

Вступ. Загальна характеристика дисципліни. Основні поняття опору матеріалів**Мета і задачі дисципліни. Система оцінювання**

Метою дисципліни є вивчення методів розрахунку напружено-деформованого стану елементів машинобудівних конструкцій, а також розрахунок цих елементів на міцність, жорсткість і стійкість. Визначення механічних властивостей конструкційних матеріалів і вивчення методик, що використовуються при цьому.

Завданнями вивчення дисципліни є:

- дати студентам необхідні теоретичні знання із опору матеріалів при дії на елементи конструкцій різних видів навантажень;
- сформулювати практичні навички щодо виконання розрахунків елементів конструкцій на міцність, жорсткість і стійкість;

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- методи розрахунків на міцність, жорсткість та стійкість елементів конструкцій машин при дії на них різних зовнішніх навантажень;
- способи та існуючі методики випробувань матеріалів з метою визначення механічних характеристик;

уміти:

- аналізувати напружено-деформований стан елементів конструкцій при дії різних видів навантажень;
- складати розрахункові схеми для визначення міцності, жорсткості та стійкості елементів конструкції;
- виконувати розрахунки на міцність, жорсткість і стійкість при різних видах навантажень

Оцінювання знань студентів з дисципліни здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- індивідуального завдання;
- вхідного, поточного і підсумкового тестування;
- іспиту.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування компетентностей, визначених у стандарті вищої освіти зі спеціальності 192 «Промислове та цивільне будівництво»:

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

СК01. Здатність використовувати концептуальні наукові та практичні знання з математики, хімії та фізики для розв'язання складних практичних проблем в галузі будівництва та цивільної інженерії.

СК04. Здатність обирати і використовувати відповідні обладнання, матеріали, інструменти та методи для проєктування та реалізації технологічних процесів будівельного виробництва.

Отримані знання є складовими наступних програмних результатів навчання:

РН01. Застосовувати основні теорії, методи та принципи математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук, сучасні моделі, методи та програмні засоби підтримки прийняття рішень для розв'язання складних задач будівництва та цивільної інженерії.

РН02. Брати участь у дослідженнях та розробках у сфері архітектури та будівництва.

РН04. Проєктувати та реалізовувати технологічні процеси будівельного виробництва, використовуючи відповідне обладнання, матеріали, інструменти та методи.

РН07. Виконувати збір, інтерпретацію та застосування даних, в тому числі за рахунок пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

РН08. Раціонально застосовувати сучасні будівельні матеріали, вироби та конструкції на основі знань про їх технічні характеристики та технологію виготовлення.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ

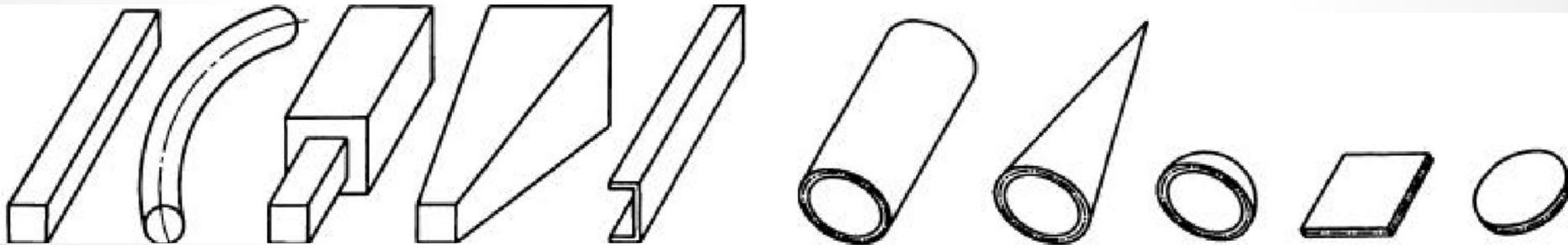
1.1. Об'єкти вивчення. Гіпотези та спрощення

Опір матеріалів – наука про інженерні методи розрахунків на міцність, жорсткість і стійкість елементів машин і конструкцій.

