

ОСНОВИ ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ

Тема 4.1. Основні положення

План

1. Завдання й методи механіки матеріалів. Деформоване тіло. Пружність і пластичність. Попередні поняття про розрахунки на міцність, жорсткість і стійкість
2. Класифікація навантажень
3. Основні гіпотези і припущення
4. Метод перерізів. Основні види навантаження (деформації) бруса. Напруження повне, нормальне, дотичне

1. Завдання й методи механіки матеріалів. Деформоване тіло. Пружність і пластичність. Попередні поняття про розрахунки на міцність, жорсткість і стійкість

Механіка матеріалів і конструкцій із моменту свого виникнення завжди була тісно пов'язана з практикою. Виробнича експлуатація машин і засобів механізації постійно висовує все нові завдання, розв'язання яких сприяє розвитку науки про механіку матеріалів і конструкцій, що в свою чергу сприяє розвитку науково-технічного прогресу.

Завданням науки про механіку матеріалів і конструкцій є створення наукових основ для прикладних розрахунків окремих частин конструкцій і механізмів машин із урахуванням їх надійності та ресурсозбереження.

Розрахунок під час проектування забезпечує створення надійних, міцних та легких конструкцій.

Значно ускладнилося би завдання під час конструювання машин і механізмів, коли б доводилося розв'язувати кожне питання шляхом експериментування.

Однак, було б помилковим вважати, що механіка матеріалів і конструкцій – це суто теоретична наука. Оскільки ця наука має справу з міцністю і жорсткістю реальних елементів і систем, виготовлених із існуючих конструктивних матеріалів, методи науки про механіку матеріалів і конструкцій мають ґрунтуватися на вивченні та пізнанні справжніх властивостей цих матеріалів, тобто на відповідно поставлених експериментах.

Таким чином, механіка матеріалів і конструкцій є не тільки теоретичною, а й експериментальною наукою, її теоретичні положення засновані на законах механіки твердого тіла: на умовах рівноваги, законах додавання сил, теоремах про моменти сил, на принципі можливих переміщень і т. інше. Разом із тим розв'язок будь-якої задачі механіки матеріалів і конструкцій починається з припущень, які ґрунтуються на

наслідках експериментальних досліджень, і закінчується перевіркою одержаних результатів розрахунків у лабораторії.

Реальні тіла внаслідок дії зовнішніх сил змінюють свою форму та розміри.

Зміна форми та розмірів тіла називається **деформацією**.

Деформація, яка зникає повністю після припинення дії зовнішніх сил, називається **пружною**.

Деформація, яка після припинення дії зовнішніх сил не зникає, називається **залишковою (пластичною)**. Залишкові деформації в елементах машин і споруд, як правило, не допускаються. Під час проектування елементів конструкцій їх розміри мають бути такими, щоб не виникали залишкові деформації.

Здатність тіл відновлювати свою початкову форму і розміри після припинення дії зовнішніх сил називається **пружністю**.

Відомо, що в природі немає зовсім пружних тіл, тобто таких, у яких після припинення дії зовнішніх сил повністю зникають деформації.

Проте деякі матеріали (сталь, дерево та ін.), за своїми властивостями подібні до таких тіл, якщо зовнішні сили не перевершують певної границі (границі пружності), встановленої для них дослідним шляхом. Перевищення цієї границі веде до виникнення залишкових деформацій.

Конструювання та розрахунок механізмів, деталей машин або інженерних споруд тісно пов'язані між собою. Тобто, конструювання передбачає детальне розроблення задуму, ідеї у вигляді креслеників певних конструкцій, що мають бути виготовлені з обраних конструкційних матеріалів, а метою розрахунку конструкцій є ретельна **перевірка їх на міцність, жорсткість і стійкість**.

Міцність – це здатність матеріалу конструкції і їх елементів чинити опір дії зовнішніх сил без появи пластичних деформацій і руйнування.

Розрахунки на міцність дають змогу визначити розміри і форму деталі, що визначають задане навантаження за найменших витрат матеріалів.

Жорсткість – це здатність тіла або конструкції протидіяти деформації.

Розрахунки на жорсткість гарантують, що зміни форми і розмірів конструкції і їх елементів не перевищують допустимих норм.

Стійкість – це здатність конструкції протидіяти зусиллям, які намагаються вивести її з початкового стану рівноваги.

Розрахунки на стійкість запобігають можливості раптової втрати стійкості і викривлення довгих або тонких деталей.

Механіка матеріалів і конструкцій – це наука про міцність окремих частин конструкцій і машин, яка ґрунтується на результатах набутого практичного досвіду із використанням сучасних методів моделювання.

