

МІЦНІСТЬ ПРИ ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Лекція 3.

проф. Шукаєв С.М.

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

2012 р.

Зміст лекції

- **БАГАТОЦИКЛОВА ВТОМА**

- Вплив експлуатаційних факторів на величину границі витривалості
- Вплив асиметрії циклу;

Граничні діаграми напружень:

- Діаграма граничних напружень циклу;
 - Діаграма граничної амплітуди циклу;
 - Діаграма Мора-Коммерса-Яспіра.
-

Вплив конструкційних, експлуатаційних і технологічних факторів на величину границі витривалості

- Витривалість деталей машин та елементів конструкцій залежить не лише від властивостей матеріалу, з якого вони виготовлені, а й від виду деформації, асиметрії циклу, особливостей конструкції, розмірів, технології виготовлення, умов експлуатації та ін.
 - Кількісно вплив того чи іншого фактора оцінюється відповідним коефіцієнтом.
-

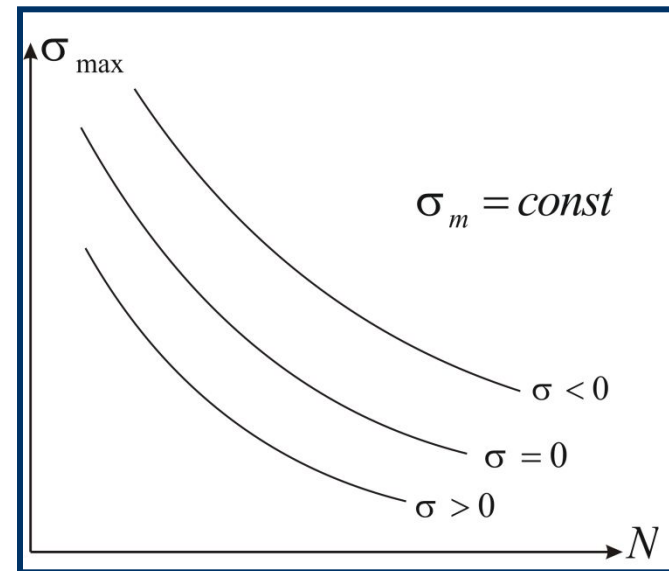
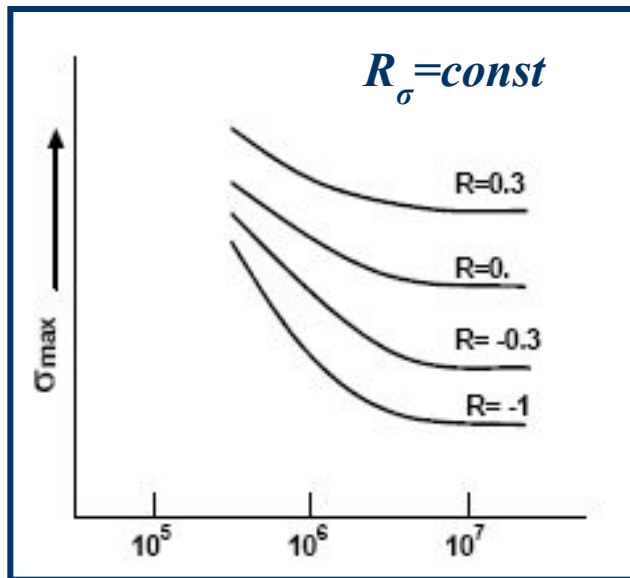
Вплив експлуатаційних факторів на границю витривалості

- До **експлуатаційних** відносять фактори, які характеризують силовий і температурний режими навантажування та агресивність зовнішнього середовища.
 - Змінні напруження, які діють на деталі машин та елементи конструкцій різняться частотою, формою циклу, асиметрією, послідовністю прикладання різноманітних навантажень. При цьому в елементах конструкцій виникають різні види напруженого стану. Всі ці фактори суттєво впливають на границю витривалості.
-

Вплив асиметрії циклу

Асиметрія циклу напружень є одним з найбільш суттєвих факторів, що впливають на довговічність матеріалу при циклічному навантаженні.

