

МІЦНІСТЬ ПРИ ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Лекція 1.

проф. Шукаєв С.М.

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

2014 р.

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

- **Лектор:** проф. Шукаєв Сергій Миколайович

РОЗКЛАД		
Заняття	Аудиторія	День & Час
Лекції	249, корпус №1	2-й тиждень, Четвер, 8 ³⁰ -10 ⁰⁵
Практичні заняття		
МП-41м	315, корпус №1	Вівторок, 8 ³⁰ -10 ⁰⁵
МП-41с	315, корпус №1	Вівторок, 10 ²⁵ -12 ⁰⁰
Іспит		Грудень 2014 - січень, 2015
Самостійна робота	Наукова доповідь за темою курсу	Вересень 2014 р. - грудень 2014 р.

- **Іспит:** письмова робота (2-ві години)

Зміст лекції

- **Вступ**
- Історичний нарис
- Поняття про багатоциклову і малоциклову втому
- Повна крива втоми

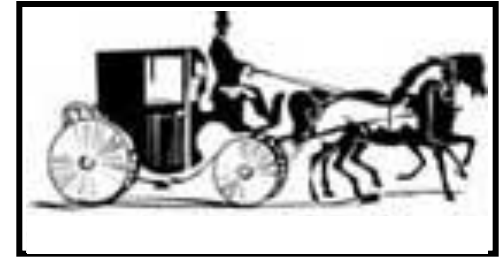
Вступ



80~90%
всіх відмов через
технічні негаразди
відбуваються внаслідок
втоми матеріалів

Втомне руйнування навколо нас





Вступ , продовження

Більше ніж два століття тому письменник **Мері - Анрі Бейль** (1783-1842), відомий всьому світу як **Стендаль**, написав у своїх «Нотатках туриста»:

"Крупною риссю проїздив я містечко Шаріте, як раптово, нібито щоб покарати за те, що я весь ранок думаю про пошкодження, до яких є схильним залізо, вісь моєї коляски несподівано зламалась... Я уважно оглянув структуру заліза в місці зламу вісі; залізо стало крупнозернистим, мабуть тому, що вісь служить вже давно".

В ті часи інженери вже усвідомлювали, що метал може іноді "зношуватися", і подібно Стендалю, вони помічали, що руйнування настає раптово, а метал в місці зламу має "зернисту" структуру.

Вступ, продовження



W.A.J. Albert
1787 – 1846

- Більшість оглядів з втоми матеріалів починається з дослідження Вільгельма Августа Юліуса **Альберта** – німецького гірничого адміністратора, що працював у гірському районі Грац, середня Німеччина. Результати дослідження були опубліковані у 1829 році.
- Альберт вивчав причини виходу з ладу підйомних машин у гірничій промисловості. В своєму дослідженні описав нездатність металевих шахтних ланцюгів опиратися впливу змінних малих навантажень.

Вступ, продовження



**Jean-Victor
Poncelet**
1788 – 1867

- Термін «втома» було вперше введено у 1839 році французьким вченим Ж.-В. Понселе, який виявив зниження міцності сталевих конструкцій під дією циклічних напружень.

