

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з навчально-методичної роботи
Дніпровський професійний технологічний
коледж

Сергій ГОРДІЄНКО

«28» серпня 2026 р.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Освітньо-професійна програма: «Зварювальне виробництво» (спеціальність G9 Прикладна механіка).

Навчальна дисципліна: «Технічна механіка ОК 9»

Лекція 1. Тема: Вступ. Основні поняття й аксіоми статички. Поняття сили та ідеально твердого тіла. В'язі та правила визначення їх реакцій. Збіжні системи сил.

Обсяг: 2 академічні години (1 пара).

1. Вступ. Роль теоретичної механіки в інженерній підготовці

Механіка є фундаментальним науковим базисом для всієї сучасної інженерії. Для майбутнього фахівця зі зварювального виробництва, який проєктуватиме, виготовлятиме та експлуатуватиме складні зварні металоконструкції, знання законів рівноваги є критично важливим інструментом запобігання аваріям та забезпечення надійності. Технічна механіка виступає перехідною ланкою між абстрактним математичним аналізом та прикладним розрахунком реальних конструкцій (балок, ферм, рам, позиціонерів), що експлуатуються на провідних машинобудівних підприємствах, таких як ТОВ «Інтерпайп» чи ТОВ «ДАЗ».

Курс складається з кількох розділів. Першим і найважливішим для розуміння надійності статичних металоконструкцій є **Статика** — розділ теоретичної механіки, в якому вивчаються методи зведення систем сил до найпростішого вигляду та умови рівноваги матеріальних тіл під дією цих сил. Усі обчислення в статичці мають детермінований характер, що гарантує точність і психологічну впевненість інженера в безпеці спроектованого об'єкта.

2. Основні поняття статички. Моделювання та ідеалізація

Реальні фізичні тіла (наприклад, зварений із прокатного двотавра міст або стріла крана) є надзвичайно складними. Для того, щоб перевести інженерну задачу в площину строгих математичних рівнянь, застосовується метод наукової абстракції та ідеалізації. Вводяться такі ключові поняття:

1. Матеріальна точка — абстрактне тіло, що має масу, але геометричними розмірами якого можна знехтувати.
2. Абсолютно тверде тіло — матеріальне тіло, відстань між будь-якими двома точками якого залишається незмінною незалежно від прикладених до нього механічних впливів.
3. Сила (F) — це векторна фізична величина, яка є мірою механічної взаємодії матеріальних тіл. Вона визначає інтенсивність і напрямок передачі механічного руху. Характеризується Модулем (вимірюється в Ньютонках), Напрямком та Точкою прикладання.
4. Система сил — сукупність сил, що одночасно діють на певне тіло або конструкцію.
5. Рівнодійна сила (R) — єдина сила, яка чинить на абсолютно тверде тіло таку саму механічну дію, як і вся задана система сил. Якщо рівнодійна дорівнює нулю ($R = 0$), конструкція перебуває у стані статичної рівноваги.

3. Фундаментальні аксіоми статички

Аксіома 1. (Закон інерції Галілея-Ньютона).

Ізольована матеріальна точка перебуває у стані спокою або рівномірного прямолінійного руху доти, доки дія інших тіл не виведе її з цього стану.

Аксіома 2. (Умова рівноваги двох сил).

Дві сили, прикладені до абсолютно твердого тіла, будуть зрівноважені тоді й тільки тоді, коли вони рівні за модулем, діють уздовж однієї прямої та спрямовані в протилежні боки ($F_1 = -F_2$).

Аксіома 3. (Аксіома паралелограма сил).

Дві сили, прикладені до тіла в одній точці, мають рівнодійну, що прикладена в цій самій точці і зображується діагоналлю паралелограма, побудованого на векторах цих сил. $R = F_1 + F_2$.

Модуль рівнодійної: $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos(\alpha)}$, де α — кут між силами.

Аксіома 4. (Закон рівності дії та протидії - Третій закон Ньютона).

Сили взаємодії двох тіл завжди рівні за модулем і спрямовані вздовж однієї прямої в протилежні боки.

Аксіома 5. (Принцип затвердіння).

Рівновага деформівного тіла не порушиться, якщо воно миттєво стане абсолютно твердим.