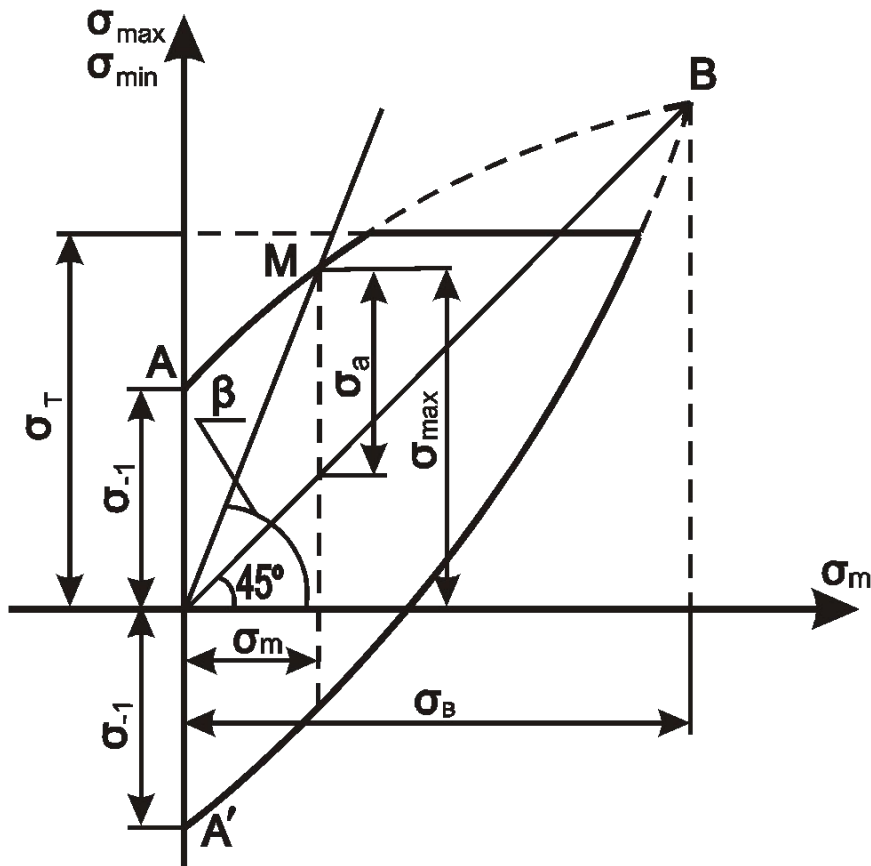
Існує два принципових типи випробувань при дослідженні впливу асиметрії циклу на довговічність матеріалу:



Вплив асиметрії циклу

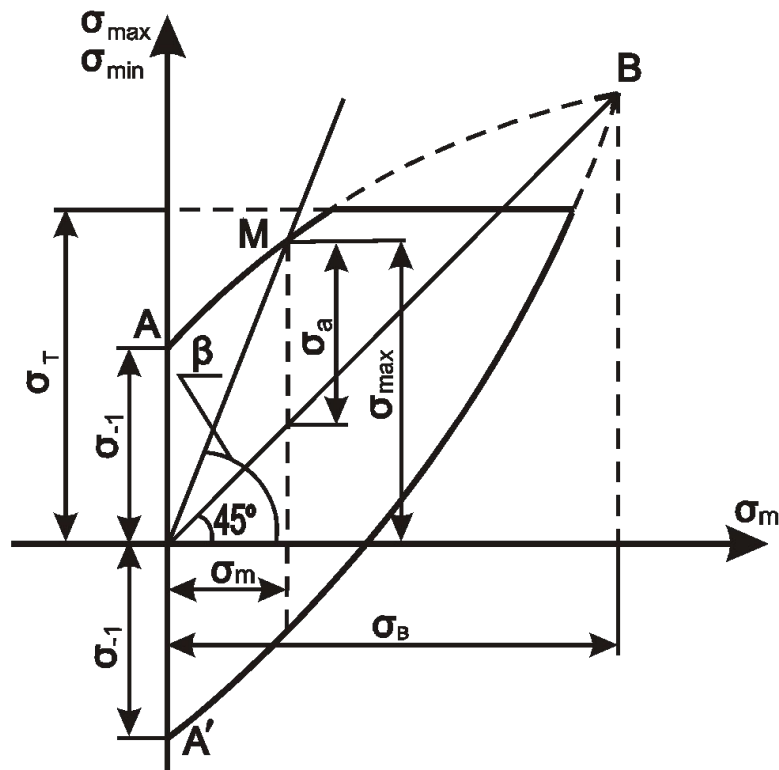
- Для аналітичного описання залежності границі витривалості від асиметрії циклу застосовують **граничні діаграми напружень**.
-