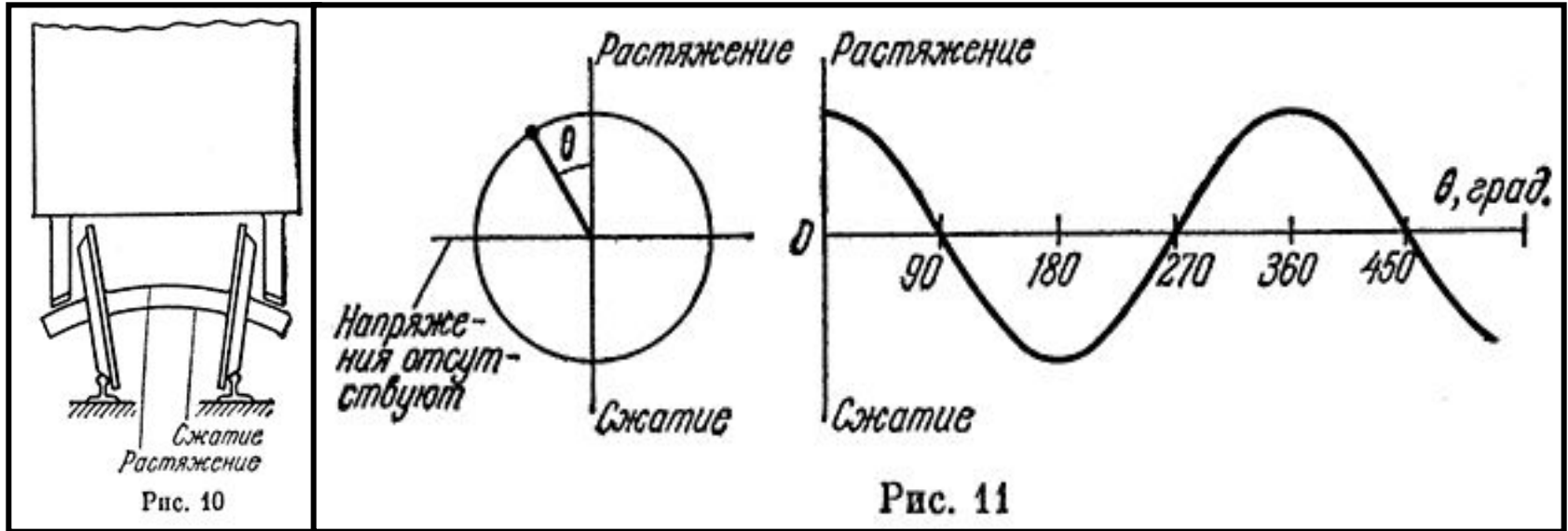
Вступ, продовження

Спостереження "зношування" заліза за циклічного навантажування протирічило раніше відомим даним щодо його поведінки за умов статичного навантажування.

Вісі транспортних засобів, ланцюги підйомних механізмів, деталі різноманітних механізмів руйнувались в процесі експлуатації при навантаженнях, що були значно нижчими навантажень, за яких відбувалося статичне руйнування.

Особливу гостроту питання дослідження явища втоми матеріалів набуло у зв'язку з розвитком залізничного транспорту.

Вступ, продовження



На рисунку показана вісь вагона. Верхня частина вісі розтягується, а нижня - стискається.

При обертанні осі фіксована точка на її поверхні піддається змінному циклу напружень.

Вступ, продовження



A. Wöhler
1819 - 1914

Після кількох попередніх досліджень проблеми міцності залізничних осей німецький інженер Август Велер в період з 1852 до 1870 р.р. здійснив перше систематичне дослідження явища втоми металів.

Він встановив, що з амплітудою знакозмінних напружень, які лише трохи менші за статичні граничні напруження, необхідно всього кілька циклів, щоб настало руйнування. Але якщо амплітуду знакозмінного напруження зменшувати, то число циклів, необхідних для доведення матеріалу до руйнування, зростає.

Вступ, продовження



Ця тенденція зберігається до тих пір, поки рівень знакозмінних напружень не зменшується до величини, що дорівнює приблизно $1/4$ або $1/3$ граничного напруження при статичному навантажуванні.

При цьому рівні знакозмінних напружень довговічність зразка виявляється нескінченною.

Вказане граничне напруження назвали ***границею витривалості матеріалу***.

Вступ, продовження



Л. Шпангенберг (Louis Spangenberg) у 1874 році вперше зобразив результати досліджень Веллера у графічному вигляді, які раніше були опубліковані у вигляді таблиць.

З тих пір графічне представлення залежності між амплітудою напруження циклу та числом циклів до руйнування називають **діаграмою (кривою) Велера**.

