомендується циліндричний зразок діаметром 42 мм. Відхилення від цих розмірів допускається в межах від 40 до 45 мм, а відхилення щодо висоти до діаметру – до 5 %. Можуть застосовуватися зразки у вигляді кубиків розміром 50х50х50 мм. Торці зразків повинні бути строго паралельними і відшліфованими. Виготовлення таких зразків пов'язане з високою трудомісткістю.

2. Визначення міцності зразків напівправильної форми. В цьому випадку для випробування на стиск використовують кубовидні зразки з лінійними розмірами паралельних площин 20х20 мм і допустимими відхиленнями від кожного розміру не більше ± 2 мм. Ці зразки виходять в результаті визначення міцності при розтягуванні методом розколювання пластин клинами (це дозволяє при мінімальному об'ємі проби отримати максимальну число даних по міцності порід). Межа міцності при одновісному стисненні σ_{cm} визначається за формулою

$$\sigma_{cr} = \frac{P}{F}, \text{ МПа,}$$

де P – максимальне навантаження на зразок в момент руйнування, Н;

F – площа поперечного перерізу зразка, м^2 .

3. Метод співвісних пуансонів (рис. 2.1, б). Призначений для масових досліджень міцності скельних і напівскельних порід (однорідних і не крупнозернистих). Сутність методу полягає в стисненні дискових зразків

(діаметром від 30 до 100 мм і товщиною 10...12 мм) двома однаковими циліндричними розташованими співвісно пуансонами. Межа міцності визначається за величиною руйнівного навантаження і діаметрів зразка і пуансонів.

Методи визначення міцності при розтягуванні поділяються на наступні групи:

1. Методи прямого розтягування (рис. 2.1, в) полягають у безпосередньому розриві зразка. Внаслідок складності виготовлення фігурних зразків і фактичному руйнуванні не в розрахункових перерізах, а в місцях концентрації напружень на неоднорідностях породи, ця група методів для гірських порід практично не застосовується.

2. Методи вигину пластин або балок (рис. 2.1, г). Істотним недоліком визначення міцності при розтягуванні цими методами є те, що розтягуючі напруження виникають тільки на нижній стороні зразка, що згинається, внаслідок чого міцність може значно коливатись в залежності від стану його поверхні.

3. Методи розриву зразків правильної і довільної форми з внутрішньою порожниною (рис. 2.1, д). Сутність методів полягає в розриві гірської породи тиском зсередини, що створюється за допомогою гідропатрона або в'язкого сплаву (неньютоновської рідини), що розширюється під навантаженням, які розміщені в отвір зразка. Методам властиві недоліки: відносна складність виготовлення зразків породи з отвором і невисока точність визначення межі міцності.

4. Метод діаметрального стиснення (рис. 2.1, е). Цей метод полягає в розколюванні циліндричних зразків (кернів) силами, прикладеними по діаметрально протилежним площинам. Напруження розтягування, що виникають в площині перпендикулярній прикладеному навантаженню, розривають зразок. Метод застосовується, головним чином, для порід, що мають крихкий характер руйнування.