Діаграма граничних напружень циклу - діаграма Сміта



Графік, що характеризує залежність між значеннями граничного напруження і значеннями середнього напруження циклу для заданої довговічності, зветься діаграмою граничних напружень циклу

Діаграма граничних напружень циклу - діаграма Сміта



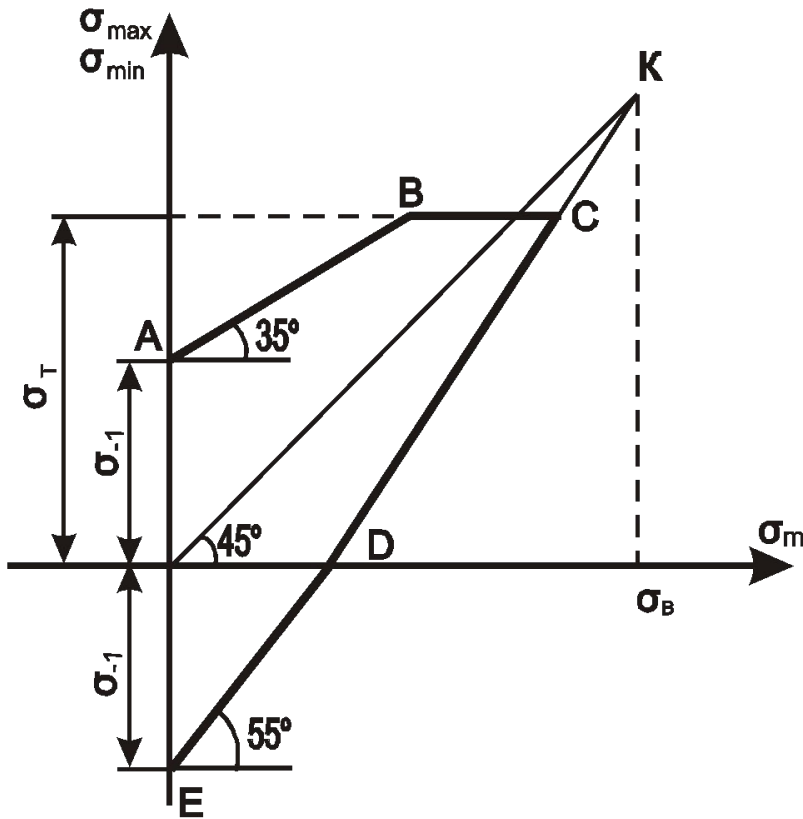
Пряма, що проходить через початок координат діаграми граничних напружень, є геометричним місцем точок з однаковою асиметрією циклу.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_m} = \frac{2 \cdot \sigma_{\max}}{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}} = \frac{2}{1 + R}$$

Ордината точки М - перетину прямої ОМ з кривою АВ - дорівнює границі витривалості для циклів з коефіцієнтом асиметрії R.

