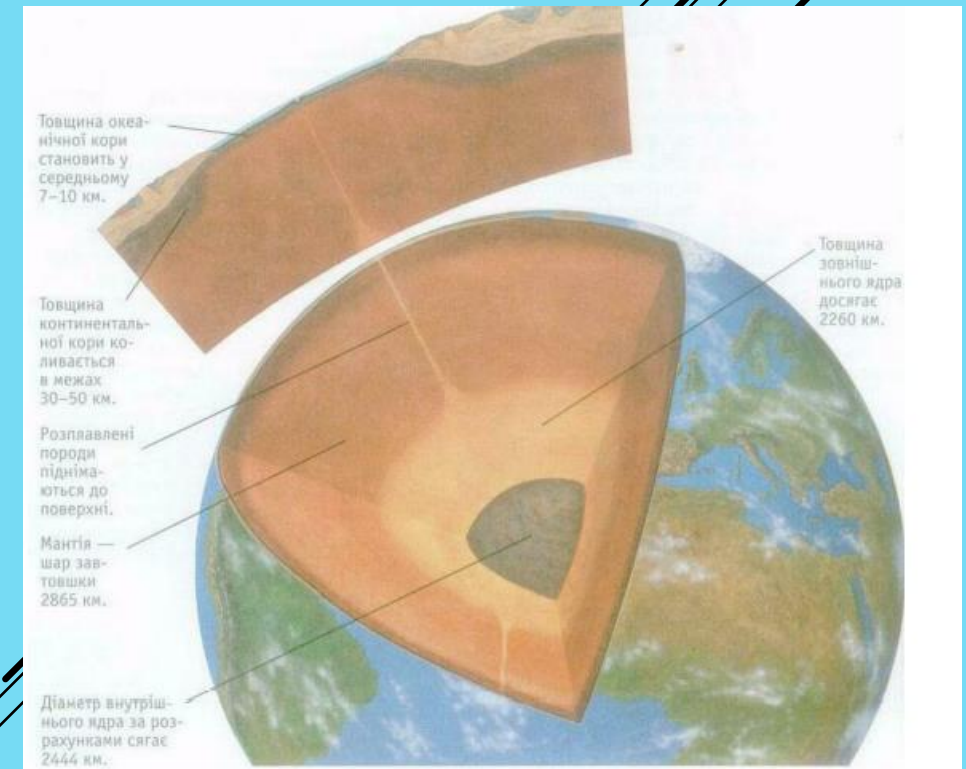


ТЕМА 2 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД



Лектор к.т.н., доцент
Павлов Євген Євгенійович

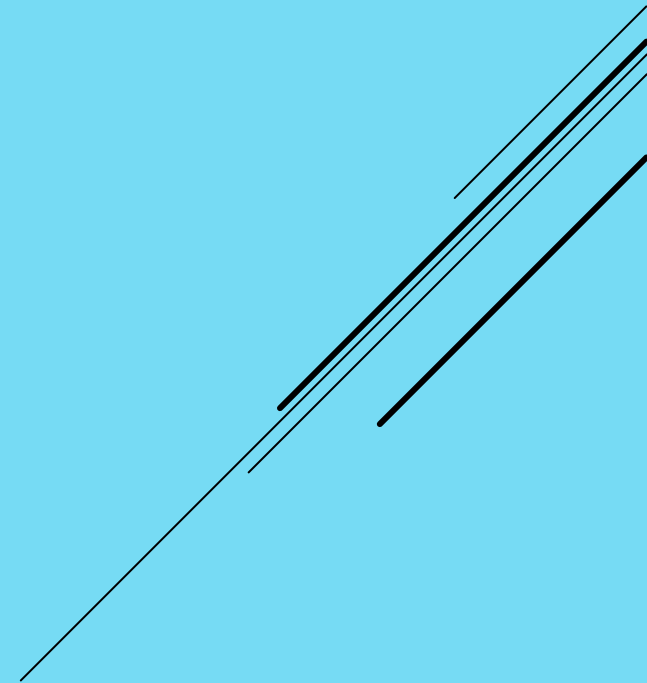
ТЕМА 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

- ▶ **Міцнісні властивості** визначають здатність гірської породи чинити опір руйнуванню під дією механічних напружень.
- ▶ До цих властивостей відносяться границі міцності на **стиск** та **розтяг**, **зчеплення** та **кут внутрішнього тертя**

- ▶ **Механічні напруження** – 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
- ▶ **Межею міцності**, $[\sigma]$, називають найбільші значення напружень, які здатна витримати гірська порода до руйнування, [Па]:
(Для позначення границі міцності використовуються квадратні дужки).

