ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

Лекція 5

Вступ. Основні поняття опору матеріалів

Викладач: доцент кафедри МІтаАТ
к.т.н. Степчин Я.А.

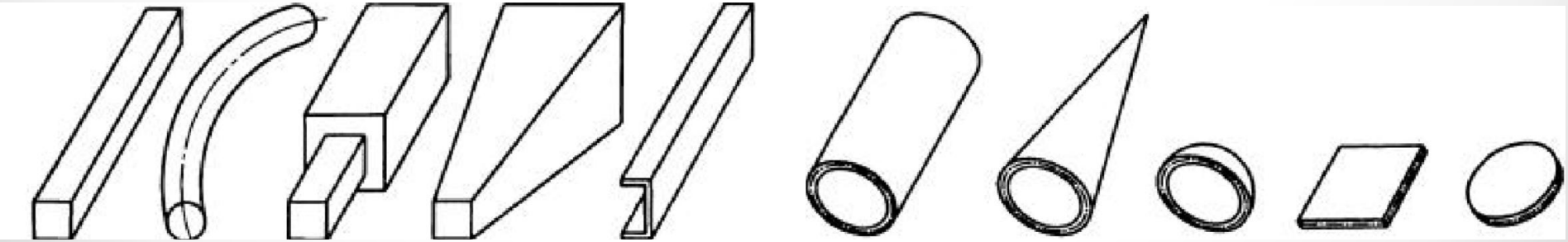
1.1. Об'єкти вивчення. Гіпотези та спрощення

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**:

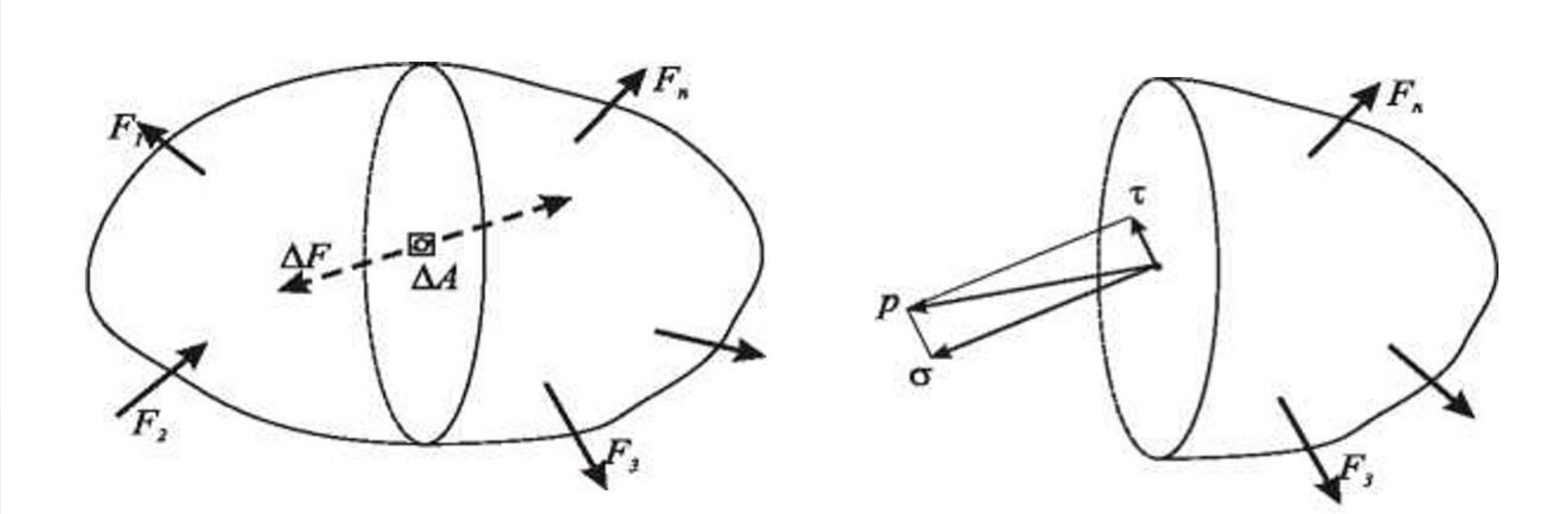
1. Геометрична ідеалізація форми реальної деталі.
2. Статична ідеалізація стандартних видів навантаження, застосування стандартних видів закріплень конструкції.
3. Фізичні спрощення формулюються у вигляді гіпотез, які спрощують механічні властивості матеріалу:

- 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 напрямах;
- 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).