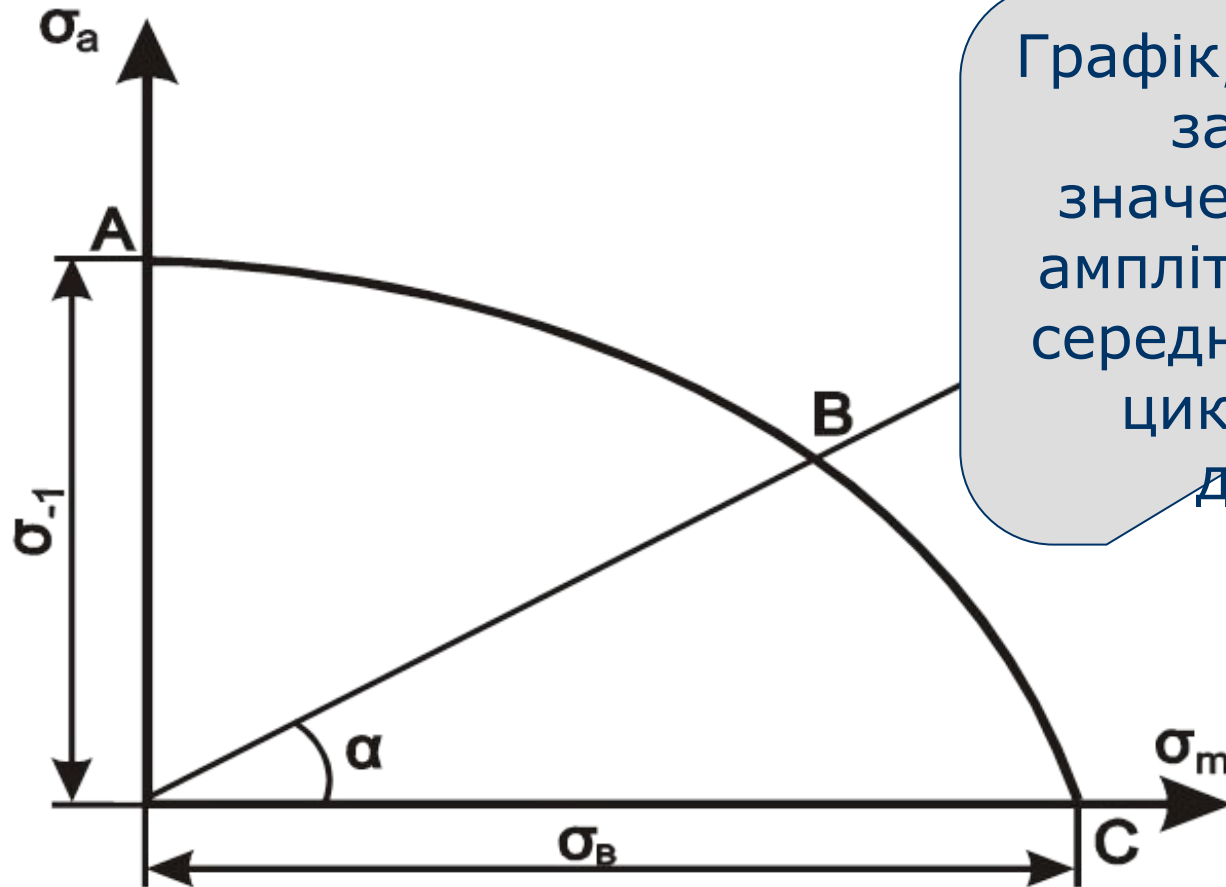
Діаграма граничних напружень циклу, продовження

Прискорена побудова діаграми Сміта для пластичних матеріалів



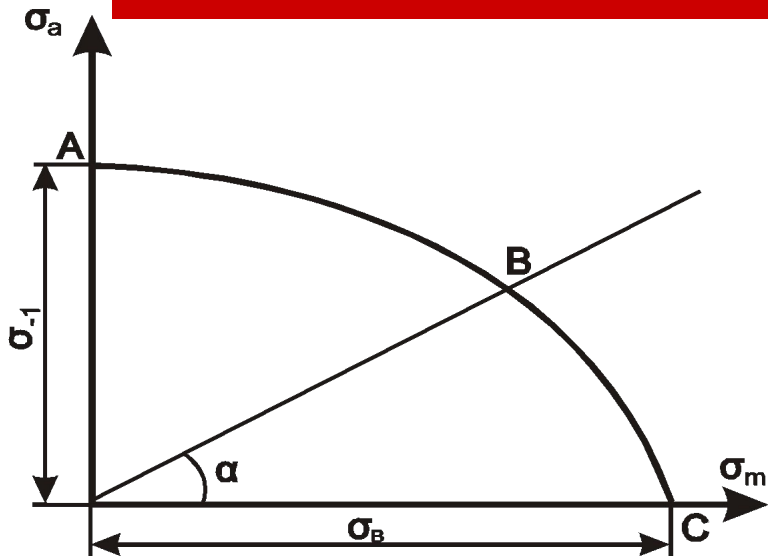
- 1) З випробувань $\sigma_{-1}, \sigma_B, \sigma_T$ визначаються значення
- 2) Будується пряма ED під кутом 55° до горизонтальної вісі.
- 3) Будується точка K.
- 4) Сполучаємо точки D і $K \rightarrow$ т.С.
- 5) Проводиться пряма АВ під кутом 35° до горизонтальної вісі.
- 6) Сполучаємо точки А, В, С, D, Е.