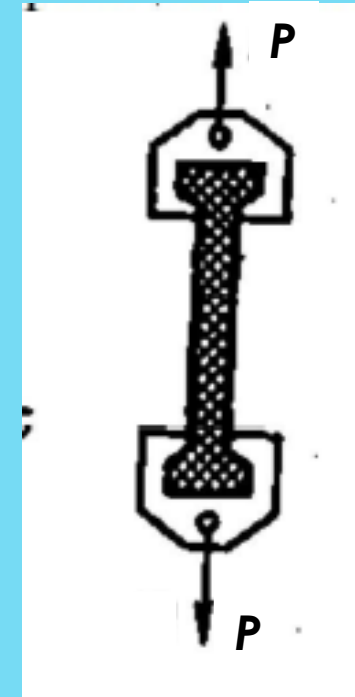
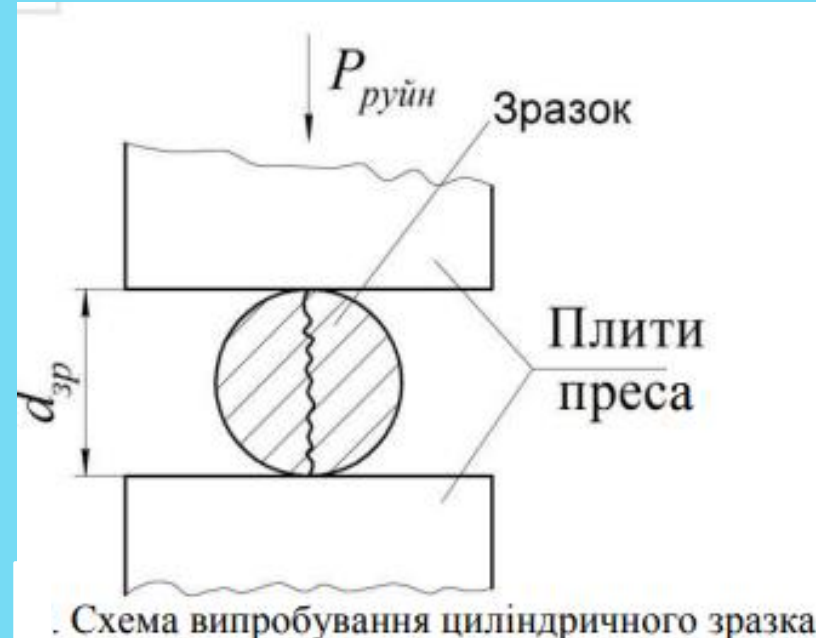
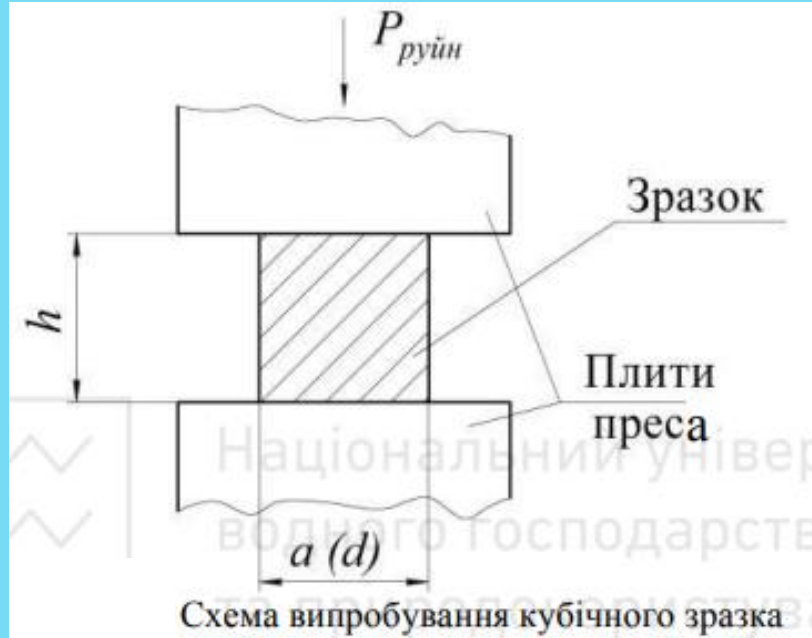
$$[\sigma] = \frac{P}{F}$$

де P – зусилля, при якому руйнується зразок породи,
 F – площа поперечного зразка цієї породи



- ▶ **Міцність гірських порід** — їх властивість в певних умовах, не руйнуючись, сприймати впливи механічних навантажень, температурних, магнітних, електричних і інш. полів, нерівномірне протікання фіз.-хім. процесів в різних частинах гірських порід. Розрізняють такі різновиди міцності мінералів:
 - ▶ *теоретичну* — обчислену на основі обліку сил міжатомного зчеплення (вона відповідає приблизно $1/6$ модуля поздовжньої пружності);
 - ▶ *статичну* — властивість гірських порід сприймати короточасні навантаження, прикладені з постійною швидкістю;
 - ▶ *динамічну* — властивість гірських порід сприймати, не руйнуючись, динамічне навантаження;
 - ▶ *тривалу* — міцність гірських порід, що знаходяться тривалий час під навантаженням; зменшення міцності породи в результаті збільшення тривалості дії навантаження характеризується коефіцієнтом розслаблення, що дорівнює відношенню миттєвої межі міцності на стиснення до певного значення тривалої міцності г.п. (для глини цей коеф. дорівнює 1,5, для пісковика — 1,8, бетону — 1,7);
 - ▶ *залишкову* — рівень несучої здатності зруйнованої гірської породи, що дорівнює мінімальним напруженням при даній величині деформації, які порода витримує без подальшого деформування і руйнування;
 - ▶ *електричну* — визначається значеннями напруги пробою.

Залежно від виду прикладеного зусилля, розрізняють межу міцності на стиск або міцність на стиск $[\sigma_{ст}]$ та межу міцності на розтяг або міцність на розтяг $[\sigma_p]$.