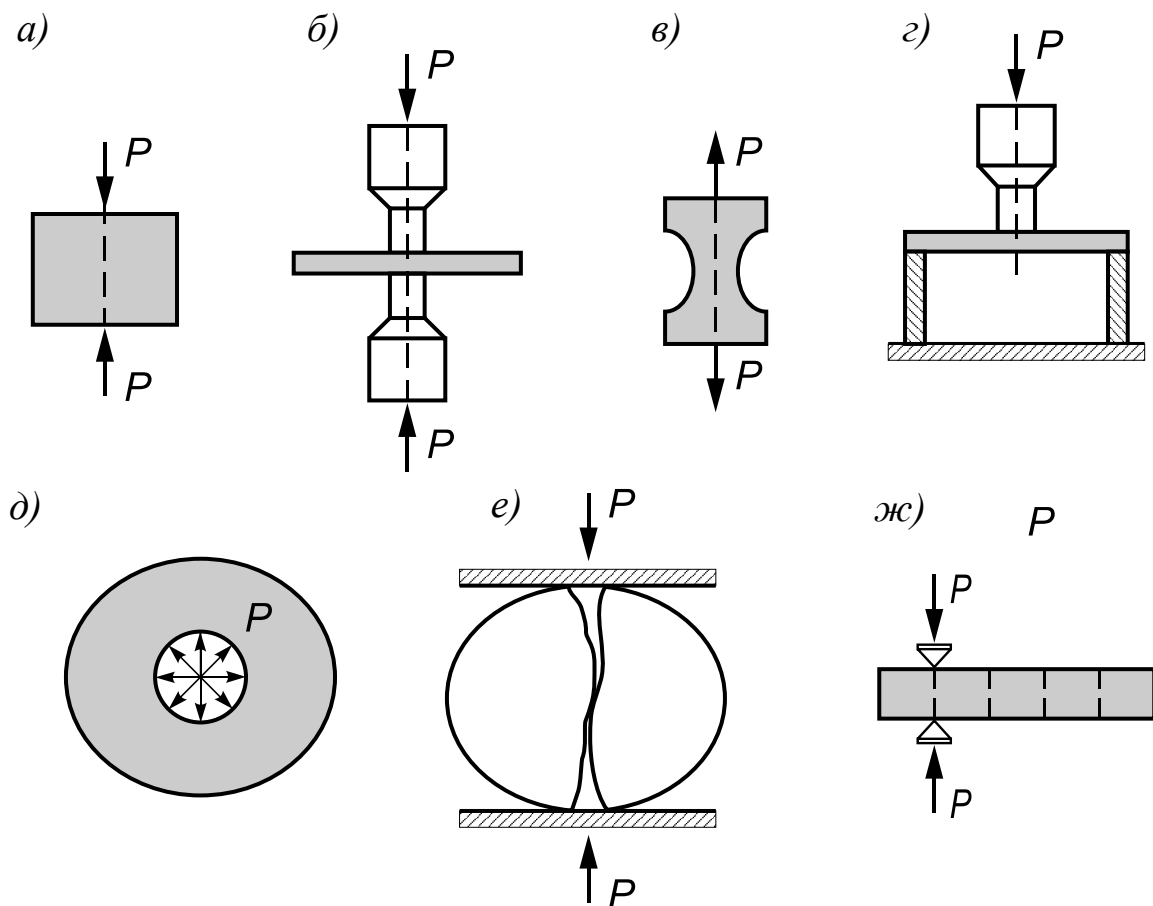


Рис. 2.1 Методи визначення міцності гірських порід

Міцність при розтягуванні σ_p визначається за формулою:

$$\sigma_p = \frac{2P}{\pi \cdot F} = \frac{0,637P}{F}, \text{ МПа,}$$

де P – руйнуюче навантаження, Н;

F – площа поперечного перерізу зразка, м^2 .

5. Метод розколювання пластин клинами (рис. 2.1, ж). Один з найпоширеніших методів визначення міцності гірських порід на розрив. Хоча метод є непрямим, він дозволяє отримувати результати, схожі з результатами випробувань порід безпосередньо на розтяг. Сутність методу полягає у випробуванні зразка пластиноподібної форми на стиск лінійно зосередженим навантаженням з двох сторін клинами. Таке навантаження викликає розрив зразка на дві частини по поверхні, що проходить уздовж контакту породи з лінійно зосередженим стискаючим навантаженням.

Для випробування розколюванням використовують зразки у вигляді пластин розміром не менше 100x100 мм та товщиною 20 мм, що виготовляються на каменерізних машинах. Площини зразка повинні відрізу бути паралельними. Відхилення від паралельності допускається не більше 0,5 мм по розміру зразка. Межа міцності при розтягуванні σ_p визначається за формулою:

$$\sigma_p = \frac{P}{h \cdot \lambda}, \text{ МПа,}$$

де P – руйнуюче навантаження, Н;

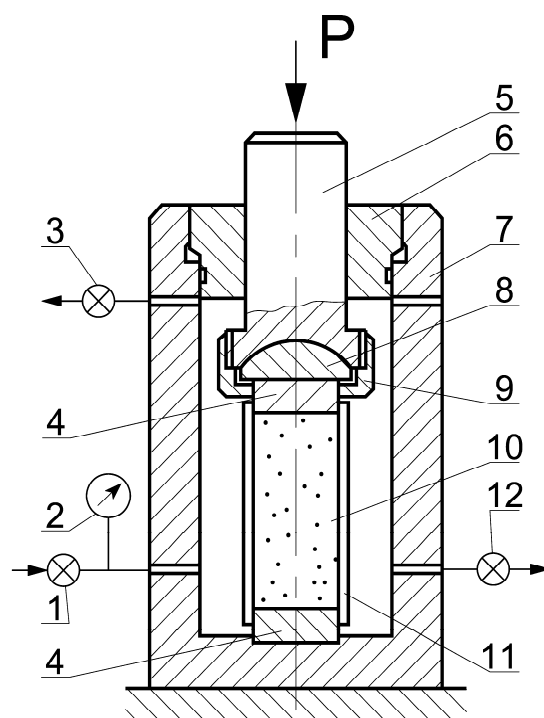
h – товщина зразка, м;

λ – довжина лінії розколу, м.