Діаграма граничної амплітуди циклу - діаграма Хейя



Графік, що характеризує залежність між значеннями граничної амплітуди і значеннями середнього напруження циклу для заданої довговічності

Діаграма граничної амплітуди циклу - діаграма Хейя



При знаходженні границі витривалості для заданого коефіцієнта асиметрії R на діаграмі граничних амплітуд необхідно через початок координат провести пряму OB під кутом α , тангенс якого дорівнює

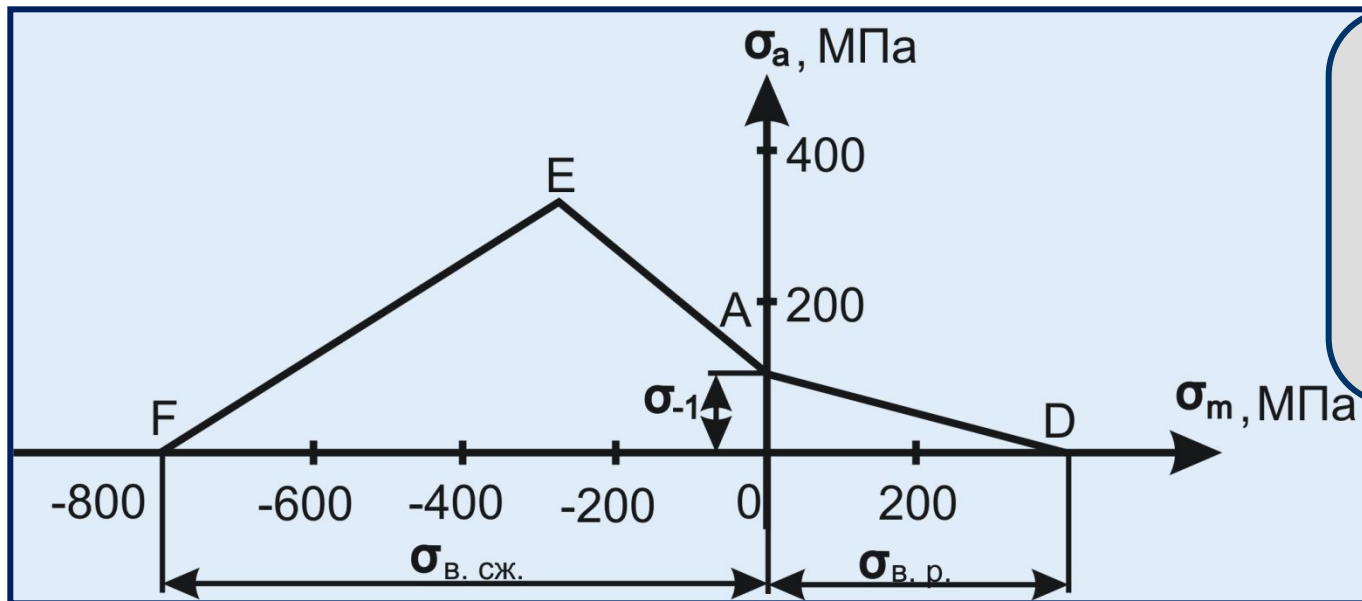
Сума абсциси та ординати точки B - перетину прямої з кривою AC - дає шукану величину границі витривалості σ_R .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma_a}{\sigma_m} = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}} = \frac{1 - R}{1 + R}$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_a^B + \sigma_m^B = \sigma_R$$