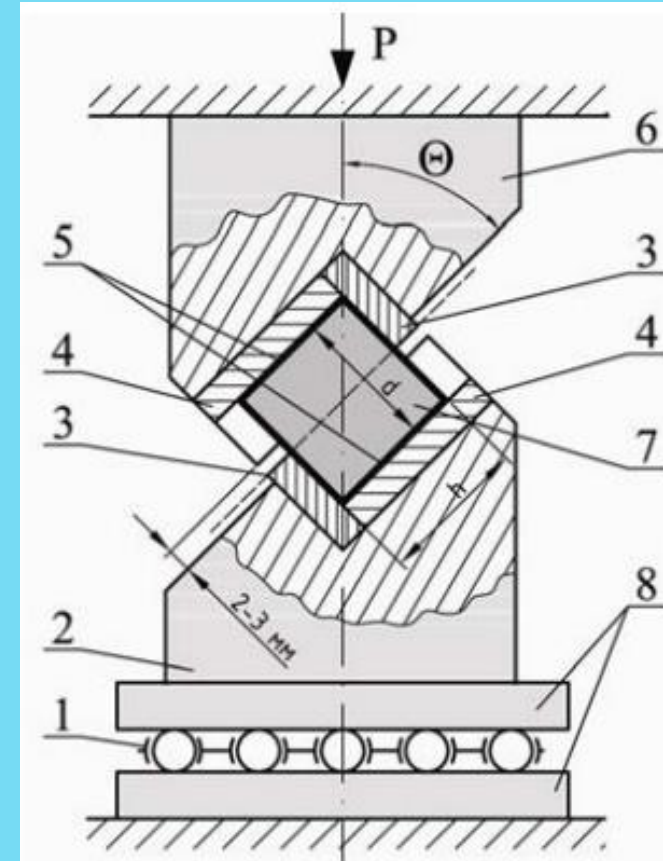
► **Міцність на зсув (зріз)** може бути виражена за допомогою аналітичної залежності, яка сформульована теорією міцності Кулона-Мора:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c, \text{ [Па]}$$

де τ – дотичні напруження при зсуві; σ – нормальні напруження при зсуві; φ – кут внутрішнього тертя; c – зчеплення.

При зрізі порода чинить опір прикладеним навантаженням за рахунок двох факторів: сил зчеплення мінеральних частинок (зчеплення) та сил тертя між цими частинками (кут внутрішнього тертя).

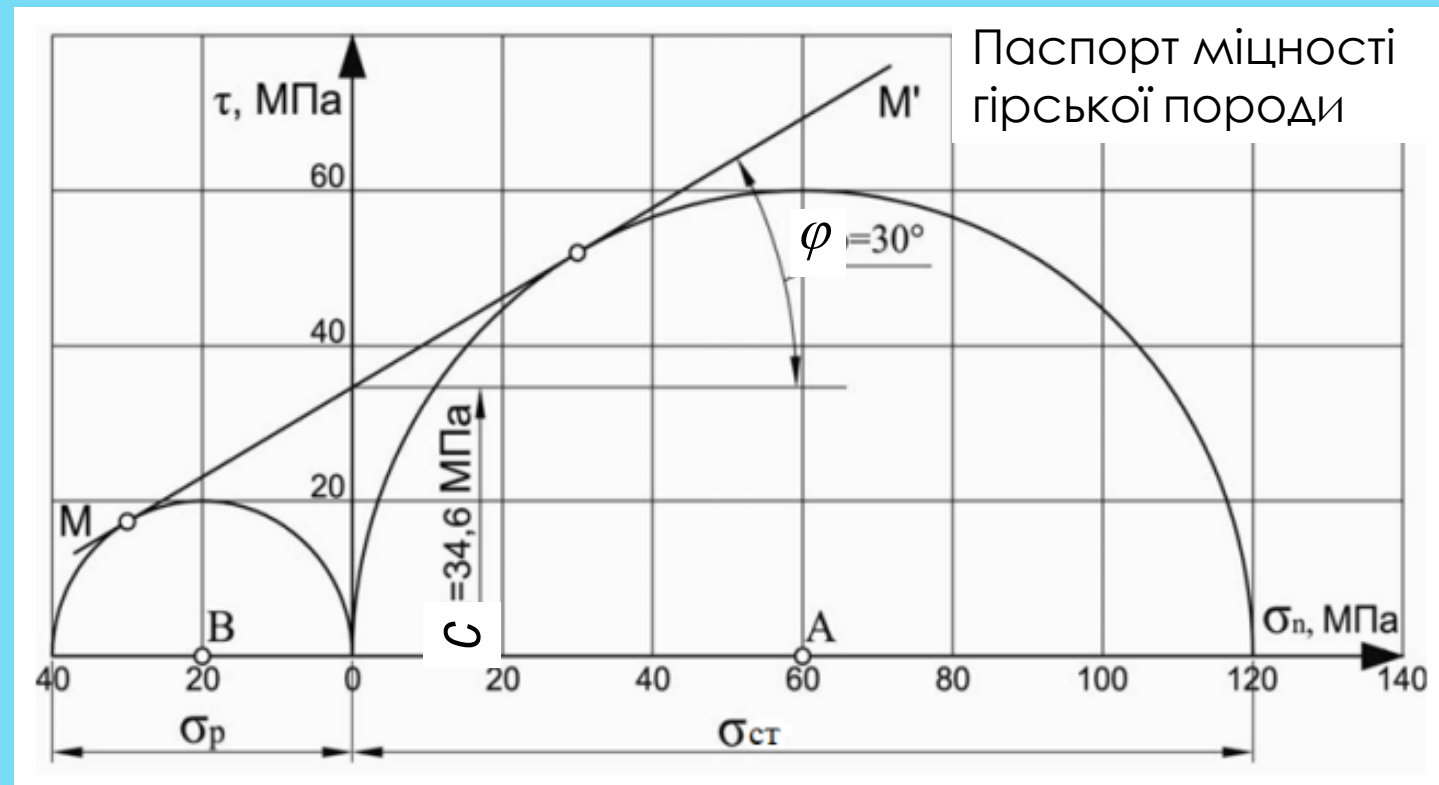
Пристрій випробування на зріз із стисненням:
1 – роликоче ліжко;
2 – нижня матриця;
3 – вкладиш;
4 – обойми;
5 – фольга;
6 – верхня матриця;
7 – зразок;
8 – плити



Кут внутрішнього тертя φ – кут, який визначає залежність напружень зрізу від прикладених нормальних напружень. (Даний кут характеризує опір породи зрізу за рахунок тертя між частинками гірської породи).