Вступ, продовження

- ❑ Таким чином, експериментальні дослідження і чисельні руйнування деталей машин вказують на те, що при змінних навантаженнях матеріал руйнується при напруженнях значно менших, ніж за статичного навантаження, тобто напруження руйнування може бути нижчим не тільки границі міцності, але і границі текучості та пружності матеріалу.
- ❑ Отже, границя міцності σ_B і границя текучості σ_T не можуть бути характеристиками міцності матеріалу при змінних напруженнях.
- ❑ У розрахунках на циклічну міцність в машинобудуванні використовується інша характеристика матеріалу, а саме, **границя втоми**, або **витривалості**, яка визначається з випробувань матеріалу при змінних напруженнях.

Вступ, продовження

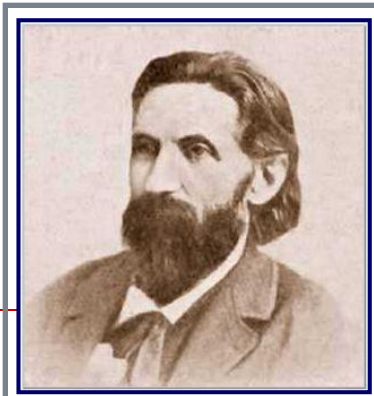
Якщо рівень змінних напружень перевищує границю витривалості, то у матеріалі деталі відбувається **процес поступового накопичення пошкоджень, який призводить до утворення тріщин, їх розвитку і в кінці кінців до руйнування деталі.**

Цей процес **називають втомою матеріалу**, а відповідне руйнування – **втомним**.



Проблема попередження втомних руйнувань актуальна для всіх галузей машинобудування, особливо для тих, де аварії призводять до катастрофічних наслідків (авіація, залізничний, морський транспорт і т. ін).

Вступ, продовження



Кирпичов
(1845 - 1913)

Дослідження світового рівня з втоми матеріалів були виконані вченими КПІ:

- 1913 рік - опубліковано монографію В.Л. Кирпичова “Втома металів”.
- 1914 рік – опубліковано дослідження проф. М.О. Воропаєва з втоми чавунів.
- 1920 -1922 р.р. – проф. К.К. Симінським виконані дослідження мостового заліза на втому.

Поняття про багатоциклову і малоциклову втому

- Поняття втоми охоплює дві області циклічного навантажування і деформування, які різко відрізняються одна від одної, в кожній з яких руйнування є наслідком дії різних фізичних механізмів. У зв'язку з цим розрізняють **багатоциклову** і **малоциклову** втому.
 - Під **багатоцикловою втомою** розуміють втому матеріалу, за якої втомне пошкодження і руйнування відбуваються без помітного накопичення деформацій (головним чином за пружної деформації).
 - **Малоциклова втома** – це втома матеріалу, за якої втомне пошкодження і руйнування відбуваються в основному під час пружнопластичного деформування.
- УВАГА!** Принциповою відмінністю малоциклової втоми від багатоциклової є наявність пластичних деформацій у кожному циклі деформування.