4. В'язі та правила визначення їх реакцій (Принцип звільнення від в'язей)

Сила, з якою в'язь діє на досліджуване тіло, перешкоджаючи його переміщенню, називається реакцією в'язі.

Принцип звільнення від в'язей (Основний метод статки): Будь-яке невільне тіло можна розглядати як вільне, якщо подумки відкинути всі в'язі, а їхню механічну дію на тіло замінити відповідними силами — реакціями в'язей.

Класифікація типових в'язей та їх реакцій:

1. Ідеально гладка площина (поверхня). Перешкоджає переміщенню тіла лише по нормалі до поверхні. Реакція: N — нормальна реакція.
2. Гнучка нитка (трос). Працює лише на розтяг. Реакція: T — сила натягу.
3. Рухомий циліндричний шарнір (каткова опора). Реакція: Зводиться до однієї сили R_y , перпендикулярної до опорної поверхні.
4. Нерухомий циліндричний шарнір. Дозволяє обертання, але блокує лінійні переміщення. Реакція: Розкладається на дві взаємно перпендикулярні складові X_A та Y_A .
5. Сферичний шарнір. Реакція розкладається на три складові за осями координат: X , Y , Z .
6. Жорстке защемлення. Повністю обмежує лінійні переміщення і не дає тілу обертатися. Реакція: Складається з двох сил (X_A , Y_A) та реактивного моменту (M_A).

5. Збіжні системи сил: умови та рівняння рівноваги

Збіжною називається така система сил, лінії дії яких перетинаються в одній точці.

Геометрична умова рівноваги: силовий багатокутник, побудований на цих силах, має бути замкненим.

Аналітичні умови рівноваги просторової збіжної системи сил:

Тіло перебуває в рівновазі, якщо алгебраїчна сума проєкцій усіх діючих на нього збіжних сил на кожен з трьох взаємно перпендикулярних координатних осей дорівнює нулю.

1. $\sum F_{ix} = 0$
2. $\sum F_{iy} = 0$
3. $\sum F_{iz} = 0$

Алгоритм розв'язання задач статки на збіжні сили:

1. Вибрати об'єкт дослідження.
2. Застосувати принцип звільнення від в'язей.
3. Вибрати раціональну систему координат.
4. Скласти рівняння рівноваги.
5. Розв'язати систему рівнянь відносно невідомих реакцій.

ЛЕКЦІЯ №2 Тема: Момент сили відносно точки та осі. Теорія пар сил. Основна теорема статички (Теорема Пуансо) про зведення довільної просторової системи сил.

Обсяг: 2 академічні години (1 пара).

1. Вступ. Розширення інструментарію статички

На попередній лекції ми розглядали систему збіжних сил, лінії дії яких перетинаються в одній точці. Проте в реальній інженерній практиці, особливо під час розрахунку великогабаритних зварних металоконострукцій (наприклад, кранових естакад, рам промислового обладнання, кулісних механізмів зварювальних автоматів), сили прикладені в різних точках тіла і їхні лінії дії не перетинаються в одному центрі. Такі системи називаються довільними плоскими або просторовими системами сил.

Дія такої системи на тверде тіло полягає не лише в намаганні перемістити його поступально (що характеризується вектором сили), але й у намаганні обертати тіло навколо певних центрів чи осей. Обертальний ефект сили є критично важливим фактором, який визначає появу згинальних та крутних моментів у зварних швах. Для кількісної оцінки цього обертального ефекту вводиться фундаментальне поняття механіки — момент сили.

2. Момент сили відносно точки (Центра)

Моментом сили F відносно точки O (центра обертання) називається векторна фізична величина, яка характеризує обертальний ефект, що створюється цією силою відносно даного центра.

Алгебраїчний (скалярний) момент сили

Алгебраїчний (скалярний) момент сили: У плоских задачах момент сили відносно точки O дорівнює добутку модуля сили на її плече.

Формула: $M_O(F) = \pm F \cdot h$

Де:

- F — модуль діючої сили.
- h — плече сили (найкоротша відстань від центра обертання O до лінії дії сили, тобто довжина перпендикуляра).

Правило знаків: Момент вважається додатним (+), якщо сила намагається повернути тіло навколо точки O проти годинникової стрілки, і від'ємним (-), якщо за годинниковою стрілкою.