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{d\tau}{d\sigma}$$

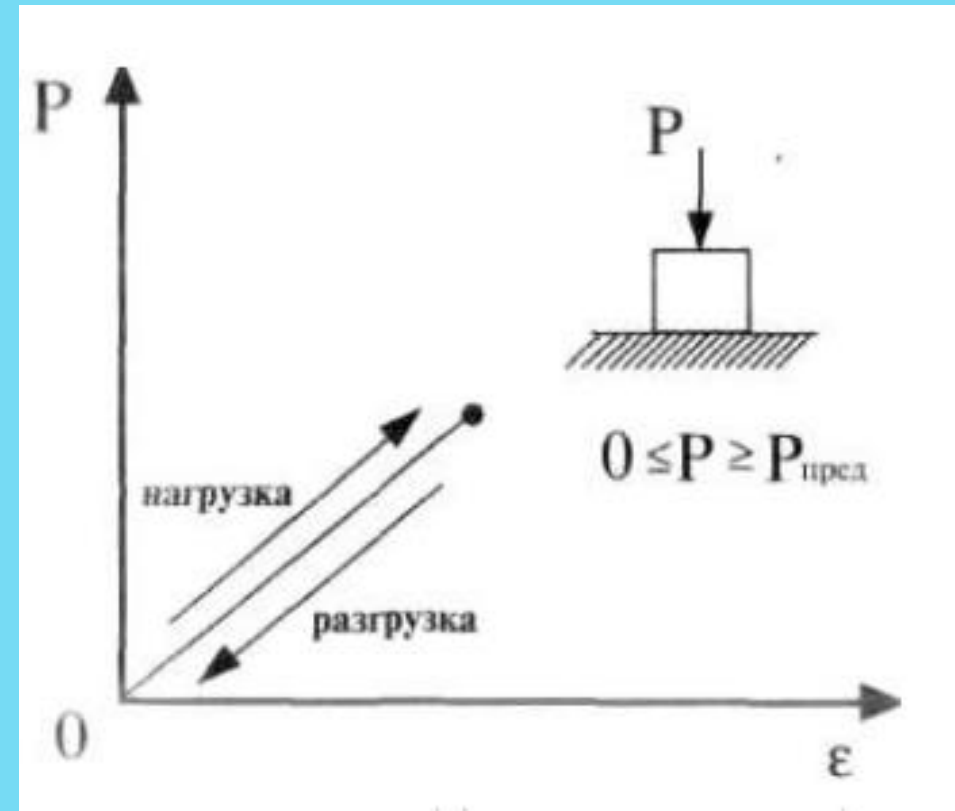
- **Зчеплення, C** – характеризує опір породи зрізу без нормальних напружень. Цей параметр характеризує сили зчеплення мінеральних частинок породи між собою.



► **Пружні** властивості гірських порід визначаються:

- модулем пружності при одновісних напруженнях (модуль Юнга),
- модулем зсуву,
- модулем об'ємної пружності,
- коефіцієнтом поперечних деформацій (коефіцієнтом Пуассона).

Пружність – властивість порід змінювати свою форму й об'єм під дією зовнішнього навантаження і відновлювати первісний стан після усунення впливу



Модуль пружності (модуль Юнга), E – відношення нормальних напружень до відносної лінійної деформації зразка, яка виміряна за напрямом прикладення навантаження:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_l} \cdot [\text{МПа}]$$

► **Коефіцієнт Пуассона** – це Відношення відносних поперечних $\varepsilon_{\text{поп}}$ і повздовжніх $\varepsilon_{\text{пов}}$ деформацій

$$\mu = \frac{\varepsilon_{\text{поп}}}{\varepsilon_{\text{пов}}} = \frac{\Delta d \cdot l_0}{d_0 \cdot \Delta l}$$

де d_0 і l_0 – поперечний і повздовжній розміри зразка до деформації, мм;
 Δd і Δl – абсолютні поперечна і повздовжня деформації, мм.

Відносна лінійна деформація – відношення абсолютної лінійної деформації, взятої по модулю, до відповідного розміру зразка:

$$\varepsilon_l = \frac{|\Delta l|}{l} = \frac{|l_\partial - l|}{l}$$

де Δl – абсолютна деформація; l – початкова довжина зразка; l_∂ – довжина деформованого зразка.

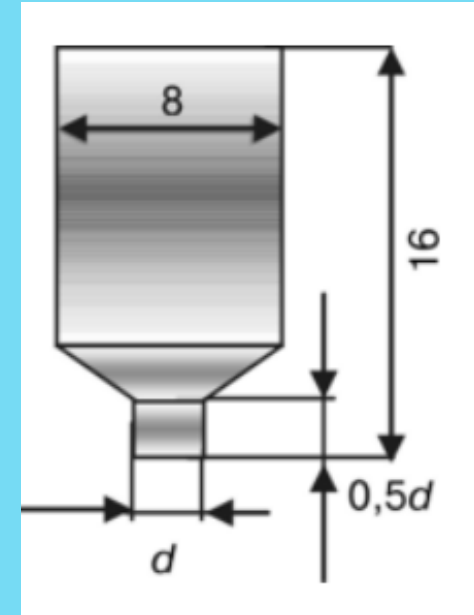
Модуль зсуву, G – відношення дотичних напружень до величини відносного зсуву (Θ), МПа:

$$G = \frac{\tau}{\Theta} \quad G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

$$\Theta = \frac{\pi/2 - \alpha}{\pi/2}$$

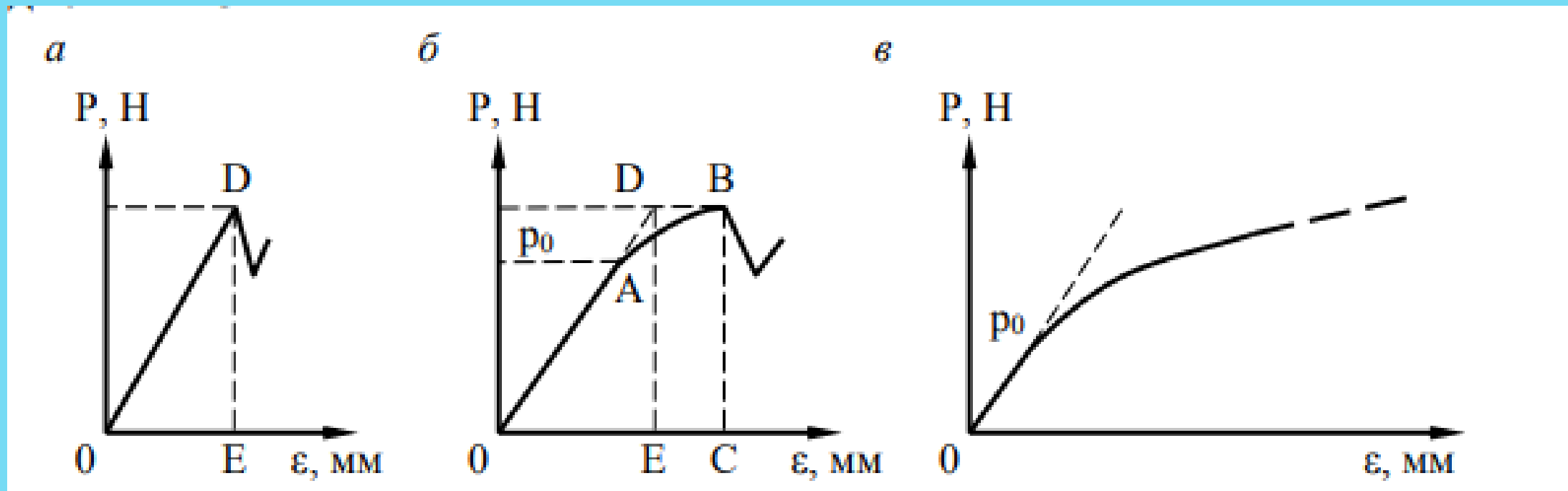
де α - кут нахилу грані зразка після деформування зусиллями зсуву (в радіанах).

- ▶ **Твердість** – опір породи вдавлюванню в неї іншого більш твердого тіла (індентора), пружною деформацією якого можна знехтувати.
- ▶ Існує багато методів оцінки твердості гірських порід, заснованих на вдавлюванні в породу наконечників, дряпанні, стиранні і різанні породи.
- ▶ За розповсюдженим методом Л.А. Шрейнера, твердість порід визначають шляхом вдавлювання у відшліфовану поверхню зразка породи штампа з гладким торцем площею 2 мм² (для твердих порід) і 5 мм² (для порід малої твердості).



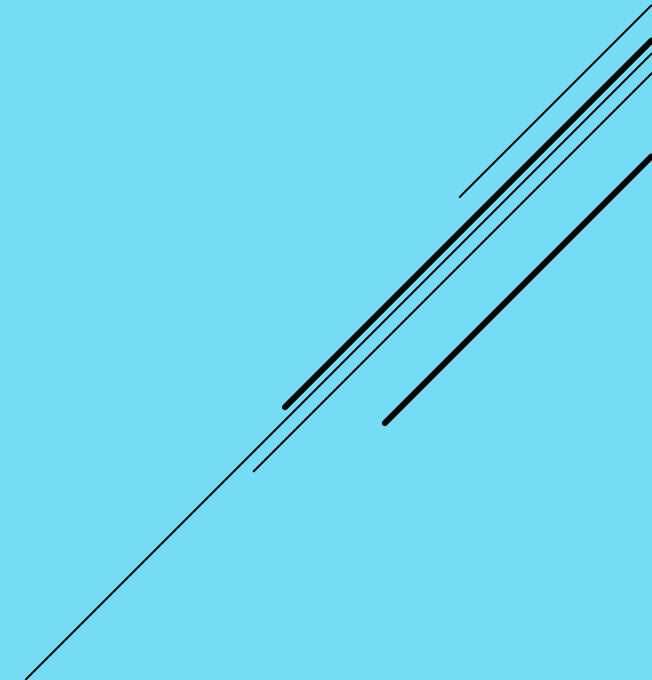
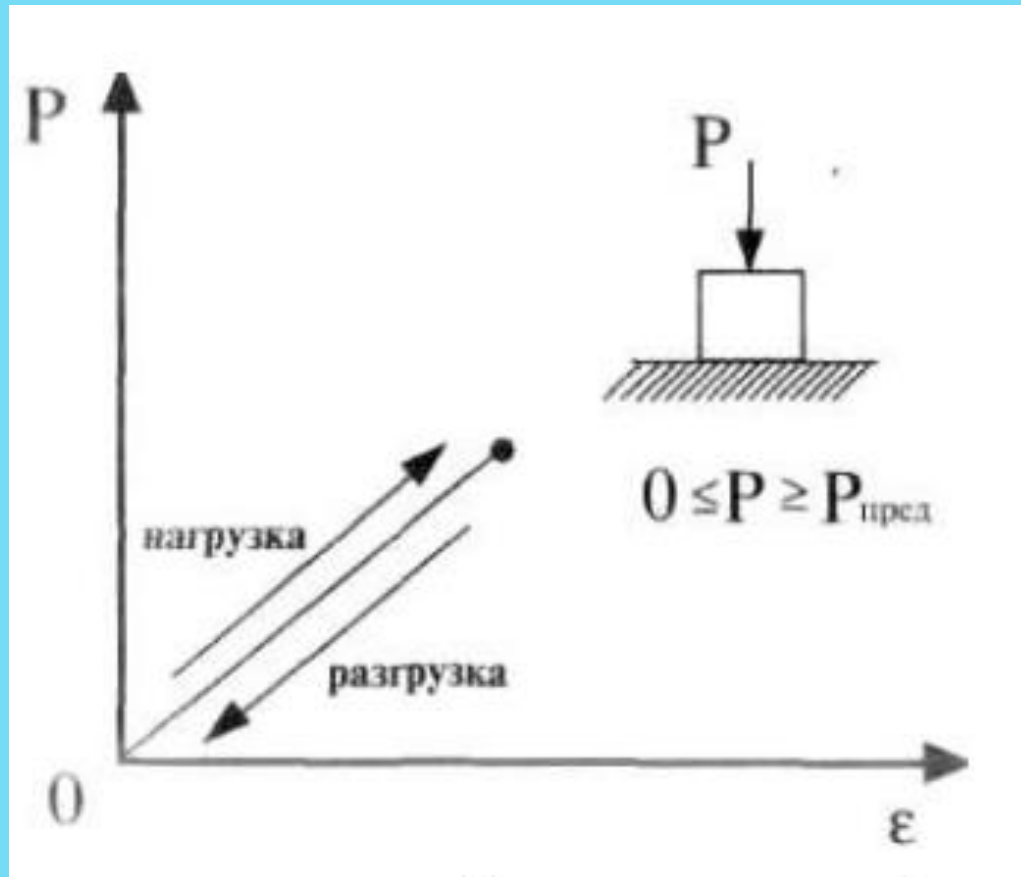
$$P_{шт} = \frac{P_p}{S_{шт}},$$