Конструкції – усі матеріальні об'єкти техніки, їх частини й деталі. Конструкцією вважається будівельний об'єкт в цілому або будь-яка його частина, що складається з двох та більше елементів.

До елементів конструкцій, з точки зору механіки, відносяться:

- стрижень (рис. 1, а) - елемент, у якого один із габаритних розмірів (довжина) набагато більша за розміри поперечного перерізу (ширину та висоту);
- оболонка (рис. 1, б) (пластина, плита) - елемент конструкції, який має один габаритний розмір (товщину) набагато меншу за довжину та ширину;
- об'ємний (масивний) елемент - елемент конструкції, який має всі габаритні розміри одного порядку.



а)

б)

Рис. 1. Елементи конструкцій машин та споруд. а – стрижні, б – оболонки

Міцність - здатність матеріалу чи конструкції витримувати механічне навантаження не руйнуючись:

Жорсткість - здатність конструкції та її елементів протидіяти пружним деформаціям, тобто здатність сприймати зовнішнє навантаження і деформуватися в допустимих межах.

Стійкість - здатність цих елементів зберігати під дією заданих сил певну початкову форму пружної рівноваги.

Для спрощення розрахунків конструкція замінюється розрахунковою схемою, а реальні властивості матеріалів і особливості їх роботи під навантаженням обумовлюється **геометричними, статичними та фізичними спрощеннями**:

1. Геометрична ідеалізація форми реальної деталі.
2. Статична ідеалізація стандартних видів навантаження, застосування стандартних видів закріплень конструкції.
3. Фізичні спрощення формулюються у вигляді гіпотез, які спрощують механічні властивості матеріалу:
 - гіпотеза суцільності та безперервності матеріалу (дозволяє не розглядати молекулярну будову речовини, а також усереднювати пористість матеріалів);
 - гіпотеза ізотропності - механічні властивості матеріалу у кожній точці однакові в усіх напрямках;
 - гіпотеза однорідності - властивості матеріалу вважаємо однаковими в усіх точках твердого тіла.
 - матеріал вважається абсолютно пружним - таким, що повертає первісну форму при знятті навантаження, залежності між розрахунковими параметрами приймаються лінійними;
 - при розрахунках деформації матеріалу вважаються настільки малими, що не приймаються до уваги;
 - поперечні перерізи, які були плоскими до деформування, залишаються плоскими.

1.2. Поняття про напруження і деформації

Деформацією називається зміна форми й розмірів твердого тіла, спричинена дією сил, зміною температури тощо. Деформації, супроводжуються появою напружень у тілі та поділяються на пружні (зникаючі, зворотні) й пластичні (залишкові).

Також деформація визначається у розумінні вимірюваної (або обчислюваної) величини (лінійні, кутові деформації).