Випробування гірських порід на розрив і стиснення найчастіше проводиться багаторазовим розколюванням пластини зразка клинами і роздавлюванням отриманих після розколювання кубиків напівправильної форми з лінійними розмірами паралельних площин 20x20x20 мм.

2.1.2 Визначення міцності при об'ємному стисненні

Порядок проведення досліджень регламентований ГОСТ 21153.8-88. Циліндричний або призматичний зразок з розмірами встановленими за табл.2.1, розміщують у камері об'ємного стиснення, принципову схему якої наведено на рис. 2.2 і створюють в ній гідростатичний тиск на його бічні поверхні, що забезпечує по ГОСТ 21153.2-84 співвісне осьове навантаження зразка (відхилення від співвісності не більше 0,5 мм) через сталеві плити. В якості робочої рідини в гідравлічній системі використовуються технічні масла, гліцерин та ін.



1 - впускний вентиль; 2 - манометр; 3 - вентиль випуску повітря; 4 - сталеві плити; 5 - шток; 6 - кришка; 7 - корпус; 8 - сферична п'ята; 9 - накидна гайка; 10 - зразок; 11 - ізоляція; 12 - випускний вентиль

Рис. 2.2 Схема приладу для випробування порід в об'ємному полі

Таблиця 2.1 – Рекомендовані розміри зразка

Параметр зразка	Розміри при дослідженнях		
	порівняльних	масових	
		рекомендовані	допустимі
Діаметр (сторона квадрата), мм	42 ± 2	42 ± 2	Від 30 до 75
Відношення висоти до діаметра (сторони квадрата), од.	$2,0 \pm 0,1$		

Торцеві поверхні зразка повинні бути плоскими, паралельними одна до одної і перпендикулярними до бічної поверхні. Зразки однієї вибірки повинні мати однакові розміри. Допускаються відхилення значень діаметра (сторони

квадрата) кожного зразка від середнього арифметичного по всіх зразкам вибірки не більше ± 1 мм і висоти не більше ± 2 мм.

Кількість зразків повинно бути не менше чотирьох за умови забезпечення надійності результатів не менше 80% і відносної похибки не більше 20% для масових випробувань і, відповідно, не менше 90% і не більше 10% - для порівняльних випробувань.

Ізольований зразок встановлюють у робочу порожнину камери об'ємного стиснення в зборі з плитами або поміщуючи їх між торцями зразка і опорними торцями навантажувальних елементів камери.

Герметизують робочу порожнину камери і подачею в неї робочої рідини доводять бічний тиск на зразок до значення, заданого умовами.

Підтримуючи задані значення бічного тиску з похибкою $\pm 5\%$, навантажують зразок уздовж осі до руйнування рівномірно зі швидкістю навантаження 1-5 МПа/с. Момент руйнування фіксують за максимальним значенням осьового навантаження. Записують значення руйнуючої сили P , що прикладена до торців зразка, в кН і бічного гідростатичного тиску p в МПа.

2.1.3 Загальні відомості про паспорт міцності

Паспорт міцності гірської породи – це крива, що огинає граничні кола напружень Мора в координатах σ (нормальні) та τ (дотичні напруження). Обвідна крива (або паспорт міцності) відповідає стану граничної рівноваги породи.

