

3 Балкові системи та їх навантаження

(тема 1.1.2)

План

1. Балочні системи.
2. Класифікація навантажень.
3. Види опор балочних систем.

Балкою називається деталь, яка зроблена з прямого бруса з опорами у двох (чи більше) точках і яка несе прямоосьове навантаження. Балкові системи застосовують у машинах і спорудах. Види кріплень балок та напрямки реакцій в'язей: 1) балка має дві опори— шарнірно-нерухому і шарнірно-рухому (рис. 2.8); 2) балка має три непаралельні шарнірно прикріплені стрижні (рис. 2.9); 3) балка спирається на три гладенькі поверхні, одна з яких має упор (рис. 2.10); 4) балка в трьох точках спирається на гладенькі поверхні (рис. 2.11); 5) балка жорстко закріплюється в стіні або затискується спеціальним пристроєм (рис. 2.12).

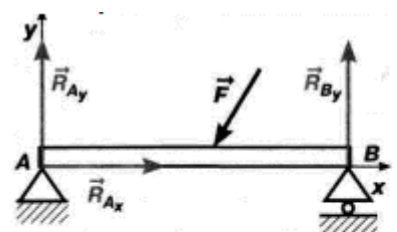


Рис. 2.8.

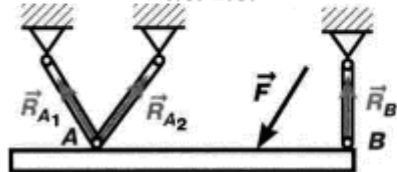


Рис. 2.9.

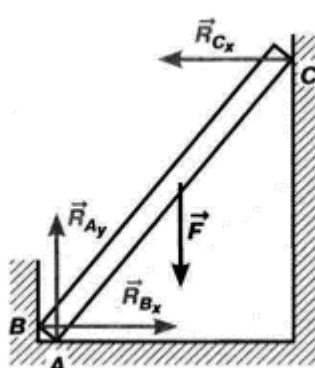


Рис. 2.11.

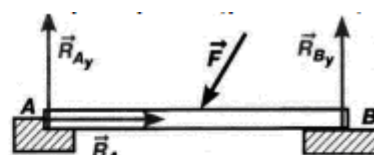


Рис. 2.10.

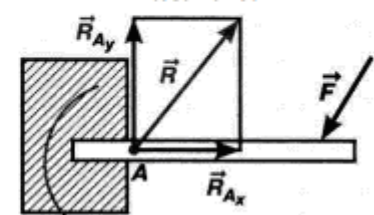


Рис. 2.12.

Навантаженнями називають зовнішні сили, які діють на елементи конструкцій чи деталі машин і споруд під час їх експлуатації.

За часом дії навантаження бувають:

- 1) постійні, які діють завжди, наприклад, сила тяжіння, що діє на споруду;
- 2) тимчасові, що діють протягом обмеженого періоду часу, наприклад, поїзд, що їде через міст.

Змінне навантаження— навантаження, яке змінюється з часом в деяких межах.

Залежно від характеру прикладання сил у часі розрізняють:

- 1) статичні навантаження, які відносно повільно й плавно (хоча б протягом кількох секунд) зростають від нуля до свого граничного значення, а далі залишаються незмінними (або незначно змінними). При передачі статичних навантажень на конструкцію всі її частини знаходяться в рівновазі. Прискорення елементів конструкції відсутні або настільки малі, що ними можна знехтувати, а отже, й силами інерції. Прикладом можуть слугувати навантаження, які діють на гідротехнічні споруди;
- 2) динамічні навантаження— навантаження, яке змінює свою величину за малий час. Воно супроводжується значними прискореннями як деформованого тіла, так і тіл, що взаємодіють з ним. При цьому виникають сили інерції, якими не можна нехтувати. Динамічні навантаження поділяють на:
 - а) миттєво прикладені, які зростають від нуля до свого граничного значення за дуже малий проміжок часу (частки секунди). Таким є навантаження при займанні пального в циліндрі двигуна внутрішнього згорання або при

зрушуванні з місця поїзда;

б) ударні навантаження, для яких характерне те, що в мить їх прикладання тіло, яке спричинює навантаження, має певну кінетичну енергію. Таке навантаження утворюється, наприклад, при забиванні паль за допомогою копра, в деталях механічного ковальського молота, в гідросистемах під час гідравлічного удару;

в) повторно-змінні навантаження, які безперервно й періодично змінюються в часі. Вони, як правило, пов'язані з рухами деталей, що циклічно змінюються. Це зворотно-поступальні рухи штока поршня, коливання елементів конструкцій тощо. Дії таких навантажень зазнають шатунні у двигунах внутрішнього згоряння, вали, осі залізничних вагонів тощо.

За характером прикладання навантаження поділяють на:

1) зосереджені(рис. 2.13) — такі зовнішні сили, що передаються на елемент конструкції через нескінченно малі площадки(фактично, прикладені до тіла в певній точці), наприклад, дія ваги електровоза на рельси;

2) розподілені(рис. 2.14) — такі зовнішні сили, що діють на одиницю об'єму, площі або довжини конструкції, наприклад, сила тяжіння, що діє на всю балку, дія снігового або вітрового навантаження на споруду. Розподілені за об'ємом, площею чи довжиною навантаження характеризуються інтенсивністю

— силою, що припадає на одиницю об'єму(\square), площі поверхні(p) чи довжини лінії(q) відповідно.