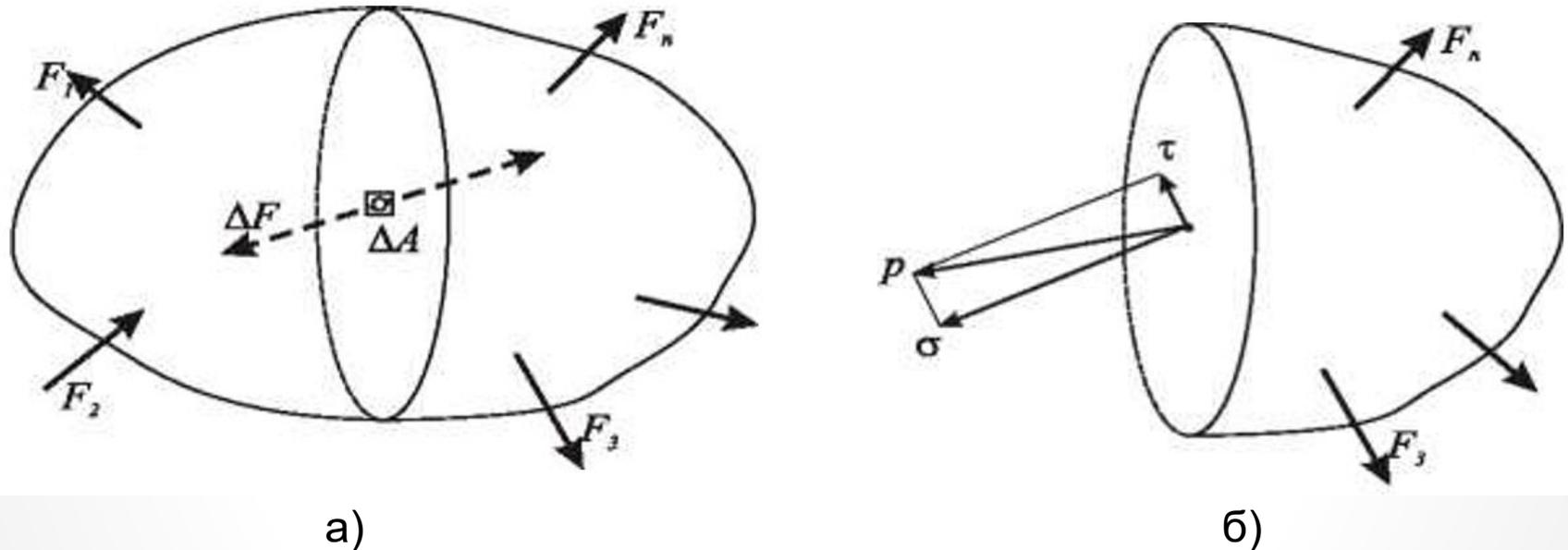


Рис. 2. Довільне тіло під дією зовнішніх сил F_i (а) та внутрішні зусилля і напруження у перерізі тіла

Механічне напруження - це зусилля (внутрішня сила), яке припадає на одиницю площі перерізу, проведеного подумки (методом перерізів) через дану точку тіла. Тобто, напруження - це інтенсивність внутрішніх зусиль.

Зовнішніми силами називають сили взаємодії між розглядуваним елементом конструкції та пов'язаними з ним тілами. Вони бувають сконцентрованими в точці, розподіленими по лінії, поверхні або за об'ємом.

Якщо через деяку ділянку тіла площею ΔA передається зусилля ΔP . Тоді, на цій ділянці виникає середнє напруження:

$$p_m = \frac{\Delta F}{\Delta A}.$$

Якщо враховувати нерівномірність розподілення внутрішнього зусилля по ділянці:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} = \frac{dF}{dA}. \quad 1 \text{ кГ} / \text{см}^2 = 9,81 \text{ н} / \text{см}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}.$$

У загальному випадку напруження p спрямоване під деяким кутом до площини перерізу. І розкладається на нормальну й дотичну складові:

$$p = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}.$$

Залежно від характеру прикладання сил у часі розрізняють навантаження статичні й динамічні. Статичне навантаження зростає від нуля до свого граничного значення, а далі залишається незмінним. Динамічне навантаження супроводжується значними прискореннями з виникненнями сил інерції, якими не можна нехтувати. Динамічні навантаження поділяють на миттєво прикладені, ударні та повторно-змінні.