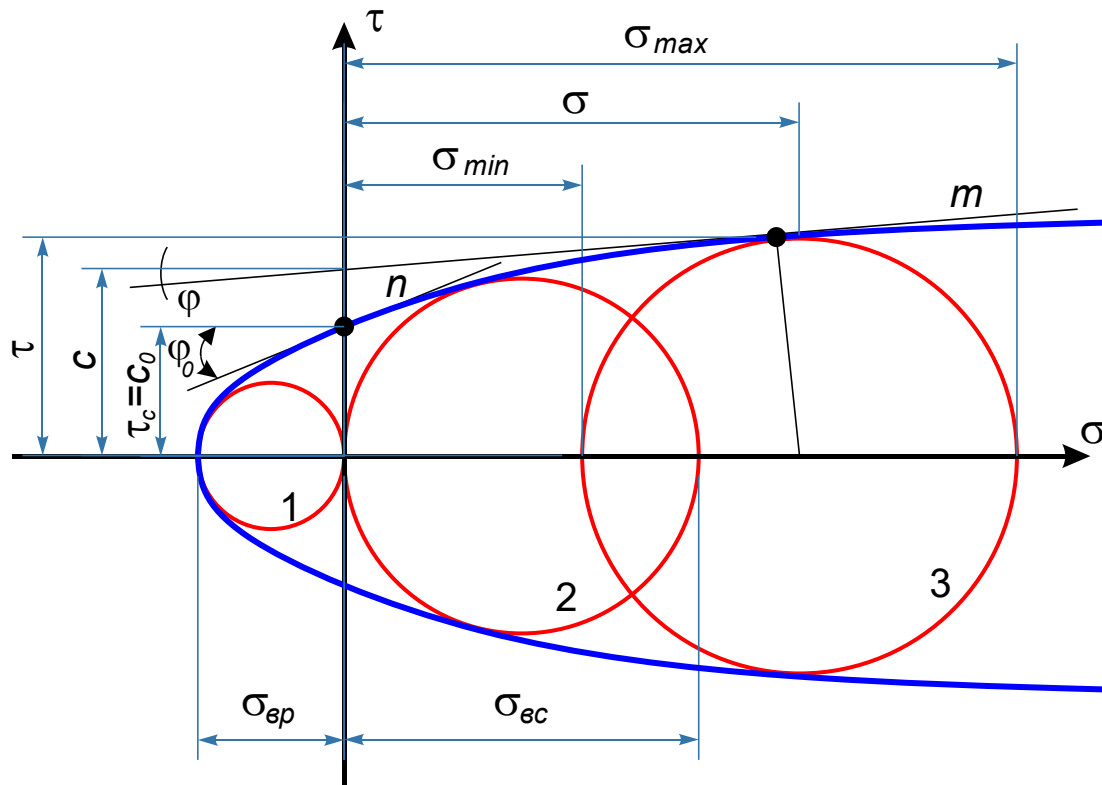
Граничний круг Мора (граничний напружений стан) досягається при співвідношенні найбільшого σ_{max} і найменшого σ_{min} головних нормальних напружень і його радіус

$$R = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

має координати центру

$$\left(\frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}; 0 \right)$$

На рис. 2.3 наведені найбільш характерні кола Мора, крива, що їх огинає, та окреслено основні параметри, що визначаються за паспортом міцності.



1 – коло одноосьового розтягування; 2 – коло одноосьового стиснення;
3 – коло об'ємного стиснення

Рис. 2.3 Паспорт міцності гірської породи.

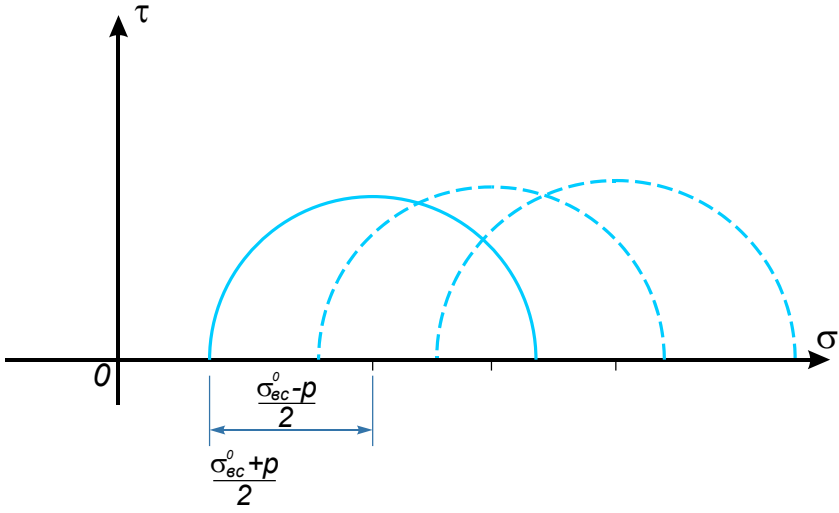
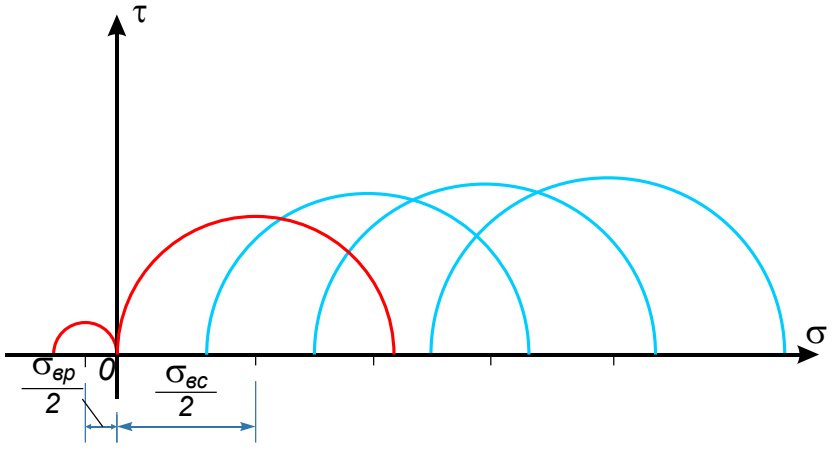
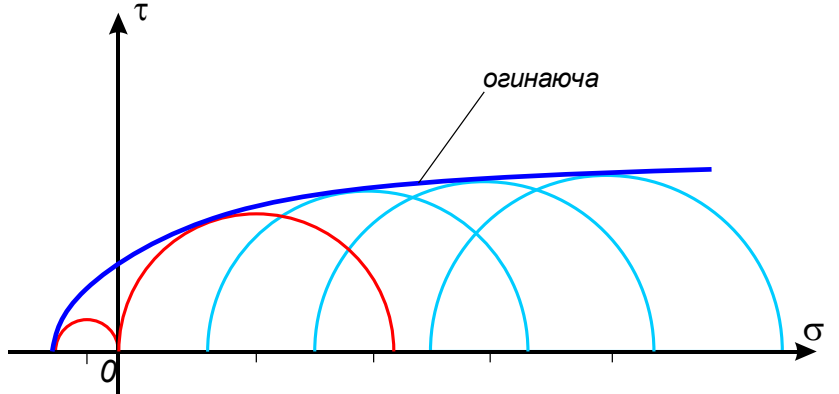
Для отримання паспорта міцності у вигляді кривої можуть застосовуватись декілька методів.