Векторний вираз моменту

Векторний вираз моменту: У просторі момент сили відносно точки O визначається як векторний добуток радіус-вектора r (проведеного з точки O в точку прикладання сили) на вектор сили F .

Формула: $M_O(F) = r \times F$

Вектор моменту спрямований перпендикулярно до площини, в якій лежать вектори r та F , у той бік, звідки обертання тіла силою F здається таким, що відбувається проти годинникової стрілки (правило свердлика або правої руки)

Властивості моменту сили відносно точки:

- 1. Момент сили не зміниться, якщо точку прикладання сили перенести вздовж її лінії дії.
- 2. Момент сили відносно точки дорівнює нулю тоді й тільки тоді, коли лінія дії сили проходить через цю точку (плече $h = 0$).

3. Момент сили відносно осі

У багатьох технологічних агрегатах (наприклад, валах зварювальних позиціонерів) обертання відбувається навколо жорстко закріпленої осі.

Моментом сили відносно осі (наприклад, осі Z) називається скалярна величина, що дорівнює алгебраїчному моменту проєкції цієї сили на площину, перпендикулярну до даної осі, відносно точки перетину осі з цією площиною.

Позначається: $M_Z(F)$.

Важливі випадки, коли момент сили відносно осі дорівнює нулю:

- 1. Сила паралельна осі (проекція сили на перпендикулярну площину перетворюється на точку, плече дорівнює нулю).
- 2. Лінія дії сили перетинає вісь (плече сили відносно точки перетину дорівнює нулю).

Висновок: Сила створює обертальний ефект навколо осі лише тоді, коли вона не паралельна їй і не перетинає її (сили є мимобіжними лініями).

4. Теорія пар сил

Парою сил називається система двох паралельних сил, рівних за модулем і протилежно спрямованих, що діють на абсолютно тверде тіло. (F, F').

Оскільки сили рівні і протилежні, їхня рівнодійна формально дорівнює нулю ($R = F - F = 0$), проте вони не зрівноважують одна одну, оскільки їхні лінії дії не збігаються. Пара сил створює виключно чистий обертальний ефект.

Основні елементи пари сил:

- Площина дії пари — площина, в якій лежать лінії дії обох сил.
- Плече пари (d) — найкоротша відстань (перпендикуляр) між лініями дії сил.

Момент пари сил (M) — це векторна або скалярна величина, що характеризує обертальний ефект пари.

$$M = \pm F \cdot d$$

Де F — модуль однієї із сил пари, d — плече пари.

Фундаментальні властивості пар сил:

- 1. Момент пари сил не залежить від вибору центра обертання: алгебраїчна сума моментів сил, що утворюють пару, відносно будь-якої точки в площині дії пари є величиною постійною і дорівнює моменту самої пари.
- 2. Еквівалентність пар: Пару сил можна як завгодно переміщувати в її площині дії, а також переносити в будь-яку іншу паралельну площину — механічна дія пари на абсолютно тверде тіло при цьому не зміниться.
- 3. Додавання пар: Будь-яка система пар сил, що діють на тіло, еквівалентна одній результуючій парі, момент якої дорівнює векторній (або алгебраїчній для плоскої задачі) сумі моментів складових пар.

5. Основна теорема статички (Теорема Пуансо)

Як розрахувати реакції опор складної металокопструкції, якщо на неї діє безліч сил у різних площинах? Відповідь на це дає теорема французького математика Луї Пуансо — головний інструмент зведення сил.

Лема про паралельне перенесення сили: Будь-яку силу F , прикладену до абсолютно твердого тіла в точці A , можна паралельно перенести в будь-яку іншу точку O цього тіла, якщо при цьому додати приєднану пару сил, момент якої дорівнює моменту перенесеної сили відносно нової точки O ($M = M_o(F)$).

Теорема Пуансо: Будь-яку довільну просторову систему сил, що діє на абсолютно тверде тіло, можна звести до довільно обраного центра зведення O , замінивши її однією результуючою силою (Головним вектором R) та однією результуючою парою сил (Головним моментом M_o).