а) б)

Рис. 2. Довільне тіло під дією зовнішніх сил Fi (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:

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

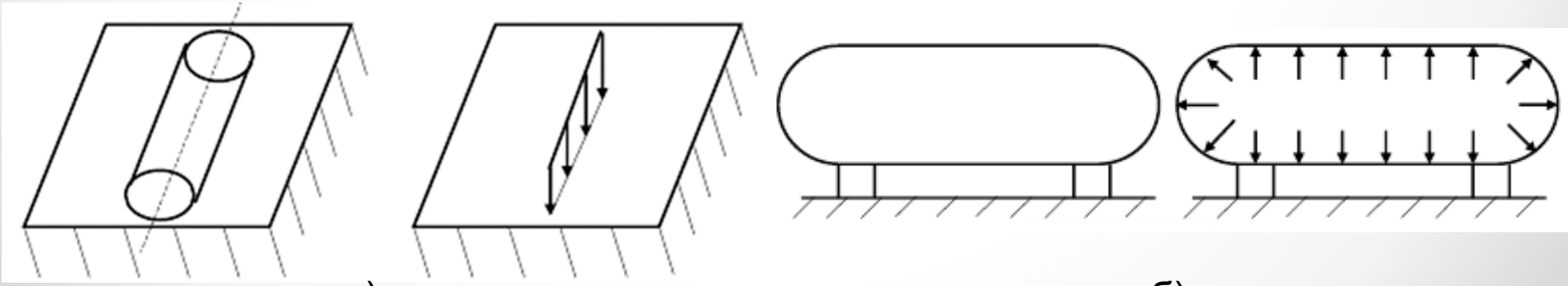
Якщо враховувати нерівномірність розподілення внутрішнього зусилля по ділянці:

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

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 розрізнюють 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.



а) б)

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.