Діаграма граничної амплітуди циклу, продовження

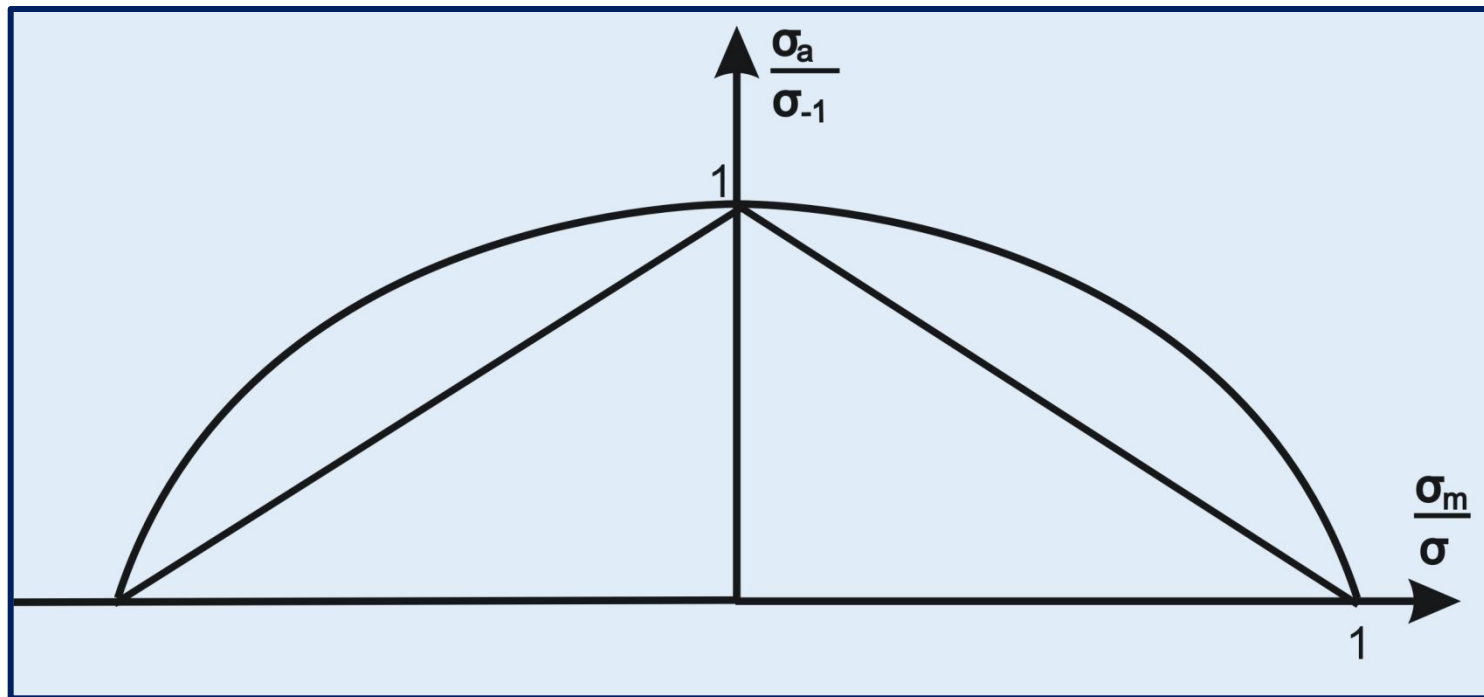
В області стискуючих напружень граничні амплітуди спочатку зростають, що особливо помітно у крихких матеріалів, наприклад, у сірого чавуну, границя міцності якого при стиску значно перевищує границю міцності при розтягу.



Типова
діаграма
граничних
амплітуд
напружень для
сірого чавуну

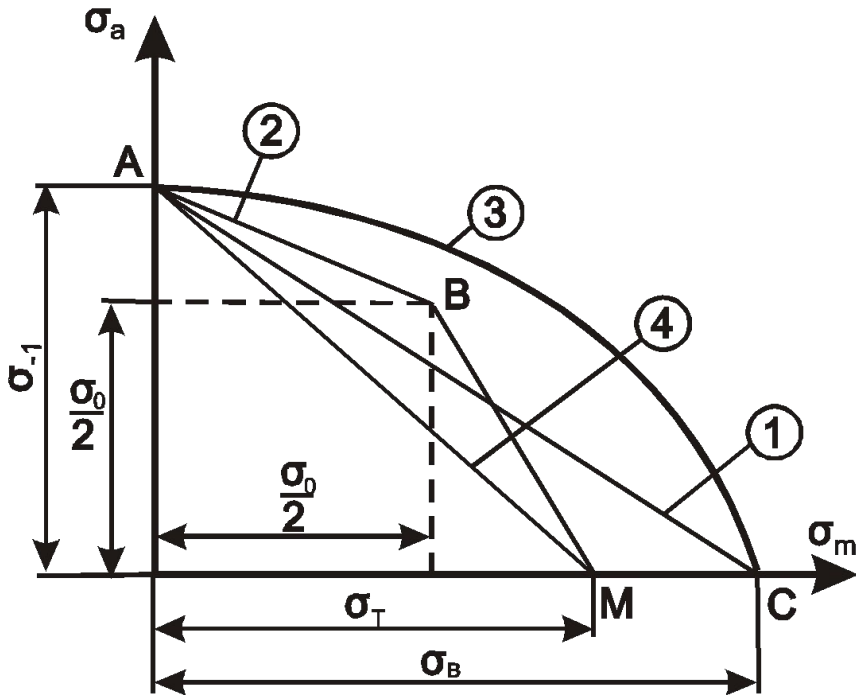
Діаграма граничної амплітуди циклу, продовження

Діаграму граничних амплітуд часто будують у відносних координатах.