- **Головний вектор (R):** дорівнює векторній сумі всіх діючих сил системи. $R = \sum F_i$. Він характеризує поступальну дію всієї системи. Напрямок і модуль головного вектора не залежать від вибору центра зведення O .
- **Головний момент (M_o):** дорівнює векторній сумі моментів усіх сил системи відносно обраного центра зведення O . $M_o = \sum M_o(F_i)$. Він характеризує сумарний обертальний ефект системи. На відміну від головного вектора, значення головного моменту залежить від того, яку точку обрано за центр зведення.

Аналітичний розрахунок за Теоремою Пуансо (для просторової задачі):

Головний вектор обчислюється через його проєкції на осі координат:

$$R_x = \sum F_{ix} ; R_y = \sum F_{iy} ; R_z = \sum F_{iz}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

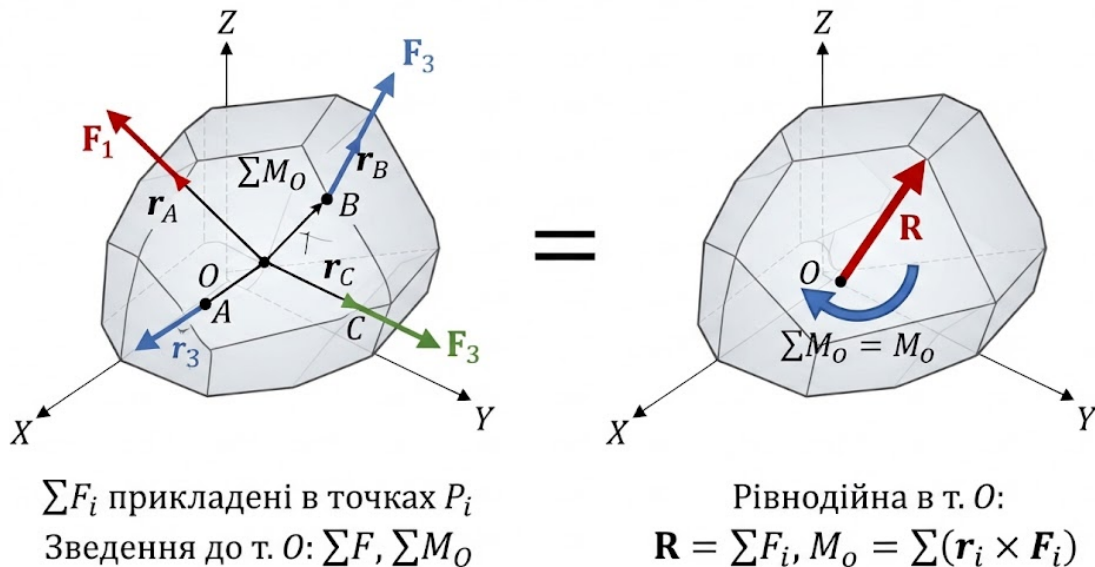
Головний момент обчислюється через алгебраїчні моменти сил відносно координатних осей:

$$M_{ox} = \sum M_x(F_i) ; M_{oy} = \sum M_y(F_i) ; M_{oz} = \sum M_z(F_i)$$

$$M_o = \sqrt{M_{ox}^2 + M_{oy}^2 + M_{oz}^2}$$

Умови рівноваги довільної просторової системи сил:

Для того, щоб абсолютно тверде тіло перебувало в рівновазі, необхідно і достатньо, щоб головний вектор і головний момент цієї системи дорівнювали нулю одночасно. Звідси випливають шість рівнянь рівноваги просторової системи сил (або три рівняння для плоскої системи), які є основою всіх інженерних розрахунків міцності зварних конструкцій.



ЛЕКЦІЯ №3 Тема: Тертя ковзання та зчеплення. Центр паралельних сил і координати центра ваги. Основи розрахунку плоских ферм.

Обсяг: 2 академічні години (1 пара).