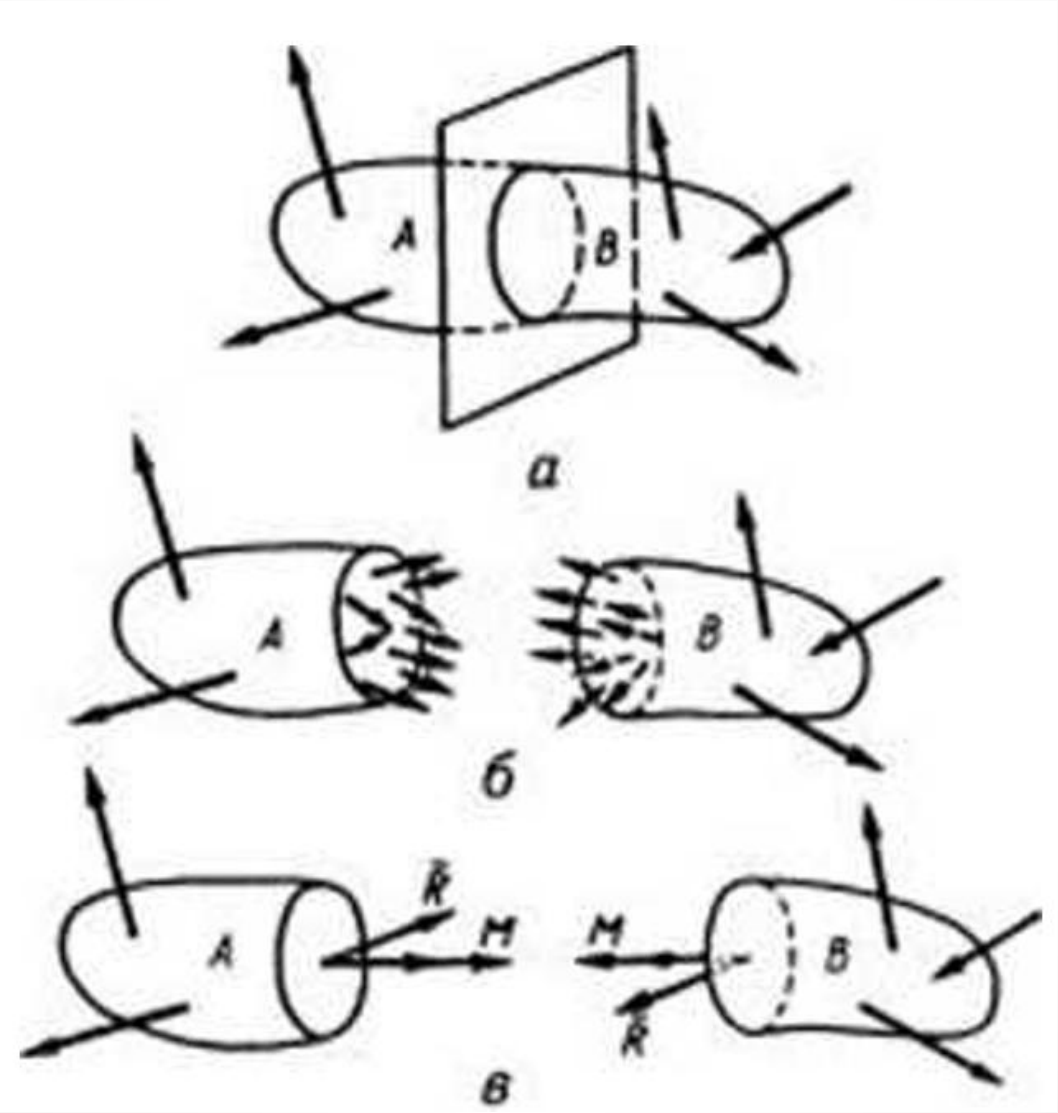
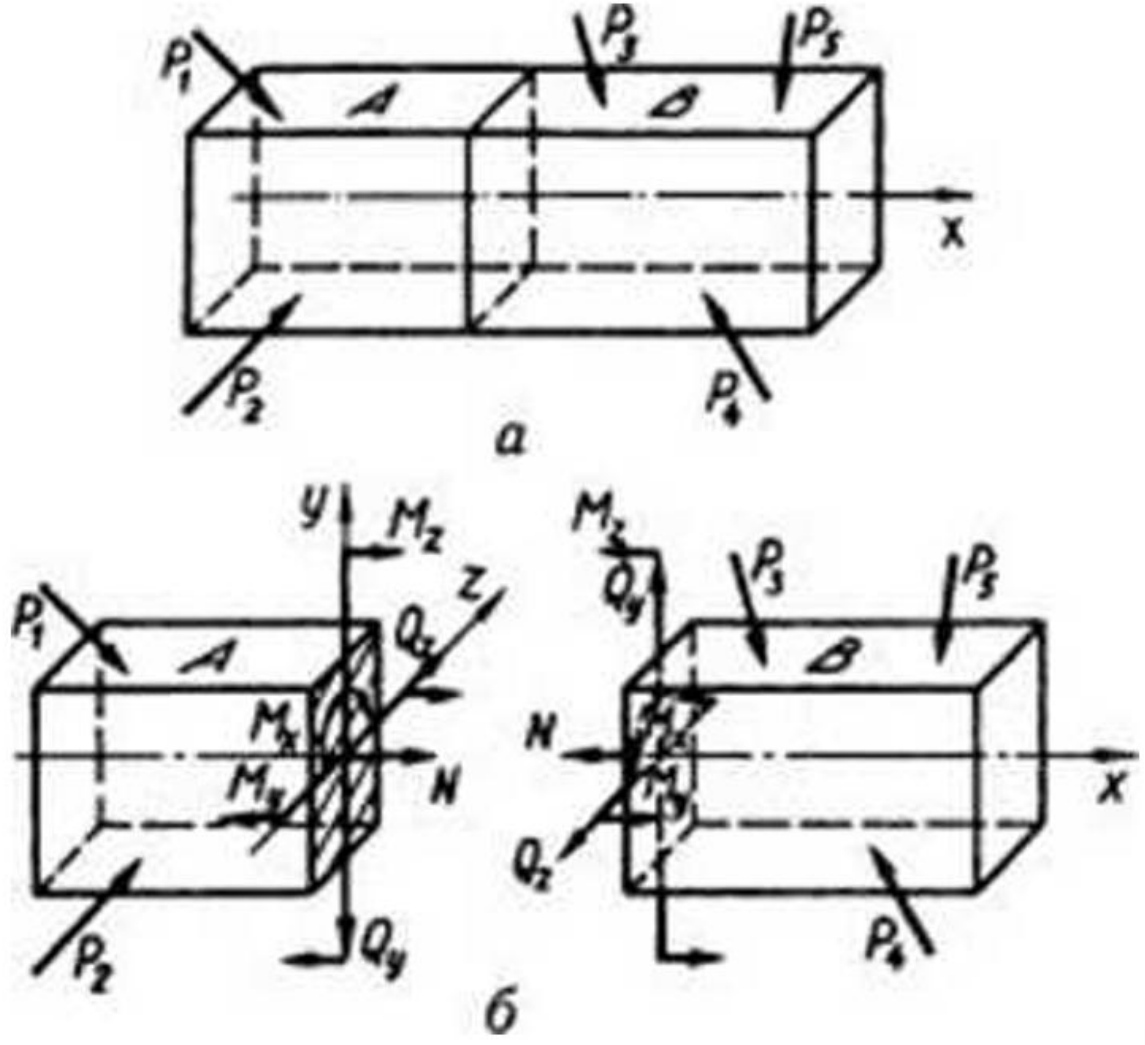


Рис.4. Визначення внутрішніх зусиль методом перерізів

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



Для зусиль і моментів у перерізі прийняті такі назви: N - поздовжня або осьова (напрямлена вздовж осі x стрижня) сила; Qy,Qz – поперечні (рідше – перерізувальні) сили; Mx -– крутний момент; My, Mz – 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 Мкр, My, Mz, 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.