Діаграма граничної амплітуди циклу, продовження

Аналітичні апроксимації діаграми Хей



1. Гудман

$$\sigma_a = \sigma_{-1} - \psi \cdot \sigma_m \quad \psi = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_B}$$

2. Серенсен

$$\sigma_a = \sigma_{-1} - \psi \cdot \sigma_m \quad \psi = \frac{2\sigma_{-1} - \sigma_0}{\sigma_0}$$

3. Гербер

$$\sigma_a = \sigma_{-1} [1 - (\sigma_m / \sigma_B)^2]$$

4. Зоденберг

$$\sigma_a = \sigma_{-1} [1 - (\sigma_m / \sigma_T)]$$

Діаграма граничної амплітуди циклу, продовження

ГОСТ 25.504-82

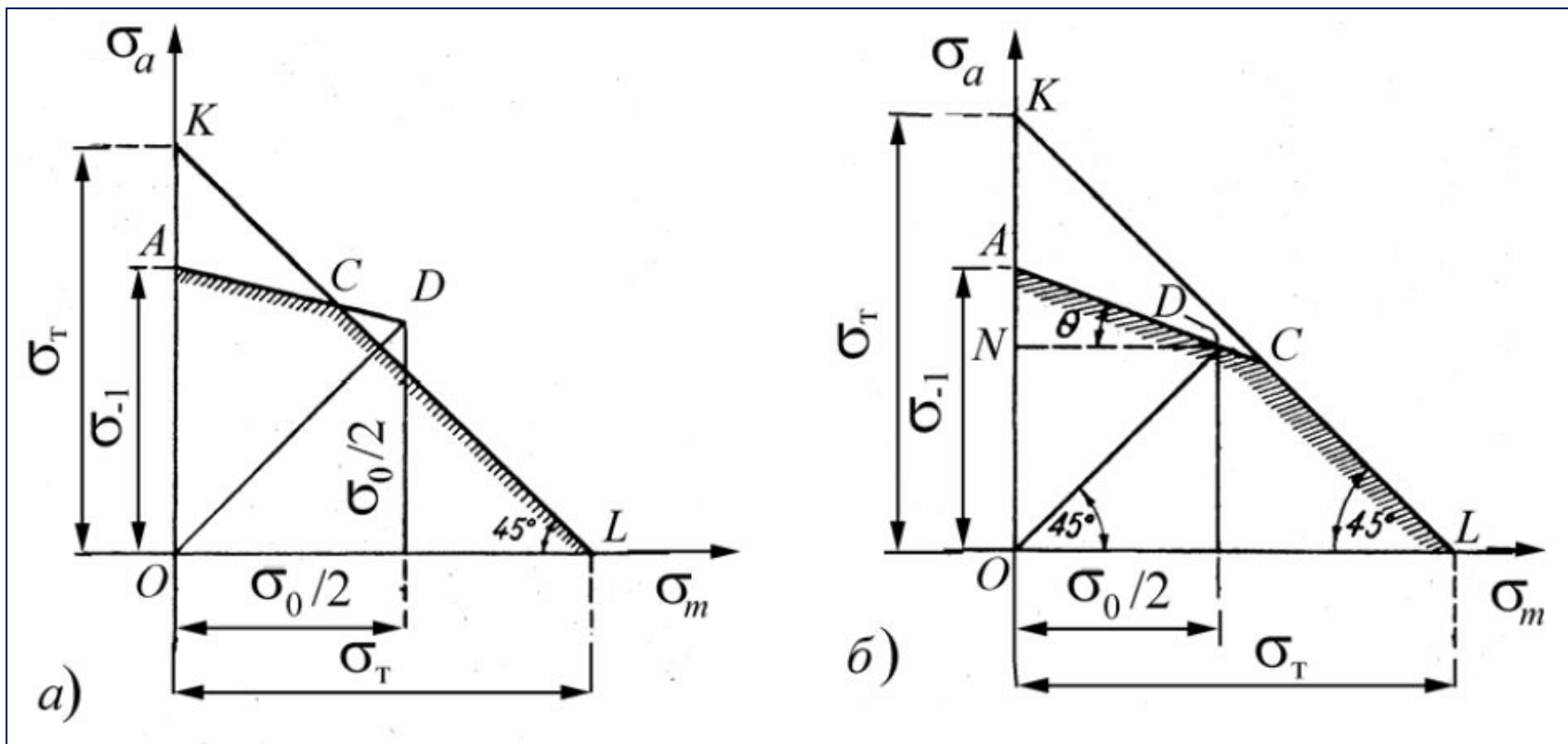
ψ коефіцієнт впливу асиметрії циклу на граничні амплітуди напружень