2.2 Метод побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності при об'ємному стисненні, одновісному стисненні і розтягуванні

Для побудови паспорта гірських порід використовують результати визначення меж міцності при об'ємному стисненні $\sigma_{сж}^0$ не менш ніж при трьох

різних значеннях бічного тиску.

Для побудови необхідно:

а) По сукупності значень $\sigma_{сж}^0 = \sigma_{max}$ і бічного тиску $p = \sigma_{min}$ побудувати сімейство напівкіл з радіусами $\frac{\sigma_{сж} - p}{2}$ з координатами центрів $\left(\frac{\sigma_{сж}^0 + p}{2}; 0\right);$	
б) Побудувати сімейство півкіл радіусами $\frac{\sigma_{сж}}{2}$ та $\frac{\sigma_p}{2}$ з координатами центрів $\left(-\frac{\sigma_p}{2}; 0\right)$ та $\left(\frac{\sigma_{сж}}{2}; 0\right);$	
в) Провести огинаючу криву, яка об'єднує всі кола.	

2.3 Метод побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності при зрізі зі стисненням, одновісному стисненні і розтягуванні

Для побудови необхідно:

а) за сукупністю парних значень τ_α та σ_α , визначених за ГОСТ 21153.5-88, нанести точки 1, 2 та 3, відповідні кутам $\alpha = 25^\circ$, 35° та 45° у відповідності з рис. 2.4;

б) до сімейства точок додати півкола одноосьового розтягу і стиску (радіуси $\frac{\sigma_{сж}}{2}$ та $\frac{\sigma_p}{2}$, координати центрів $\left(-\frac{\sigma_p}{2}; 0\right)$ и $\left(\frac{\sigma_{сж}}{2}; 0\right)$);

в) побудувати плавну криву, огинаючи півкола і проходить через точки 1, 2, 3.