1. Вступ. Значення теми для проєктування металоконструкцій

У реальних інженерних системах ідеально гладких поверхонь не існує. Під час експлуатації зварних металоконструкцій та механізмів виникають сили опору руху, зумовлені мікроскопічною шорсткістю поверхонь і міжмолекулярною взаємодією. Це явище тертя. Для інженера зварювального виробництва тертя є критично важливим: воно забезпечує надійність фіксації деталей у затискних пристроях зварювальних кондукторів, перешкоджає ковзанню опор, але водночас викликає зношування рухомих ланок маніпуляторів. Крім того, проєктування будь-якого об'єкта вимагає точного визначення його центра ваги для забезпечення стійкості проти перекидання. Третім фундаментальним аспектом лекції є основи розрахунку плоских ферм — найбільш раціональних та економічних стержневих систем, які масово використовуються у будівництві цехів, естакад та підйомних кранів.

2. Тертя ковзання та зчеплення (Тертя спокою)

Тертям ковзання називається опір, який виникає при ковзанні одного тіла по поверхні іншого і спрямований у бік, протилежний відносному руху (або можливому руху).

Закони тертя (Закони Амонтона-Кулона):

1. Сила тертя завжди спрямована по дотичній до поверхонь дотику в бік, протилежний напрямку можливого або дійсного ковзання.
2. Величина граничної сили тертя спокою (зчеплення) прямо пропорційна нормальному тиску (нормальній реакції N) між тілами.

$$F_{\text{тер}} \leq f_0 * N$$

Де f_0 — статичний коефіцієнт тертя (зчеплення). Він є безрозмірною величиною, яка залежить від матеріалу поверхонь, їхньої шорсткості, температури та наявності мастила, але не залежить від площі контакту.

Коли тіло починає рух, сила тертя трохи зменшується і стає рівною:

$$F_{\text{тер.ковз}} = f * N, \text{ де } f \text{ — динамічний коефіцієнт тертя ковзання (зазвичай } f < f_0).$$

Кут тертя та конус тертя:

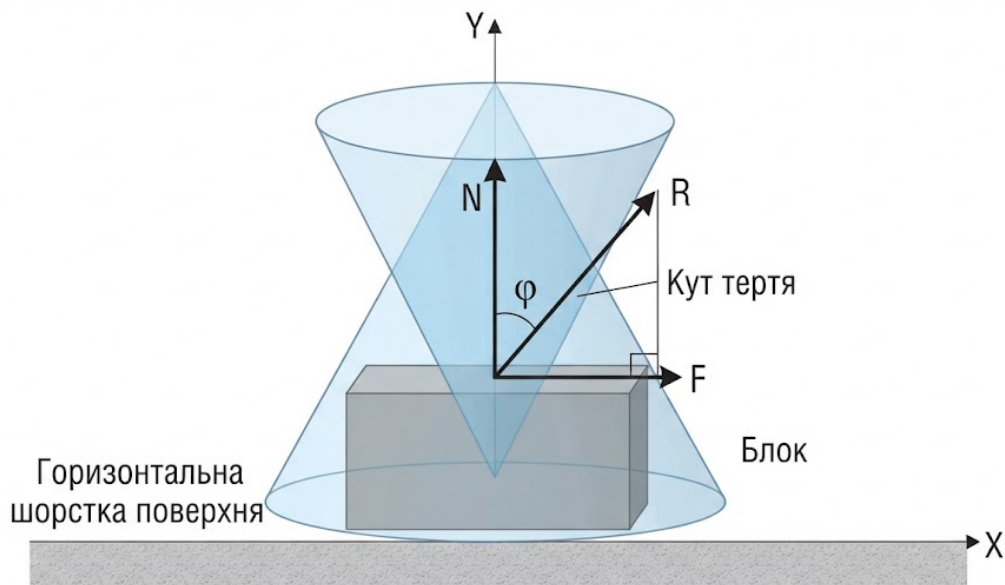
Повна реакція шорсткої поверхні (R) складається з двох компонентів: нормальної реакції (N) та дотичної сили тертя ($F_{\text{тер}}$).

Кутом тертя (φ) називається найбільший кут, на який може відхилитися повна реакція шорсткої поверхні від нормалі.

З геометрії сил: $\text{tg}(\varphi) = F_{\text{тер.max}} / N = (f_0 * N) / N = f_0$. Отже, тангенс кута тертя дорівнює коефіцієнту тертя.

Якщо обертати вектор повної граничної реакції навколо нормалі, він опише конус, який називається конусом тертя.