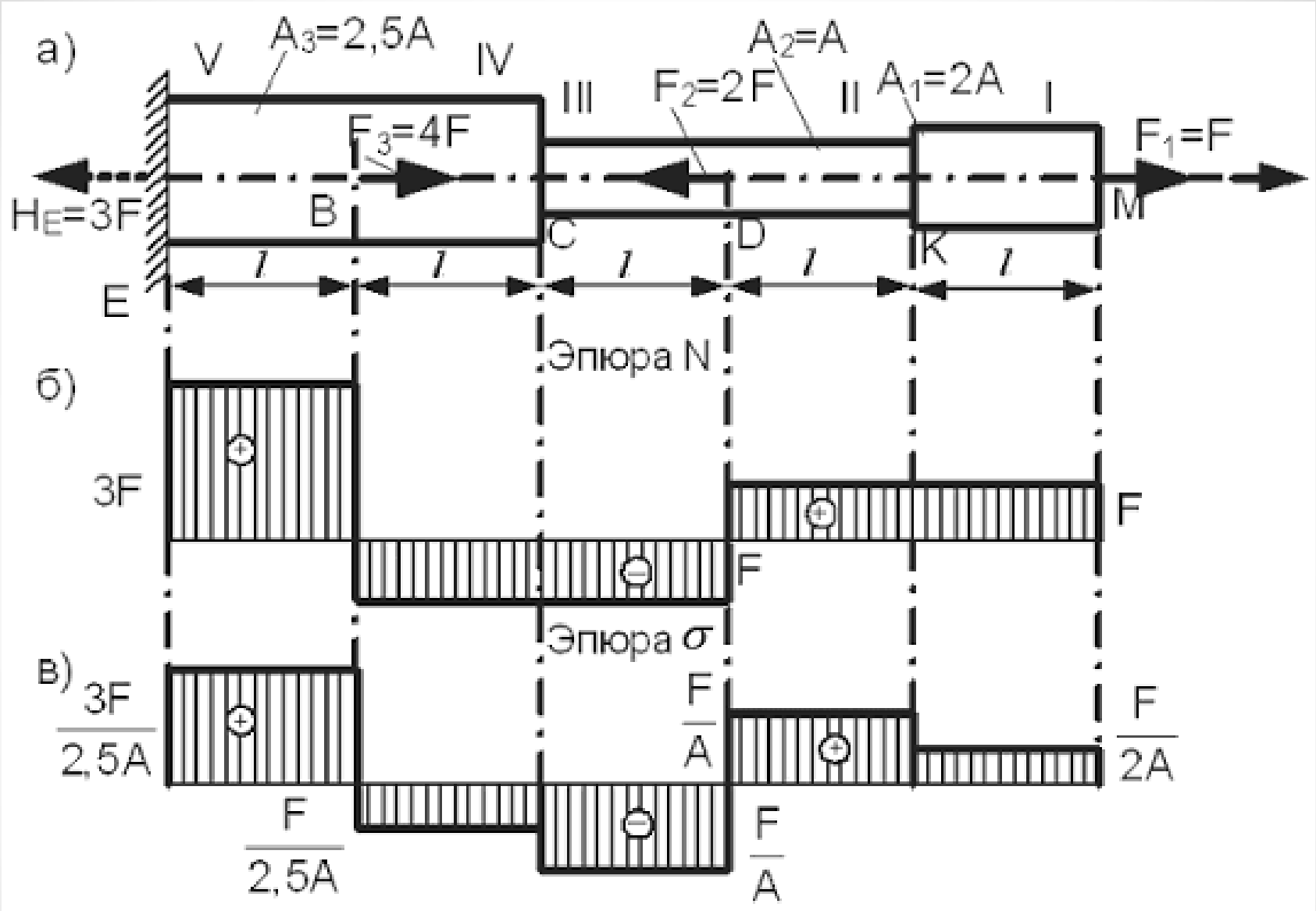


Рис. 6. Застосування методу перерізів та побудови епюр