2. Класифікація навантажень

Зовнішні сили, які діють на конструкцію класифікують за кількома ознаками.

1. Залежно від місця прикладання:

- поверхневі сили, які діють на поверхні елемента (тиск рідини на стінки гідравлічного циліндра механізму навіски енергетичного засобу);
- об'ємні сили, прикладені до кожної точки об'єму елемента (сили ваги добрив у бункері розкидача, інерційні сили).

2. Залежно від розміру площі дії:

- зосереджені сили, що діють на площу, розмір якої малий порівняно з величиною елемента (тиск колеса вагона на рейку);
- розподілені навантаження, які безперервно діють на деяку площу елемента (тиск води на греблю).

3. Залежно від тривалості дії:

- постійні навантаження, які діють протягом усього часу роботи конструкції (власна вага конструкції);
- тимчасові навантаження, які діють лише певний час (вага автомобіля, який проїжджає на мосту).

4. За характером дії:

- статичні сили, які, діючи на елемент, зростають поступово від нуля до кінцевої величини;
- динамічні сили, дія яких спричиняє в елементах значні прискорення; до них належать інерційні, ударні, повторно-періодичні та вибухові сили.

3. Основні гіпотези і припущення

Під час вивчення напруженого стану реальних тіл виникають труднощі, зумовлені різноманітністю фізичних і механічних властивостей матеріалів. У зв'язку з цим теорію розрахунку доводиться будувати на певних гіпотезах і припущеннях.

Основні гіпотези і припущення

1. Гіпотеза плоских перерізів. Плоскі перерізи, проведені в тілі до деформації, залишаються плоскими і після деформації.

2. Гіпотеза про суцільність тіл. Весь об'єм тіл суцільно заповнений речовиною або матерією.

3. Припущення про малість деформацій. Деформації тіл, зумовлені дією зовнішніх сил, малі порівняно з їх розмірами, тобто тіла незначно змінюють свою форму, що дає можливість застосувати принцип незалежності дії сил та інші теореми механіки твердого тіла.

4. Припущення про однорідність тіл. Фізичні та механічні властивості тіла в усіх точках і за всіма напрямками однакові. Однорідні тіла (матеріали),

які мають однакові фізичні та механічні властивості за всіма напрямками, називають ізотропними. Тіла, які не мають властивостей ізотропності, називають анізотропними. До них можна віднести деревину і синтетичні матеріали.

5. *Принцип Сен-Венана.* У точках тіла, досить віддалених від місць прикладання навантажень, внутрішні сили майже не залежать від способу прикладання сил. Цей принцип дає змогу спростити розрахунки, замінюючи одну систему сил її еквівалентною, але легко визначеною з умов рівноваги.

6. *Принцип незалежності дії сил.* Результат дії на тіло системи сил дорівнює сумі результатів дії тих самих сил, які прикладаються до тіла, причому в будь-якому порядку.

4. Метод перерізів. Основні види навантаження (деформації) бруса. Напруження повне, нормальне, дотичне

Для розрахунків деталей машин і споруд на міцність потрібно знати внутрішні сили пружності, які виникають як результат дії прикладених до деталей зовнішніх сил. Виникнення внутрішніх сил супроводжується деформацією матеріалу. Ці сили протидіють зовнішнім силам і намагаються відновити попередню форму тіла.

Під час визначення внутрішніх сил користуються методом перерізів.

Метод перерізів полягає в тому, що тіло уявно розрізають площиною (рис. 1) на дві частини, будь-яку з них відкидають і замість неї до перерізу залишеної частини прикладають внутрішні сили, які діяли до розрізання; залишену частину розглядають як самостійне тіло, яке перебуває в рівновазі під дією зовнішніх і прикладених до перерізу внутрішніх сил.

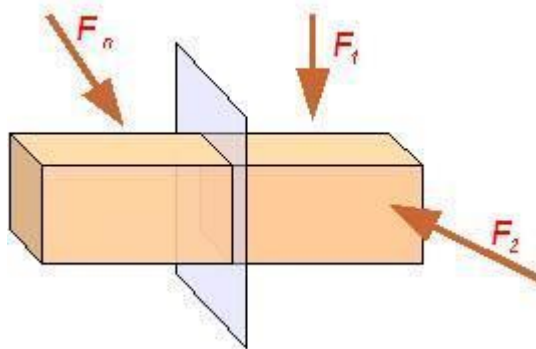


Рис. 1

Очевидно, що за третім законом Ньютона (аксіома взаємодії) внутрішні сили, які діють у перерізі залишеної і відкинутої частин тіла, однакові за модулем, але протилежні за напрямком. Таким чином, розглядаючи рівновагу будь-якої з двох частин розрізаного тіла, дістанемо одне й те саме значення

внутрішніх сил, але зручніше розглядати ту частину тіла, для якої рівняння рівноваги будуть простіші.