Умова рівноваги тіла на шорсткій поверхні: Тіло перебуває в спокої, якщо рівнодійна активних сил проходить всередині або по твірній конуса тертя (явище самогальмування).



3. Центр паралельних сил і координати центра ваги

Якщо на тіло діє система паралельних сил (наприклад, сили тяжіння частинок тіла), вона має рівнодійну, лінія дії якої проходить через певну точку, яка називається центром паралельних сил.

Координати центра ваги твердого тіла, яке розглядається як сукупність нескінченної кількості матеріальних точок, визначаються за формулами:

$$x_c = (\sum P_i * x_i) / P$$

$$y_c = (\sum P_i * y_i) / P$$

$$z_c = (\sum P_i * z_i) / P$$

де P_i — вага окремої частинки, P — загальна вага тіла.

Для однорідних плоских фігур (з металопрокату чи листового металу) вага пропорційна площі (A), тому формули спрощуються:

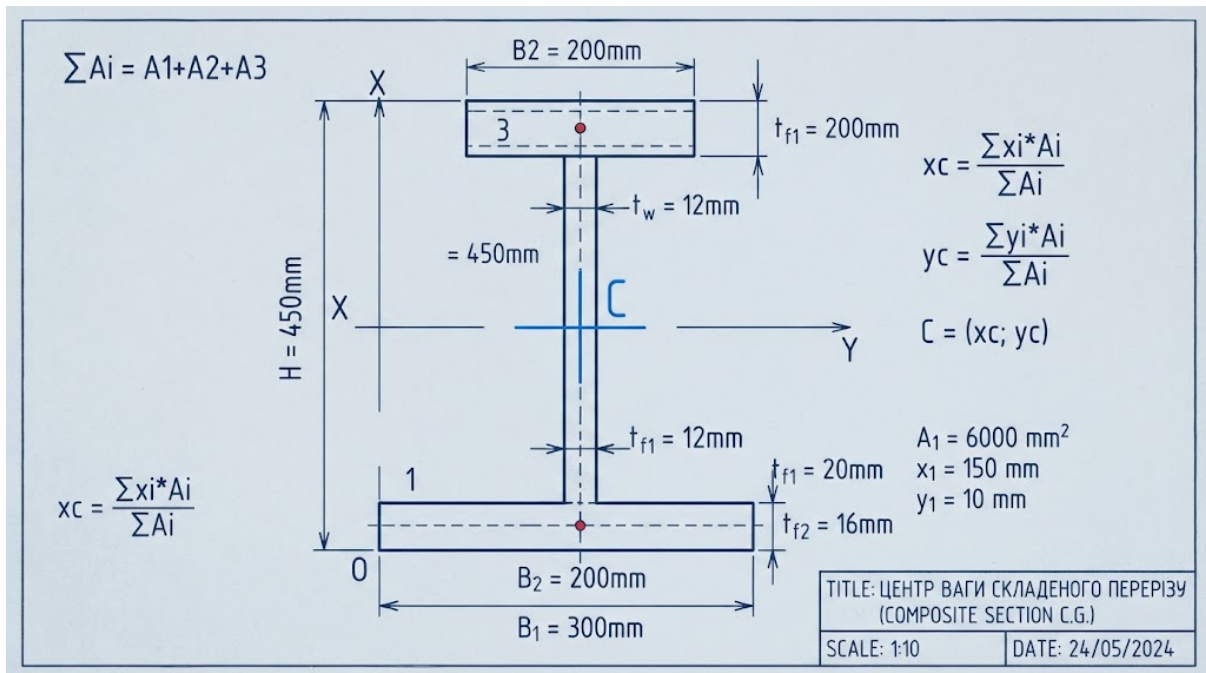
$$x_c = (\sum A_i * x_i) / A$$

$$y_c = (\sum A_i * y_i) / A$$

де A — загальна площа фігури, A_i — площі складових частин.

Методи визначення центра ваги:

1. Метод симетрії: Якщо фігура має вісь симетрії, її центр ваги обов'язково лежить на цій осі. Якщо є дві осі симетрії, центр ваги лежить у точці їх перетину.
2. Метод розбиття: Складну фігуру (наприклад, зварний двотавр або тавр) подумки розбивають на прості геометричні фігури (прямокутники, трикутники), центри ваги і площі яких відомі. Далі застосовують базові формули.
3. Метод від'ємних площ (метод доповнення): Якщо фігура має отвори або вирізи, її розглядають як суцільну, але площу отворів у розрахунках беруть зі знаком мінус.