де P_p – навантаження, що відповідає межі міцності на вдавнення (визначаються відповідно до максимальної ординати діаграми деформації в момент руйнування); $S_{шт}$ – площа штампа.

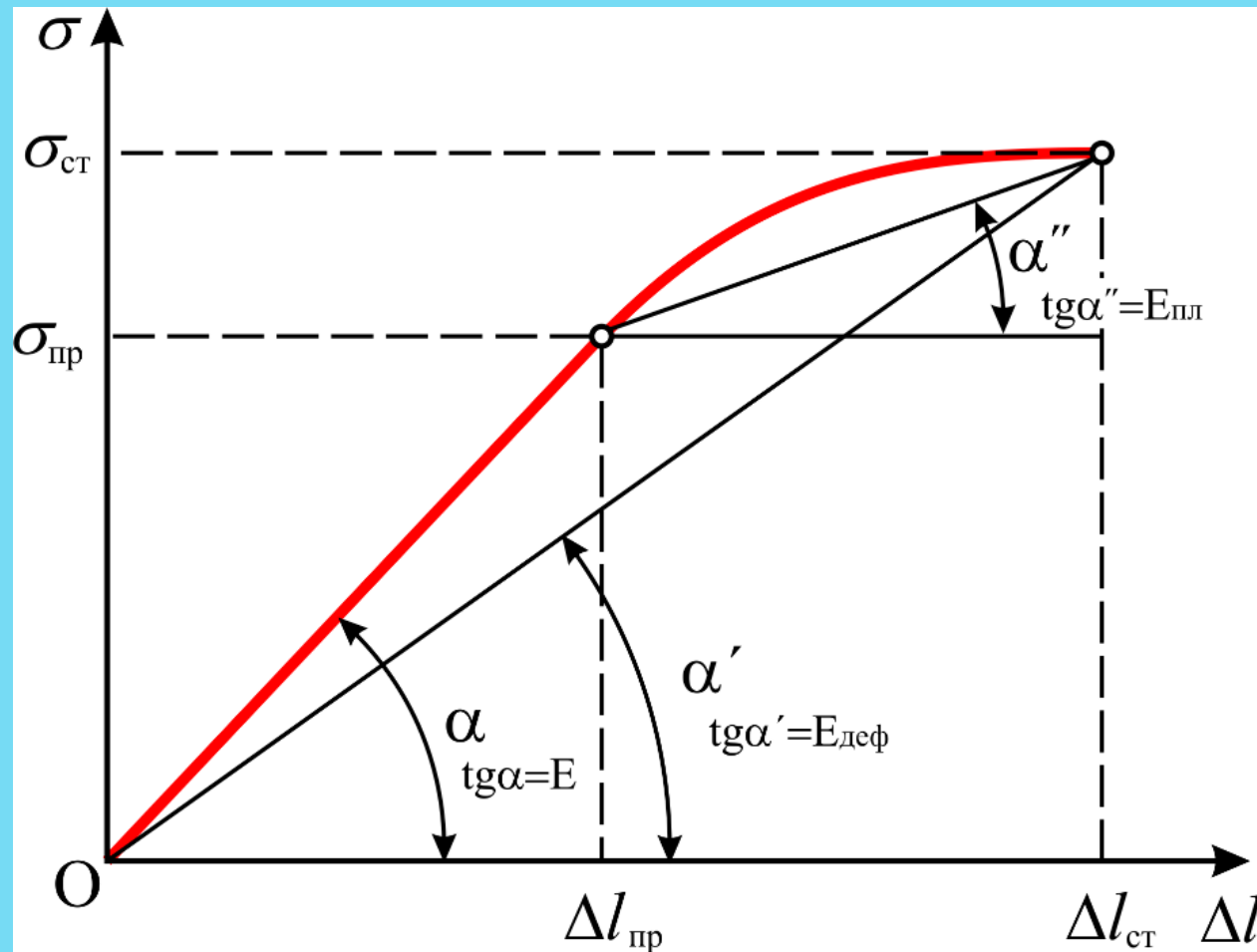


Діаграми руйнування гірських порід (за Л.А. Шрейнером):
 а – крихких (граніт, кварцит); б – пластичнокрихких (вапняк);
 в – високопластичних (кам'яна сіль або глини); P – зусилля на штамп; ϵ – деформація зразка; p_0 – межа текучості - ступень твердості