У загальному випадку навантаження на залишену частину тіла діє просторова система сил. Для визначення внутрішніх сил можна скласти шість рівнянь рівноваги, із кожного із них визначити по одному невідомому. Можна зробити висновок, що внутрішні сили еквівалентні шести внутрішнім силовим факторам.

Шість внутрішніх силових факторів, які виникають у поперечному перерізі бруса в загальному випадку (рис. 2), мають назви:

N – поздовжня сила,

Q_x, Q_y – поперечні сили,

M_k – крутний момент,

M_{zx}, M_{zy} – згинальні моменти.

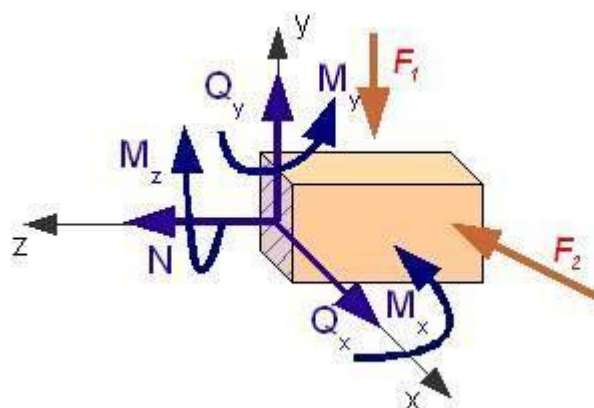
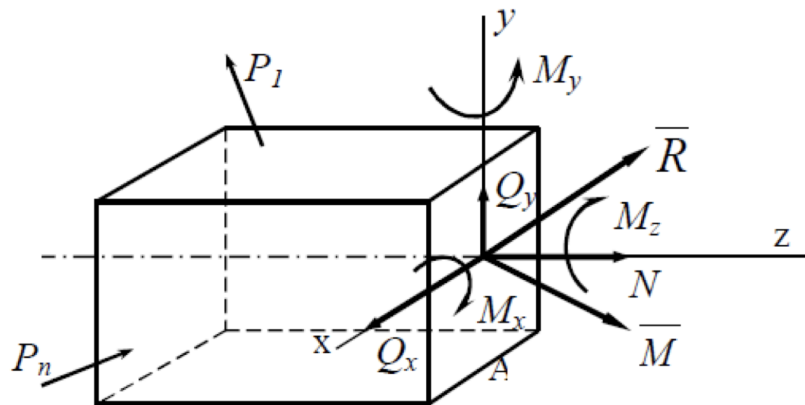


Рис. 2

За різних деформацій у поперечному перерізі бруса виникають різні внутрішні силові фактори. Розглянемо окремі випадки.