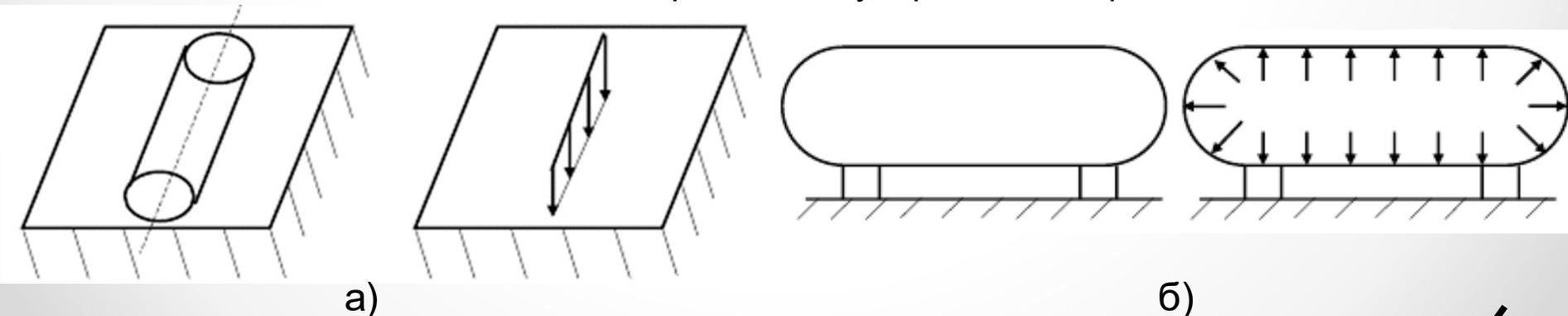


Рис. 3. Розподілені сили по лінії (а), та по площі (б)

1.3. Метод перерізів для визначення внутрішніх зусиль

Для виявлення і визначення внутрішніх сил в опорі матеріалів широко застосовують метод перерізів.