$$\psi_{\sigma} = 0,02 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_B$$

При крученні:

$$\psi_{\tau} = 0,01 + 10^{-4} \cdot \sigma_B$$

Діаграма граничної амплітуди циклу, продовження



Схематизовані діаграми Серенсена-Кінасшвілі

Діаграма граничної амплітуди циклу, продовження

Біргер, Степнов:

$$\sigma_a = \sigma_{-1} [1 - (\sigma_m / \sigma_B)^m] \quad m = 0,5 \dots 2,0$$

Голуб:

$$\sigma_a = \sigma_{-1} \left[1 - k_1 \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_{cm}} \right)^{k_3} - k_2 \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_{cm}} \right)^{k_4} \right]$$

σ_{cm} значення граничного напруження в умовах статичного навантаження

k_1, k_2 коефіцієнти пропорційності, які змінюються в залежності від типу матеріалу від нуля до одиниці

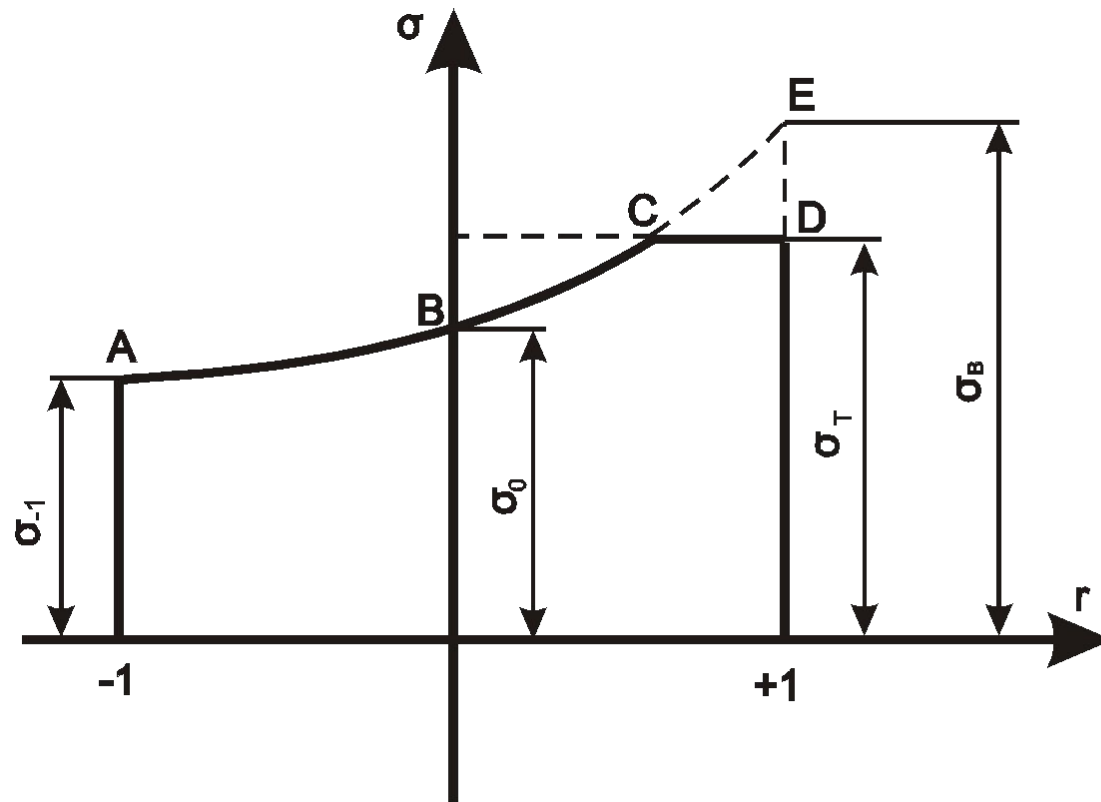
k_3, k_4 експериментальні коефіцієнти, які характеризуються типом матеріалу та рівнем температури

Діаграма граничної амплітуди циклу, продовження

Результати випробувань впливу середніх напружень циклу на величину границі витривалості свідчать про наступне:

- для сталей експериментальні дані у більшості випадків лежать між прямою Гудмана і параболою Гербера;
- для алюмінієвих сплавів має місце значне розсіювання, але основна їх сукупність концентрується симетрично параболі Гербера;
- для мідних та магнієвих сплавів більшість результатів знаходиться поблизу прямої Гудмана.

Діаграма Мора-Коммерса-Яспіра



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