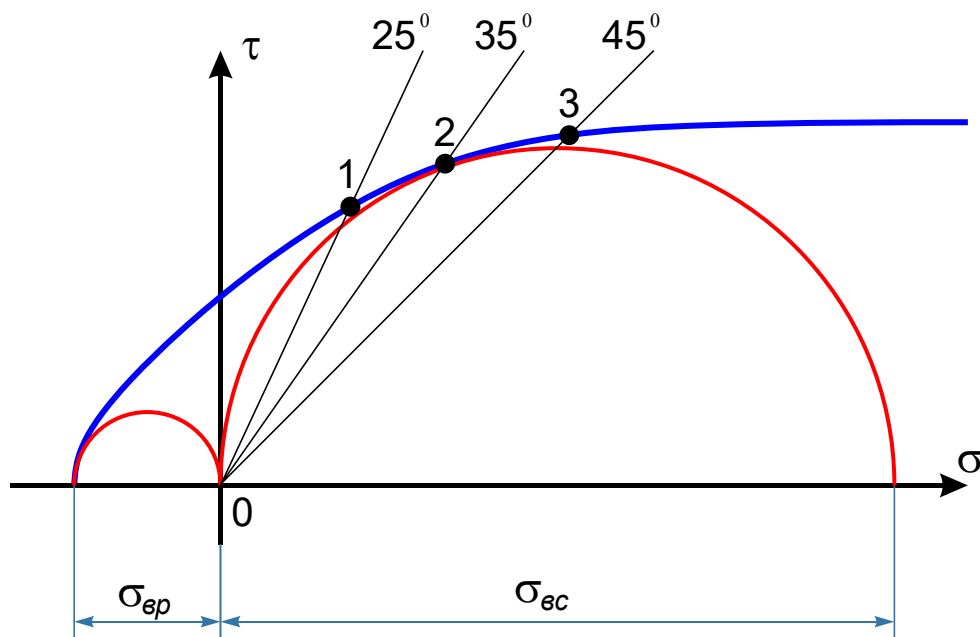


Рис. 2.4 Паспорт міцності за даними визначення меж міцності при зрізі зі стисненням, одновісному стисненні і розтягуванні

2.4 Розрахунковий метод побудови паспорта міцності за даними визначення меж міцності при одновісному стисненні і розтягуванні

Даний метод передбачає визначення координат точок огинаючої кривої розрахунковим шляхом за емпіричним рівнянням (1) з використанням даних визначення меж міцності при одновісному стисненні $\sigma_{сж}$ та σ_p .

Метод застосовується в діапазоні нормальних напружень σ , що не перевищують значення $1,5\sigma_{сж}$.

1. Емпіричне рівняння огинаючої кривої граничного круг напружень Мора (τ) приймають у вигляді

$$\tau = \tau_{\max} \left(\frac{\sigma_K^2}{\sigma_K^2 + a^2} \right)^{\frac{3}{8}}$$

де $\tau_{\max}$ – максимальний опір породи зрізу (зсуву), при гіпотетично повністю закритих під дією нормального тиску тріщинах і порах (див. рис. 2.5);

σ_K – нормальна напруга відносно початку координат, перенесеного в точку перетину огинаючої кривої;

a – параметр форми огинаючої кривої.

2. Визначення координат точок огинаючої кривої

У дослідженнях проф. Протод'яконова М. М. встановлено, що для ряду гірських порід Донбасу ставлення $\frac{\tau_{\max}}{a}$ зберігається приблизно постійною і дорівнює 0,73. Така сталість відношення вказує на те, що огинають різних порід подібні за формою і розрізняються лише масштабом і розташуванням кіл Мора.