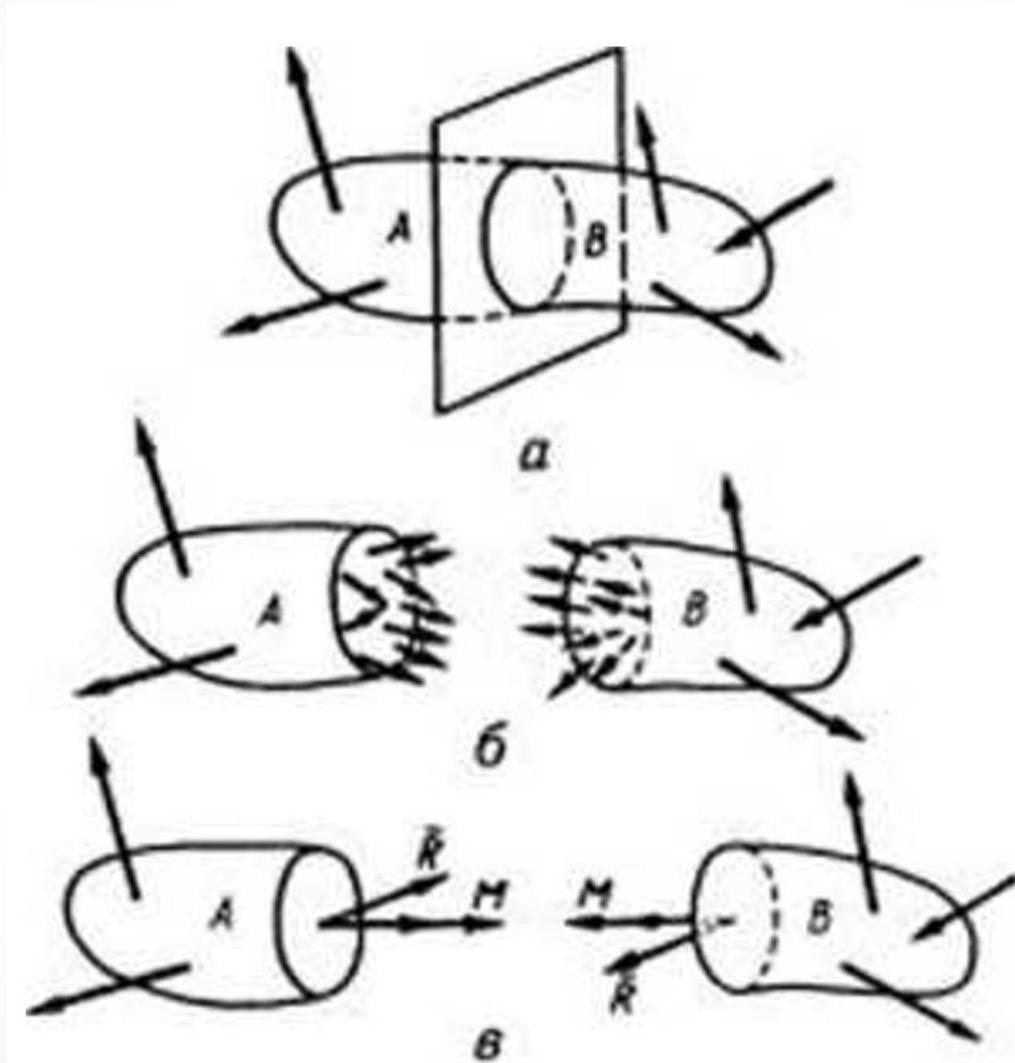
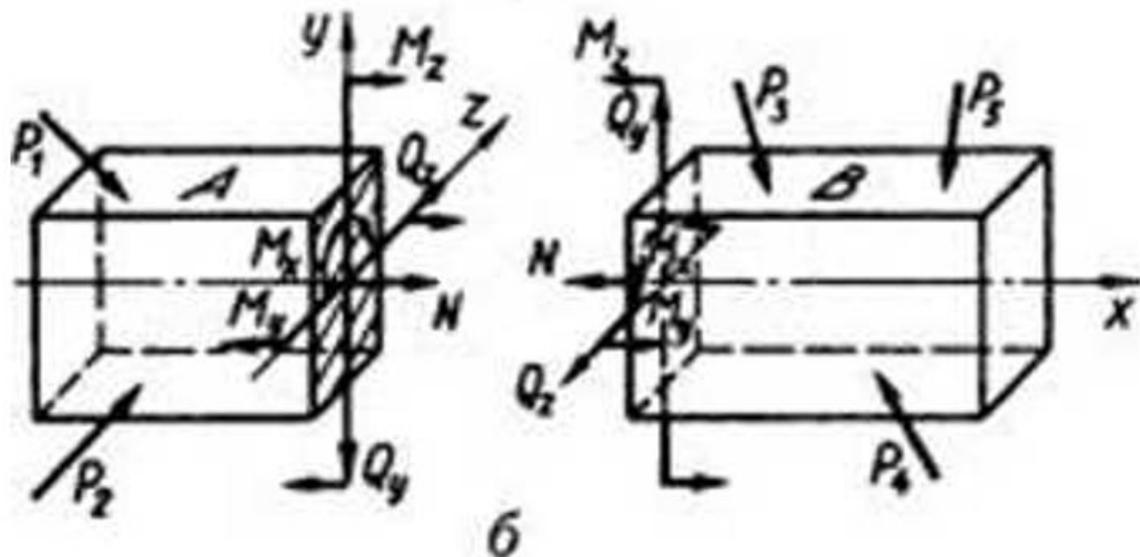
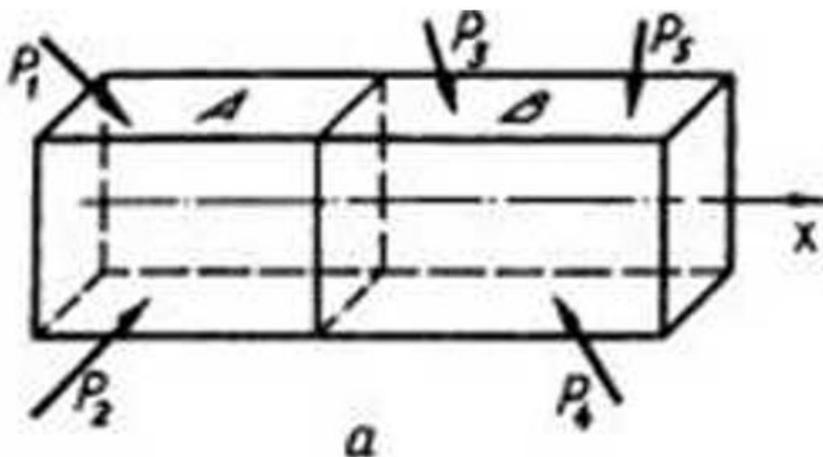