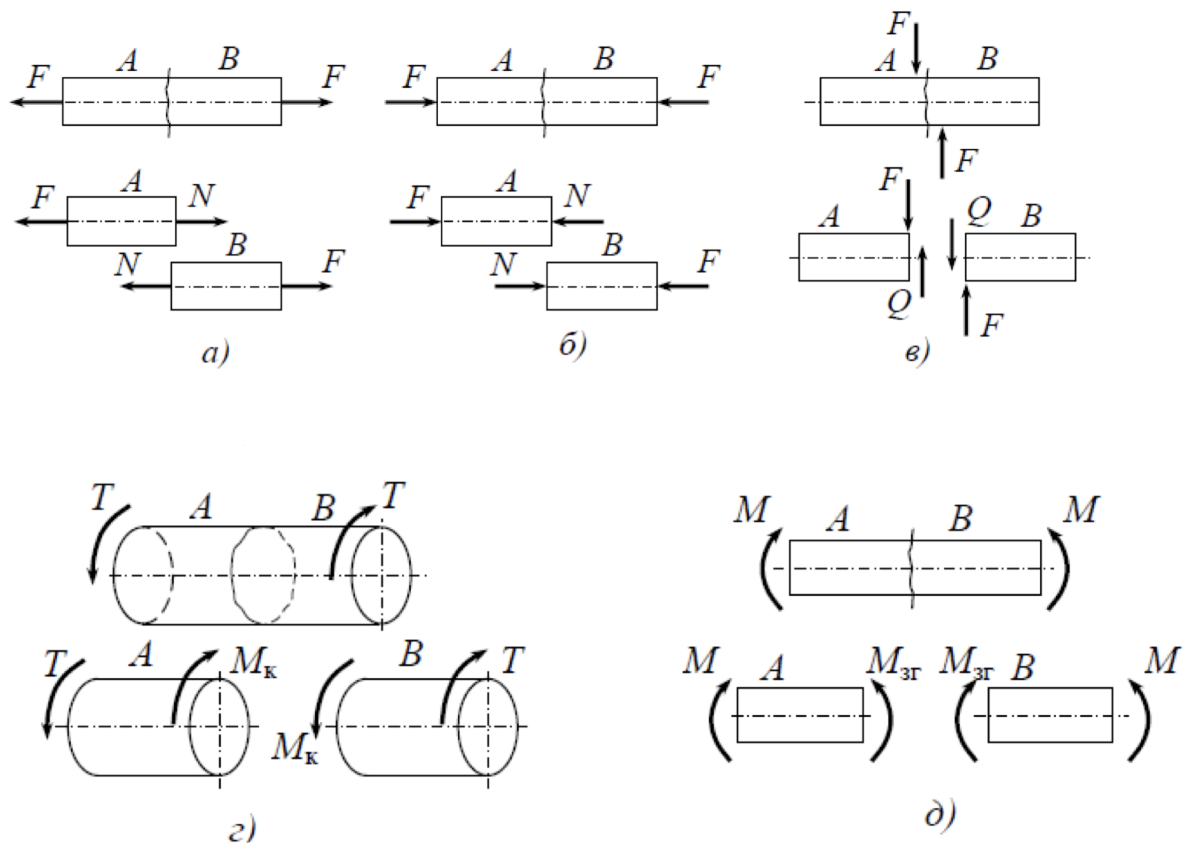


Рисунок 3. – Види деформації стержня:

1. У перерізі виникає лише поздовжня сила N . У цьому випадку буває деформація розтягу (якщо сила N спрямована від перерізу) або деформація стиску (якщо сила N спрямована до перерізу).Рис 3 а,б.

2. У перерізі виникає лише поперечна сила Q . У цьому випадку буває деформація зсуву.Рис 3 в.

3. У перерізі виникає лише крутний момент M_k . Тоді буває деформація кручення.Рис 3г.

4. У перерізі виникає лише згинальний момент M_3 . Тоді буває деформація чистого згину. Якщо в перерізі одночасно виникає згинальний момент M_3 і поперечна сила Q , то згин називають поперечним.Рис 3д.

Якщо в перерізі одночасно виникає кілька внутрішніх силових факторів (наприклад, згинальний і крутний моменти або згинальний момент і поздовжня сила), то в цих випадках трапляється поєднання основних деформацій.

Поряд з поняттям деформації одним з основних понять опору матеріалів є напруга. Напруга характеризує інтенсивність внутрішніх сил, які діють у перерізі.

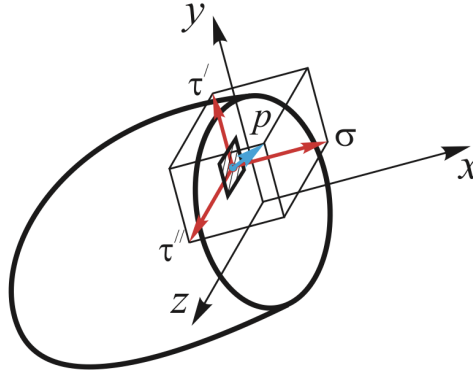
Напруга – це внутрішня сила, віднесена до одиниці площі перерізу.

$$p = \frac{N}{A} = \frac{\text{сила}}{\text{площа}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па (паскаль)}$$

Оскільки Па дуже мала одиниця напруги, то використовують МПа (мегапаскаль):

$$1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па} = 1 \text{ Н/мм}^2.$$

Напруга – величина векторна.



Вектор повної напруги **p** розкладається на дві складові:

σ – нормальну напругу, перпендикулярну до площини перерізу;

τ – дотичну напругу, таку, що лежить у площині перерізу.

Модуль повної напруги визначається за формулою $p = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$.

Розкладання повної напруги на нормальну і дотичну має цілком визначений фізичний смисл. У поперечних перерізах бруса у випадку розтягу, стиску і чистого згину діють тільки нормальні напруги, а в разі зсуву і кручення – тільки дотичні.

Напруги, за яких матеріал руйнується, називаються **границею міцності**.