Для зручності розрахунку, рівняння обвідної кривий представляють в

безрозмірних координатах l та K , які пов'язані співвідношенням

$$l = 0,73 \left(\frac{K^2}{K^2 + 1} \right)^{\frac{3}{8}}.$$

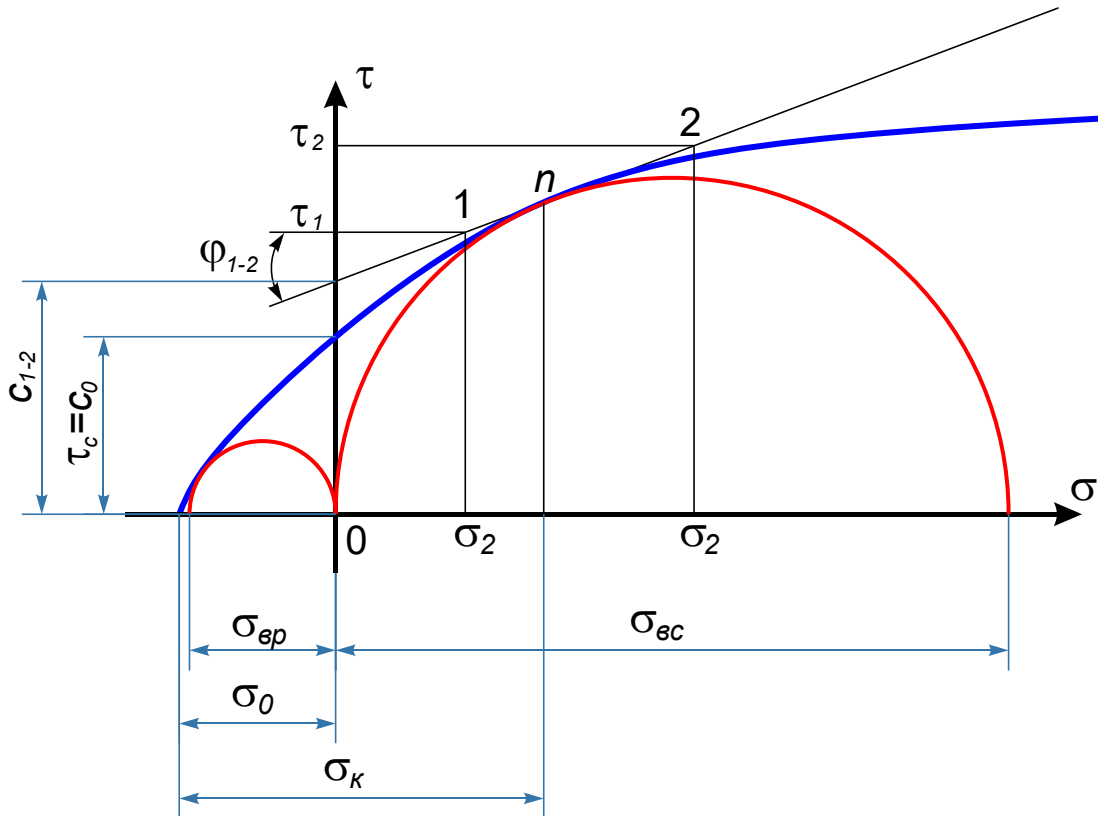


Рис. 2.5 Паспорт міцності, який побудований розрахунковим способом

3. Вводять безрозмірні радіуси граничних кругів Мора для одноосьового розтягування q_1 та одновісного стиснення q_2 і, використовуючи відношення

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{\sigma_{сж}}{\sigma_p}, \text{ а потім послідовно обчислюють:}$$

– значення параметра форми огинаючої

$$a = \frac{\sigma_{сж}}{2q_2}$$

– значення параметра перенесення початку координат

$$\sigma_0 = a(K_1 + q_1)$$

де значення q_2 і $(K_1 + q_1)$ визначають за табл. 1 для відповідного значення

відносини $\frac{q_2}{q_1} = \frac{\sigma_{сж}}{\sigma_p}$ (проміжні значення визначають інтерполяцією).

Таблиця 2.2 – Значення розрахункових параметрів

$k_1 + q_1$	q_1	q_2	q_2/q_1
1	2	3	
1,258	0,479	0,686	1,39
1,133	0,443	0,661	1,49
0,992	0,398	0,654	1,64
0,829	0,342	0,636	1,86
0,636	0,271	0,597	1,21
0,403	0,179	0,531	2,97
0,3477	0,1567	0,508	3,25
0,2880	0,1310	0,473	3,61
0,2565	0,1175	0,453	3,85
0,2218	0,1028	0,421	4,10
0,1855	0,0875	0,387	4,48
0,1446	0,0685	0,344	5,04
0,0960	0,0460	0,279	6,08
0,0848	0,0408	0,258	6,32
0,0716	0,0346	0,229	6,62
0,0646	0,0313	0,215	6,86
0,0566	0,0275	0,202	7,35
0,0484	0,0236	0,185	7,85

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	
0,0388	0,0190	0,166	8,74
0,0267	0,0132	0,132	10,0
0,0253	0,0126	0,130	10,3
0,0240	0,0119	0,127	10,7
0,0223	0,0110	0,123	11,2
0,0205	0,0101	0,115	11,4
0,0185	0,0091	0,107	11,8
0,0163	0,0080	0,100	12,5
0,0141	0,0069	0,091	13,2
0,0114	0,0056	0,081	14,5
0,0080	0,0039	0,068	17,4
0,0071	0,0035	0,0634	18,3
0,0062	0,0030	0,0586	19,5
0,0057	0,0028	0,0557	19,9
0,0051	0,0025	0,0537	21,5
0,0045	0,0023	0,0500	22,7
0,0037	0,0018	0,0453	25,2
0,0026	0,0013	0,0373	29,6
0,00227	0,00113	0,0362	32,0
0,001963	0,00098	0,0329	33,6
0,001603	0,00080	0,0291	36,4
0,001131	0,00056	0,0241	43,5
0,000801	0,00040	0,0203	50,7

На контурі виробки значення σ визначається за формулою

$$\sigma = k_{o.d.} \mathcal{H}$$

де $k_{o.d.}$ – максимальний коефіцієнт концентрації напружень на контурі

виробки

Згідно ГОСТ 21153.8-88, даний метод побудови паспорта застосуємо в діапазоні нормальних напружень $\sigma \leq 1.5\sigma_{сж}$.