4. Основи розрахунку плоских ферм. Поняття та ідеалізація

Фермою називається жорстка стрижнева система, яка залишається геометрично незмінною після шарнірного з'єднання її вузлів. Ферми використовують там, де потрібно перекрити великі прольоти при мінімальній витраті металу (мости, дахи цехів, крани).

Основним елементом ферми є трикутник — найпростіша геометрично незмінна фігура.

Для аналітичного розрахунку ферми вводяться ідеалізуючі допущення:

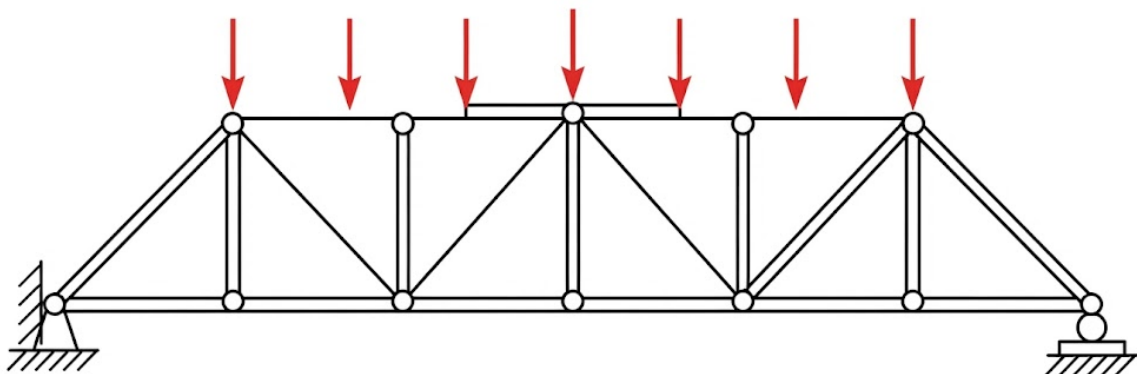
1. Усі вузли ферми вважаються ідеальними шарнірами (без тертя).
2. Осі всіх стрижнів є ідеально прямими лініями, які перетинаються в центрах шарнірів.
3. Зовнішні навантаження (активні сили) прикладаються виключно у вузлах ферми.

Наслідок: За таких ідеальних умов стрижні ферми працюють ТІЛЬКИ на осьовий розтяг або стиск. Згинальні моменти та поперечні сили в них не виникають.

Схема плоска ферма

Опори: нерухома шарнірна та рухома

Навантаження: вертикальні сили



5. Аналітичні методи розрахунку зусиль у стрижнях ферми

Розрахунок ферми завжди починається з визначення реакцій опор, для чого ферму розглядають як єдине тверде тіло і складають три рівняння статки ($\Sigma X = 0$, $\Sigma Y = 0$, $\Sigma M = 0$).

Після визначення опорних реакцій приступають до знаходження зусиль у стрижнях двома основними методами.

Метод вирізання вузлів:

Суть методу полягає в послідовному розгляді умов рівноваги кожного вузла ферми окремо. Оскільки сили у вузлі перетинаються в одній точці (у шарнірі), вони утворюють плоску систему збіжних сил.

Алгоритм:

1. Подумки вирізають вузол, у якому сходяться не більше двох стрижнів з невідомими зусиллями.
2. Дія відкинутих стрижнів на вузол замінюється силами реакцій (зусиллями). За замовчуванням усі невідомі зусилля спрямовують ВІД ВУЗЛА (припускаючи, що стрижень розтягнутий).
3. Складають два рівняння проєкцій на осі X та Y ($\Sigma X = 0$, $\Sigma Y = 0$).
4. Розв'язують систему. Якщо отриманий результат має знак «плюс», стрижень дійсно розтягнутий. Якщо знак «мінус» — стрижень стиснутий. Переходять до наступного вузла.