Повна крива втоми

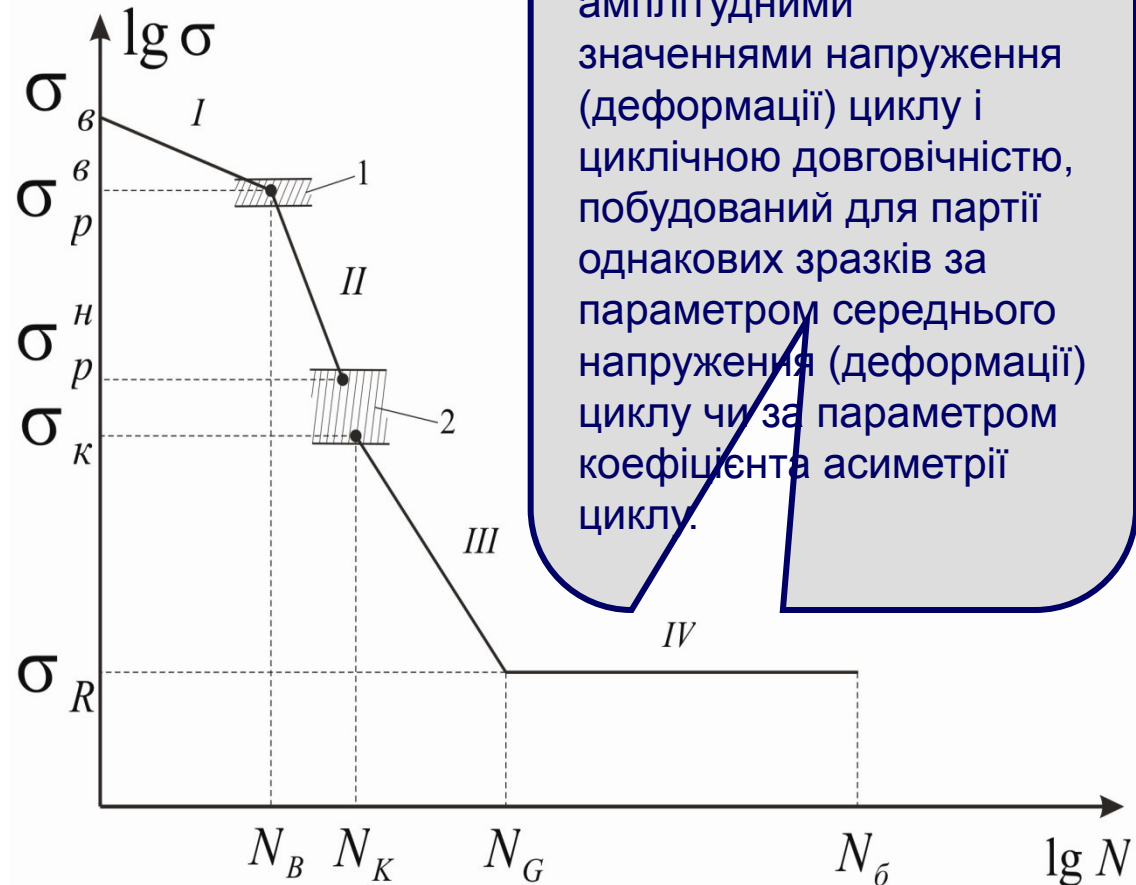
На повній кривій втоми при м'якому навантажуванні можна вказати такі характерні області:

I – область квазістатичного руйнування

II – область малоциклової втоми

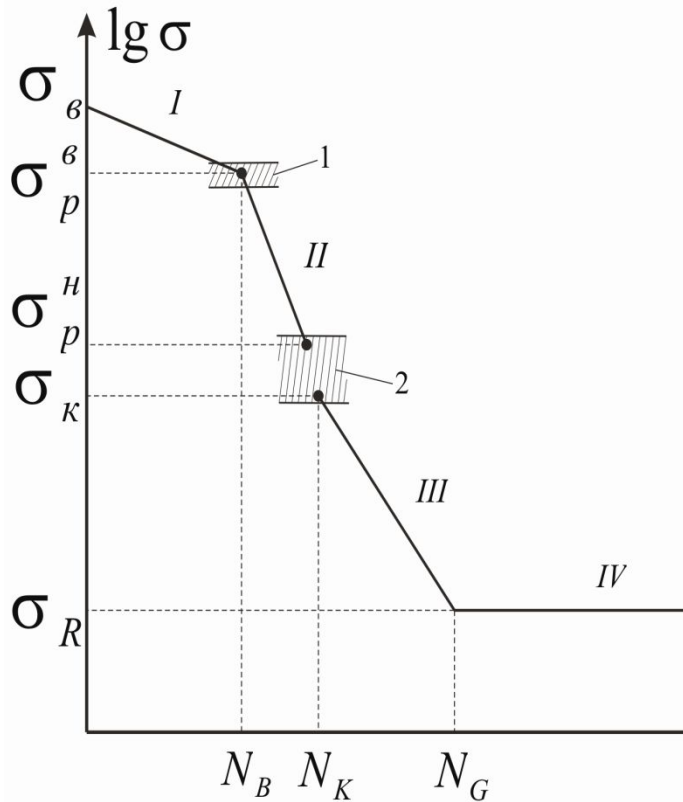
III, IV – область багатоциклової втоми

1, 2 – перехідні області



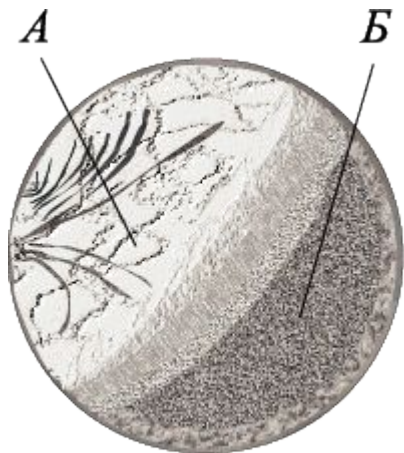
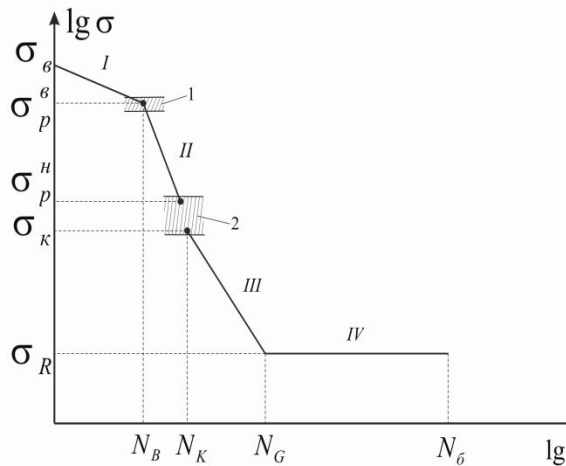
Крива втоми - графік, що характеризує залежність між максимальними чи амплітудними значеннями напруження (деформації) циклу і циклічною довговічністю, побудований для партії однакових зразків за параметром середнього напруження (деформації) циклу чи за параметром коефіцієнта асиметрії циклу.

Повна крива втоми, продовження



- Для різних металів і умов навантажування величина цих областей за кількістю циклів та інтервалами напруження можуть бути різними, але загальна форма кривої зберігається.
- На ділянці I, де напруження близькі до границі міцності, руйнування відбувається в результаті направленої пластичної деформування до величини граничної пластичної деформації досліджуваного матеріалу при статичному навантажуванні. Такий вид руйнування називається **квазістатичним**.

Повна крива втоми, продовження



- На ділянках II і III руйнування відбувається внаслідок виникнення і розвитку втомної тріщини.
- При руйнуванні чітко виділяють дві частини у поперечному перерізі зразка. Ці частини розрізняються за зовнішнім виглядом:
- Частина **A** має тонковолокнисту будову і відповідає області розвитку втомної тріщини;
- Частина **B** має крупнозернисту будову і мало чим відрізняється від поверхні крихкого зламу. Це, так звана, зона долому, що виникає на завершальній стадії руйнування через нестачу міцності.

Повна крива втоми, продовження

- Область квазістатичного руйнування може складатись як з десятків, так і тисячі циклів.
- Область малоциклової втоми має орієнтовний діапазон від $5 \cdot 10^2$ циклів до 10^4 циклів.
- Область багатоциклової втоми поширюється на довговічності, що перевищують 10^4 циклів.
- Межа між мало- і багатоцикловою втомою є умовною і визначається головним чином мірою непружності матеріалу в циклі навантажування і наявною пластичністю матеріалу. ***Для високопластичних сплавів перехідна зона зміщується в бік більших довговічностей, для крихких – в бік менших.***

Повна крива втоми, продовження

- На повній кривій втоми вирізняють два типи розривів:
- 1-ий: σ_p^B - напруження верхнього розриву, уявляє собою границю між квазістатичною і малоцикловою ділянками кривої втоми.
- 2-ий: σ_p^H - напруження нижнього розриву, яке відповідає границі між кривими малоциклової та багатоциклової втоми.
- Відповідні ділянки повної кривої втоми в цих точках можуть не збігатися, тобто маємо розриви.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