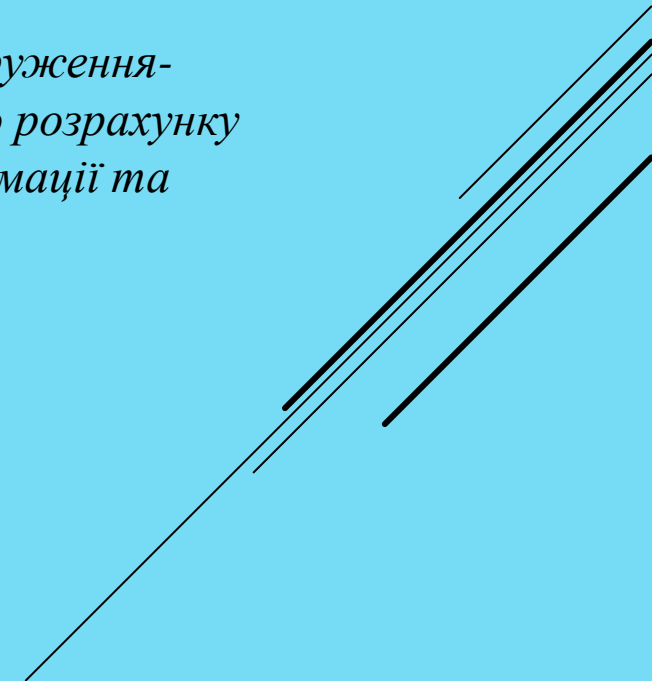
Пружність – властивість порід змінювати свою форму й об'єм під дією зовнішнього навантаження і відновлювати первісний стан після усунення впливу



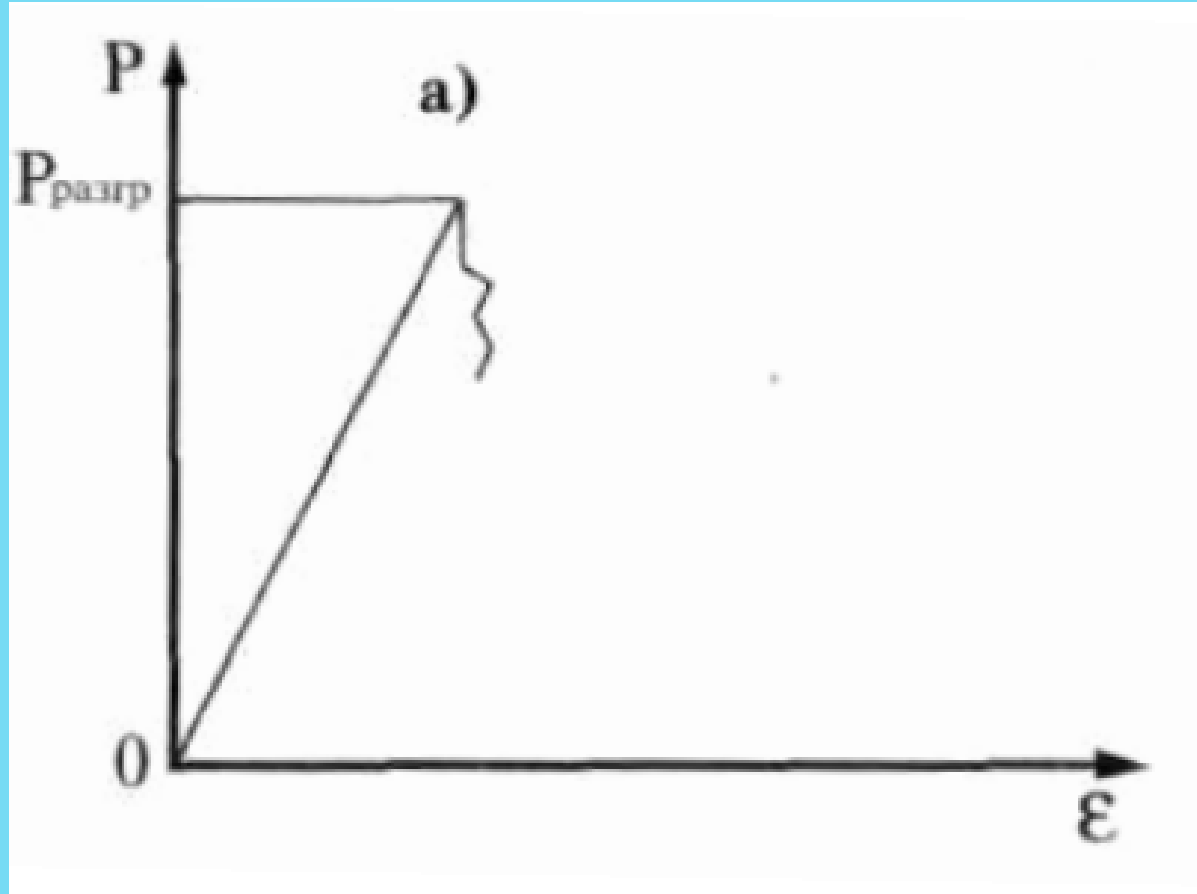
- **Пластичність** – властивість порід необоротно деформуватися під дією зовнішніх сил або внутрішніх напружень, тобто зазнавати пластичну (залишкову) деформацію без порушень суцільності матеріалу.