4. Обчислюють координати σ та τ окремих точок огинаючої:

$$\sigma = \sigma_K - \sigma_0 = K \cdot a - \sigma_0$$

$$\tau = l \cdot a.$$

5. Значення безрозмірних координат K та l приймають по табл. 2.3. При цьому спочатку визначають граничне значення K зворотним перерахунком за величиною найбільшого напруги σ , яким має бути задана, в залежності від розв'язуваної задачі, верхня межа діапазону побудови паспорта міцності

$$K = \frac{\sigma - \sigma_0}{a}.$$

Кількість точок для побудови обвідної має бути не менше десяти, у тому числі не менше двох точок повинні мати координати області розтягування.

Результати обчислень координат точок огинаючої представляють у вигляді таблиці.

6. За сукупністю парних значень σ та τ у координатах $\sigma - \tau$ наносять сімейство точок, які з'єднують плавною кривою у відповідності з рис. 2.5.

Контроль правильності побудови кривої виконують побудовою кругів Мора при розтягуванні і стисненні. Якщо колу стосуються огинаючої кривої, то побудови виконані правильно.

Таблиця 2.3 – Безрозмірні координати для побудови паспорта міцності

К	ℓ	К	ℓ
1	2	3	4
2.00	0.6720	0.0300	0.0526
1.80	0.6600	0.0200	0.0388
1.60	0.6450	0.0100	0.0231
1.40	0.6310	0.0080	0.0196
1.20	0.6010	0.0060	0.0157
1.00	0.5630	0.0050	0.0137
0.90	0.5400	0.0040	0.0115
0.80	0.5110	0.0030	0.0094
0.70	0.4820	0.0020	0.0069
0.60	0.4440	0.0010	0.0041
0.50	0.3990	0.0009	0.0038
0.40	0.3410	0.0008	0.0035
0.30	0.2865	0.0007	0.0031
0.20	0.2151	0.0006	0.0028
0.10	0.1294	0.0005	0.0024
0.08	0.1101	0.0004	0.0020
0.06	0.0882	0.0003	0.0016
0.05	0.0771	0.0002	0.0012
0.04	0.0653	0.0001	0.0007

7. Граничний опір зрізу τ_0 (зчеплення c_0) визначають як ординату точки перетину огинаючої з віссю τ , а відповідний кут тертя φ_0 , як кут нахилу дотичної mn до кривої в цій точці. Умовне зчеплення U будь-якій точці огинаючої кривої визначають як ординату точки перетину дотичної до огинаючої в точці (σ, τ) з віссю τ ; кут внутрішнього тертя φ як кут між дотичною і віссю σ :

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\tau - C}{\sigma}$$

Умовне зчеплення C_{1-2} в заданому діапазоні напружень $(\sigma_1 - \sigma_2)$ або $(\tau_1 - \tau_2)$ визначають як ординату точки перетину прямої, проведеної через відповідні точки огинаючої, з віссю згідно рис. 4, а відповідний кут внутрішнього тертя φ_{1-2} як кут між цією прямою і віссю σ

$$\varphi_{1-2} = \operatorname{arctg} \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1}$$

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 21153.8-88 Горные породы. Метод определения предела прочности при объемном сжатии. 1988. 16с.
2. ГОСТ 21153.2-84 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. 1984. 7с.
3. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. Л: Недра, 1989. 488 с.
4. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. М.: Недра, 1984. 233 с.
5. Соболев В.В., Скобенко А.В., Иванчишин С.Я. Физика горных пород. Учебное пособие для вузов. Днепропетровск: Полиграфист, 2003. 255 с.
6. Руппенейт К.В., Либерман Ю.М. Введение в механику горных пород. М: Госгортехиздат, 1960. 384 с.
7. Zimmerman R.W. Elasticity Theory for Rock Mechanics. Technical Report. June 2018, 28 p.
8. Ulusay, R. (2014): The ISRM suggested methods for rock characterization, testing, and monitoring: 2007-2014. Springer, 293 p.
9. ASTM D5731-07 (2007) Standard test method for determination of the point load strength index of rock and application to rock strength classifications, 11p.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання індивідуального навчально-дослідного
завдання з дисципліни
«ОСНОВИ МЕХАНІКИ ГІРСЬКИХ ПОРІД»
(для студентів спеціальності 184 Гірництво ОС «Бакалавр»)

Укладачі:

САХНО ІВАН ГЕОРГІЙОВИЧ

САХНО СВІТЛАНА ВОЛОДИМИРІВНА

ПЕТРЕНКО АНДРІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