Рис.4. Визначення внутрішніх зусиль методом перерізів

Якщо головний вектор та головний момент внутрішніх сил спроекціювати на вісь поздовжню стрижня x та головні центральні осі перерізу y та z , то на кожному боці перерізу існуватиме шість внутрішніх силових факторів (рис. 4): три сили і три моменти. Ці величини називають внутрішніми зусиллями в перерізі стрижня.



Для зусиль і моментів у перерізі прийняті такі назви: N - поздовжня або осьова (напрямлена вздовж осі x стрижня) сила; Q_y, Q_z - поперечні (рідше - перерізувальні) сили; M_x - крутний момент; M_y, M_z - згинальні моменти.

Рис. 5. Визначення внутрішніх зусиль методом перерізів

Послідовність застосування методу перерізів:

- 1) визначити головні центральні осі поперечних перерізів стрижня;
- 2) подумки провести поперечний переріз стрижня в тому місці, де треба знайти зусилля та моменти;
- 3) визначити сили N та Q , та моменти $M_{кр}$, M_y , M_z , як алгебраїчні суми проекцій та моментів зовнішніх сил, що діють на одну із частин (ліву чи праву відносно перерізу) розсіченого стрижня (як правило, на ту, де проекції та моменти знаходяться простіше). Зусилля та моменти в різних перерізах одного й того самого стрижня різні. Графіки (діаграми), що показують, як змінюється внутрішнє зусилля при переході від перерізу до перерізу, називають епюрами. **Правила, що застосовують при побудові епюр:**

1. Вісь (базу), на якій будується епюра, завжди вибирають так, щоб вона була паралельна або просто збігалася з віссю стрижня.
2. Ординати епюри відкладають від осі епюри по перпендикуляру.
3. Штрихують епюри лініями, які перпендикулярні до бази.
4. Для зусиль та моментів вибирають певний масштаб. Також на епюрах проставляють числа, що показують значення характерних ординат, а в полі епюри в кружку ставлять знак зусилля.

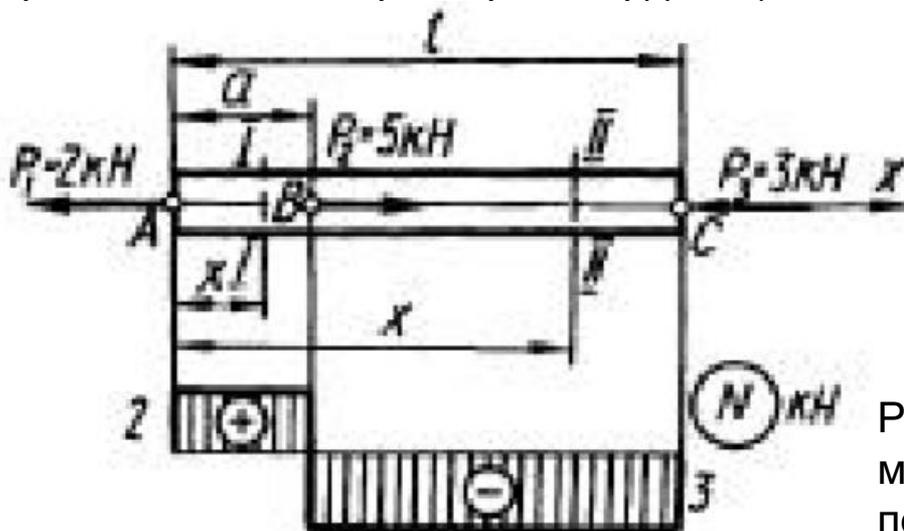


Рис. 5. Застосування методу перерізів та побудови епюр