Метод перерізів (Метод Ріттера):

Використовується, коли потрібно знайти зусилля не у всіх, а лише в окремих (вибіркових) стрижнях ферми, щоб не розраховувати її всю вузол за вузлом.

Алгоритм:

1. Ферму подумки розрізають на дві частини перерізом, який перетинає не більше трьох стрижнів з невідомими зусиллями (лінії дії яких не перетинаються в одній точці).
2. Одну частину ферми відкидають (зазвичай ту, де більше навантажень або складніші опори), а її дію на залишену частину замінюють невідомими зусиллями (знову ж таки, спрямованими від перерізу).
3. Для залишеної частини складають рівняння моментів відносно точок перетину невідомих зусиль.
4. Точка Ріттера — це точка перетину ліній дії двох невідомих зусиль переріжаних стрижнів. Склавши рівняння суми моментів усіх сил відносно цієї точки ($\Sigma M_{\text{ritter}} = 0$), одразу знаходять третє невідоме зусилля (оскільки моменти двох інших зусиль відносно цієї точки дорівнюють нулю).

Льєми про нульові стрижні (спрощення розрахунків):

Під час аналізу складних ферм можна одразу, без розрахунків, знайти стрижні, зусилля в яких дорівнює нулю (вони потрібні лише для загальної геометричної жорсткості):

1. Якщо у ненавантаженому вузлі сходяться два стрижні (не на одній прямій), то зусилля в них дорівнюють нулю.
2. Якщо у ненавантаженому вузлі сходяться три стрижні, два з яких лежать на одній прямій, то зусилля в третьому стрижні дорівнює нулю.
3. Якщо у вузлі, де сходяться два стрижні, діє сила, лінія дії якої збігається з віссю одного зі стрижнів, то зусилля в цьому стрижні дорівнює зовнішній силі, а зусилля в іншому стрижні дорівнює нулю.

Дані алгоритми є основою для виконання першої розрахунково-графічної роботи (РГР №1) з технічної механіки.

ЛЕКЦІЯ №4 Тема: Вступ до кінематики. Способи завдання руху точки (натуральний, координатний, векторний). Визначення швидкості, дотичного та нормального прискорень.

Обсяг: 2 академічні години (1 пара).

1. Вступ. Предмет кінематики та її роль в інженерії

Кінематика — це розділ теоретичної механіки, в якому вивчається механічний рух матеріальних тіл з суто геометричної точки зору, незалежно від мас цих тіл і діючих на них сил. Якщо статика вивчала умови рівноваги, то кінематика досліджує геометрію руху в часі.

Для фахівця зі зварювального виробництва кінематика є фундаментальною базою для проектування траєкторій руху зварювальних автоматів, роботів-маніпуляторів, конвеєрних ліній та підйимально-транспортних механізмів (кранів). Детермінований розрахунок кінематичних параметрів гарантує безпеку експлуатації, передбачуваність траєкторій та запобігає аварійним зіткненням на виробництві (що є невід'ємною частиною формування культури інженерної безпеки).

2. Основні поняття кінематики

- **Простір і час:** У класичній (ньютонівській) механіці простір вважається тривимірним і евклідовим, а час — універсальним, безперервним і незалежним від руху системи відліку.
- **Система відліку:** Сукупність абсолютно твердого тіла (тіла відліку), жорстко пов'язаної з ним системи координат та годинника.
- **Траєкторія:** Безперервна лінія, яку описує матеріальна точка під час свого руху в просторі. За формою траєкторії рух буває прямолінійним і криволінійним.
- **Шлях (s):** Скалярна величина, що дорівнює довжині дуги траєкторії, пройденої точкою за певний проміжок часу.

3. Векторний спосіб завдання руху точки

Положення точки в просторі визначається радіус-вектором $\mathbf{r}$, проведеним з нерухомого центра O вибраної системи відліку в дану точку. Оскільки точка рухається, її радіус-вектор безперервно змінюється з часом як за модулем, так і за напрямком. Рівняння руху має вигляд векторної функції:

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$$

Крива, яку описує кінець радіус-вектора, є траєкторією точки, а також називається годографом радіус-вектора.

Документ містить ознайомчий фрагмент (стор. 1–10). Повна версія доступна в електронній бібліотеці закладу після входу в особистий кабінет студента