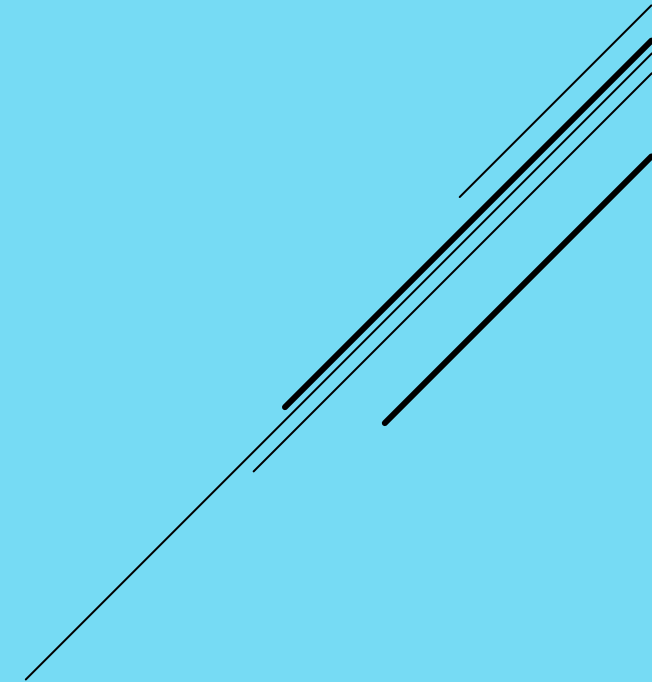
Діаграма напруження-деформація до розрахунку модулів деформації та пластичності



- **Крихкість** – здатність гірських порід набувати незворотніх (залишкових) деформацій після зняття навантаження.



Крихкість гірських порід



- ▶ **Абразивність гірських порід** — здатність гірських порід зношувати тверді тіла, які контактують з ними (деталі машин, бурових доліт, інструменти і т.і).
- ▶ Абразивність оцінюють за ступенем зносу штифтів, стержнів, металевих кілець, які труться об поверхню порід при свердлінні або різанні, а також за ступенем стирання порід абразивними матеріалами.
- ▶ **Тривкість гірських порід** — здатність гірських порід чинити опір руйнуванню під дією зовнішніх сил.
- ▶ **Буримість гірських порід** — опірність гірських порід руйнуванню в процесі буріння.
- ▶ **Вибуховість гірських порід** (висаджуваність) — характеристика спротиву гірських порід руйнуванню під дією вибуху
- ▶ **Водопроникність гірських порід** — здатність порід пропускати через себе воду (через пористість — пори, тріщини і т.і.) під дією гравітаційної сил, напору або капілярного підняття.
- ▶ **Термостійкість гірських порід** — властивість г.п. зберігати міцність при високій т-рі. Зниження міцності породи при нагріванні відбувається внаслідок проростання тріщин в породі під впливом розтягуючих напружень, які виникають при розширенні нагрітого об'єму породи, гравітаційної сил, напору або капілярного підняття.

- ▶ **Стійкість гірських порід** (рос. *устойчивость горных пород*, англ. *stability of rock*, нім. *Standfestigkeit f der Gesteinen*) — здатність порід зберігати рівновагу при їх оголенні.

Розділяють породи на групи:

- ▶ дуже нестійкі (не допускають оголення покрівлі та боків виробки без кріплення — сипкі, пухкі та пливунні породи),
- ▶ нестійкі (допускають невеликі за площею оголення покрівлі, боків виробки та вимагають підтримання безпосередньо за вийманням),
- ▶ середньої стійкості (допускають оголення на відносно невеликій площі без підтримання безпосередньо за вийманням, вимагають підтримання через деякий час),
- ▶ стійкі (допускають значне оголення та вимагають кріплення лише в окремих місцях),
- ▶ дуже стійкі (допускають великі площі оголення та не вимагають підтримання).

ρ – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

K – зчеплення породи, МПа;

σ_{cm} – межа міцності на стиск, МПа;

σ_p – межа міцності на розтяг, МПа.

σ_n – 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;

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

K_m – зчеплення породи у масиві, МПа;

α – коефіцієнт структурного послаблення;

l_{cp} – середній розмір структурного блоку, м;

K_p – розрахункові значення зчеплення породи, МПа;

ρ_p – кута внутрішнього тертя, град;

η_p – коефіцієнт запасу міцності (стійкості) породи;

H_{90} – висота укосу, м;

γ – об'ємна вага породи, кН/м^3

η_θ – коефіцієнт запасу стійкості породи;

S_{τ_y} – площа епюр утримуючих сил;

S_{τ_c} – площа епюр зсувних сил.



ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН

Товщина океанічної кори становить у середньому 7–10 км.

Товщина континентальної кори коливається в межах 30–50 км.

Розплавлені породи піднімаються до поверхні.

Мантия — шар завтовшки 2865 км.

Діаметр внутрішнього ядра за розрахунками сягає 2444 км.

Товщина зовнішнього ядра досягає 2260 км.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