Зосереджена сила є абстракцією, так як будь яке реальне навантаження прикладене до певної ділянки лінії, площі чи об'єму тіла. Наприклад, навіть сила, що передається по нитці, розподілена по площі поперечного перерізу нитки.

В основному зустрічаються паралельні і збіжні розподілені навантаження. До паралельних сил, які розподілені за об'ємом тіла, відносять силу тяжіння, що діє на частини цього тіла. Сила тиску води на греблю відноситься до розподілених паралельних сил по поверхні греблі. Сила тяжіння частинок тонкої дротинки характеризує розподіл сил по довжині лінії.

Якщо зовнішні сили є наслідком безпосередньої контактної взаємодії даного тіла з іншими тілами, то вони прикладені тільки до точок поверхні тіла в місці контакту і називаються поверхневими силами. Поверхневі сили можуть бути

неперервно розподілені по всій поверхні тіла або її частині, наприклад тиск пари в котлі, вітрове та снігове навантаження, тиск газу в циліндрі двигуна. Інтенсивністю поверхневого навантаження p називається навантаження, що припадає на одиницю площі $S=l \cdot b$ (рис. 2.17, а). Її виражають у паскалях(Па) або кратних одиницях($\text{кПа}=103\text{Па}$, $\text{МПа}=106\text{Па}$, $\text{ГПа}=109\text{Па}$).

Розподілене по поверхні навантаження(рис. 2.17, а), зводять до головної площини(рис. 2.17, б), унаслідок чого створюється навантаження, розподілене по лінії, або лінійне навантаження. Інтенсивністю такого навантаження

$q=p \cdot b$, називають навантаження, що припадає на одиницю довжини лінії.

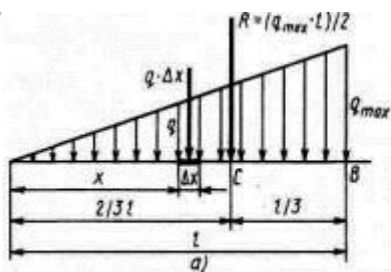


Рис. 2.19.

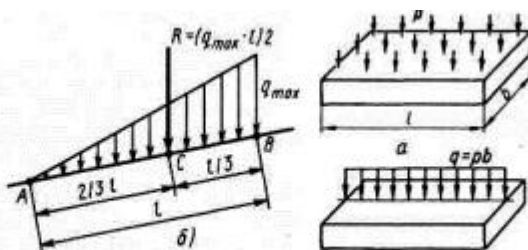


Рис. 2.17.

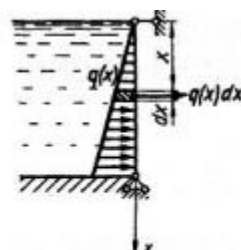


Рис. 2.18.

Характе

р зміни лінійно розподіленого навантаження зображують у вигляді епюри(графіка) q . У разі рівномірно розподіленого навантаження(рис. 2.17, а) епюра q прямокутна(рис. 2.17, б). При дії гідростатичного тиску епюра навантаження q трикутна(рис. 2.18). Бувають епюри q і більш складних видів: трапецієподібна, синусоїдна та ін. Рівнодіяна розподіленого навантаження чисельно дорівнює площі його епюри і прикладена в центрі її тяжіння.

Перетворення нерівномірно розподіленого навантаження на зосереджене має більш складний алгоритм. Розглянемо паралельні сили, які розподілені перпендикулярно по відрітку АВ прямої довжиною l з інтенсивністю q , що змінюється за лінійним законом— розподілені за трикутником (рис. 2.19, а).

Точка С прикладання рівнодіючої сили R зміщується в бік, де інтенсивність сили більша, й співпадає з центром тяжіння площі трикутника, що знаходиться в точці перетину медіан, яка розташована від основи трикутника на відстані $1/3$ і $2/3$ від його вершини А, тобто: $AC = l \cdot 2/3$.

Якщо паралельні сили з інтенсивністю, яка змінюється по лінійному закону, розподілені по відрітку прямої, що нахилена до напрямку сил (рис. 2.19, б), то їх рівнодіюча ділить відрізок АВ згідно (2.6) і дорівнює (2.5), проте вона не дорівнює площі трикутника, що утворено відрізком АВ і розподіленими силами.

Запитання для самоконтролю

1. Які сили називаються навантаженнями?
2. На які види поділяються навантаження за характером дії?
3. На які види поділяються навантаження за часом дії?
4. Поясніть, чим розподілені навантаження відрізняються від зосереджених?
5. На які види поділяються розподілені навантаження?
6. Як рівномірно розподілене паралельне навантаження, що прикладене під прямим кутом, може бути перетворене на зосереджене за довжиною?
7. Як рівномірно розподілене паралельне навантаження, прикладене під прямим кутом, може бути перетворене на зосереджене за площею та об'ємом?
8. Чому дорівнює і де прикладена рівнодійна паралельних сил, розподілених по відрітку прямої з інтенсивністю, що змінюється за лінійним законом?