



ЗАТВЕРДЖУЮ

заступник директора з навчально-методичної роботи
ЗНТ «Дніпровський професійний технологічний
коледж»

Сергій ГОРДІЄНКО

«26» серпня 2026 р.

МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ

Дисципліна: «Технічна механіка» Спеціальність: 131 «Прикладна механіка» Освітньо-
професійний ступінь: Фаховий молодший бакалавр

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ №1

ТЕМА: Застосування аксіоми звільнення від в'язей. Визначення реакцій в'язей для
систем збіжних сил (2 год)

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ЗАНЯТТЯ

- **Навчальна мета:** Сформувати стійкі практичні навички застосування аксіоми (принципу) звільнення від в'язей для переходу від реальних об'єктів зварювального виробництва до ідеалізованих розрахункових схем [cite: 7]. Навчити здобувачів складати та розв'язувати алгебраїчні рівняння рівноваги для плоскої системи збіжних сил [cite: 2, 7].
- **Розвиваюча мета:** Розвивати просторове та інженерно-аналітичне мислення, здатність до абстрагування та математичного моделювання фізичних процесів у механічних системах [cite: 7].
- **Виховна та інклюзивна мета:** Формувати високу культуру професійної безпеки та відповідальності за надійність спроектованих зварних конструкцій [cite: 7]. Зважаючи на наявність у групах слухачів-ветеранів та осіб, які постраждали від наслідків війни, заняття проводиться з використанням педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), фокусуючи увагу виключно на конструктивному інженерному розрахунку без емоційної драматизації аварійних ситуацій [cite: 7].

2. ТЕОРЕТИЧНИЙ МІНІМУМ (АКТУАЛІЗАЦІЯ ЗНАНЬ)

В інженерній практиці більшість деталей машин та зварних конструкцій не є вільними. Тіла або сукупність тіл, які обмежують рух певного тіла чи даної матеріальної системи, називаються **в'язями** [cite: 2]. Сила, з якою в'язь діє на тіло, щоб перешкодити будь-якому переміщенню, називається **реакцією в'язі** [cite: 2]. Напрямок та величина реакції в'язі заздалегідь невідомі і завжди залежать від діючих на тіло активних сил (наприклад, ваги зварного вузла, натягу тросів тощо) [cite: 2].

Фундаментальною основою розв'язання задач статyki є **Аксіома (принцип) звільнення від в'язей**: *Невільне матеріальне тіло можна розглядати як вільне, якщо в'язі замінити їх реакціями* [cite: 2]. Цей принцип дозволяє звести рівновагу невільного твердого тіла до задачі про рівновагу вільного тіла, яке перебуває під одночасною дією заданих (активних) сил та знайдених реакцій в'язей [cite: 2].

Основні типи в'язей та напрямки їх реакцій:

- **Ідеально гладка поверхня:** Реакція спрямована перпендикулярно до дотичної площини, проведеної до поверхні цієї опори у точці стикання з тілом [cite: 2].
- **Гнучка в'язь (нитка, канат, трос):** Працює тільки на розтяг, її реакція завжди спрямована вздовж нитки (троса) до точки підвісу [cite: 2].
- **Ідеальний стрижень:** Невагомий стрижень із шарнірами на кінцях; реакція спрямована виключно по осі стрижня [cite: 2].

Найпростішою системою у статичі є **система збіжних сил**, тобто система сил, лінії дії яких перетинаються в одній точці (точці збігу) [cite: 2]. Згідно з теоремою про рівновагу, система збіжних сил еквівалентна одній силі (рівнодійній), що дорівнює їх геометричній сумі [cite: 2]. Для того щоб система збіжних сил перебувала у рівновазі, необхідно і достатньо, щоб її рівнодійна дорівнювала нулю [cite: 2].

Аналітична (алгебраїчна) форма рівноваги для плоскої системи збіжних сил формулюється так: суми проєкцій усіх сил системи на дві взаємно перпендикулярні координатні осі Ox і Oy повинні дорівнювати нулю [cite: 2, 3]:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad \sum F_{iy} = 0$$

3. АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ (МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ)

Для успішного та безпомилкового розв'язання задач статичи необхідно суворо дотримуватися такого алгоритму [cite: 2, 7]:

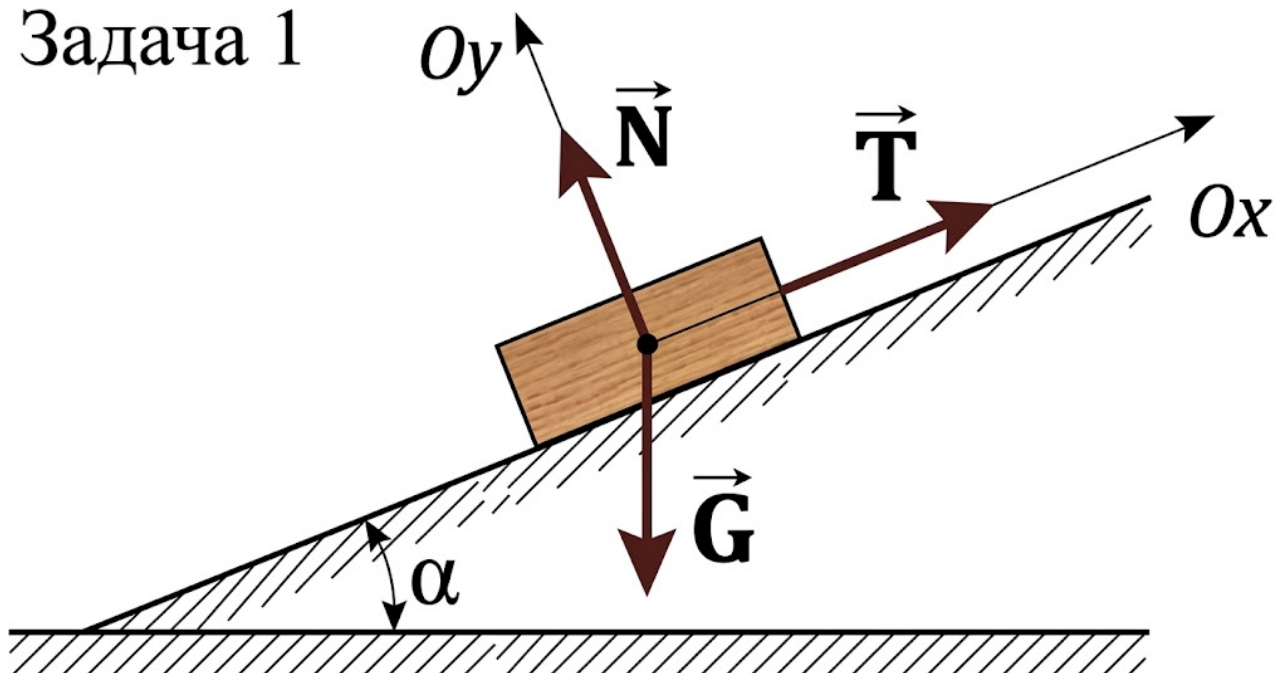
- **Вибір об'єкта рівноваги:** Чітко визначити точку (вузол), у якій перетинаються лінії дії всіх відомих та невідомих сил. Саме для цієї точки будуть складатися рівняння статичи.
 - **Застосування принципу звільнення від в'язей:** Подумки відкинути всі в'язі (троси, опори, стрижні), що утримують обраний вузол. Замінити їхню дію відповідними векторами реакцій, враховуючи правила їх спрямування.
3. **Побудова розрахункової схеми:** Накреслити систему координат (бажано так, щоб одна з осей збігалася з лінією дії хоча б однієї невідомої реакції). Зобразити всі активні сили (вагу, задані навантаження) та вектори реакцій в'язей.
 4. **Складання рівнянь рівноваги:** Спроектувати всі вектори сил на осі Ox та Oy . Скласти два рівняння: $\sum X_i = 0$ та $\sum Y_i = 0$ [cite: 2].
 5. **Розв'язання системи рівнянь:** Розв'язати отриману алгебраїчну систему відносно невідомих реакцій. Якщо результат має знак "мінус", це означає, що дійсний напрямок реакції протилежний обраному на схемі.

4. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ В АУДИТОРІЇ

Задача 1: Рівновага тіла на похилій площині

Умова: Важкий зварний вузол (деталь) вагою $G = 500$ Н утримується на ідеально гладкій похилій площині, що утворює кут $\alpha = 30^\circ$ з горизонтом, за допомогою нерозтяжного троса, паралельного цій площині. Визначити натяг троса T та нормальну реакцію площини N [cite: 2].

Задача 1



Розв'язання:

5. Об'єкт рівноваги — сам вузол (матеріальна точка).

6. Застосовуємо аксіому звільнення від в'язей: відкидаємо трос, замінюючи його реакцією T (направлена вздовж троса від тіла). Відкидаємо гладку площину, замінюючи її нормальною реакцією N (перпендикулярно до площини) [cite: 2].

7. На тіло діє збіжна система трьох сил: G , T , N . Проводимо осі координат: вісь x — вздовж похилої площини, вісь y — перпендикулярно до неї. Кут між вектором G та віссю y дорівнює куту α (як кути з відповідно перпендикулярними сторонами).

8. Складаємо рівняння рівноваги [cite: 2]:

$$\sum X_i = T - G \sin \alpha = 0$$

$$\sum Y_i = N - G \cos \alpha = 0$$

9. Визначаємо невідомі:

$$T = G \sin 30^\circ = 500 \cdot 0.5 = 250 \text{ Н}$$

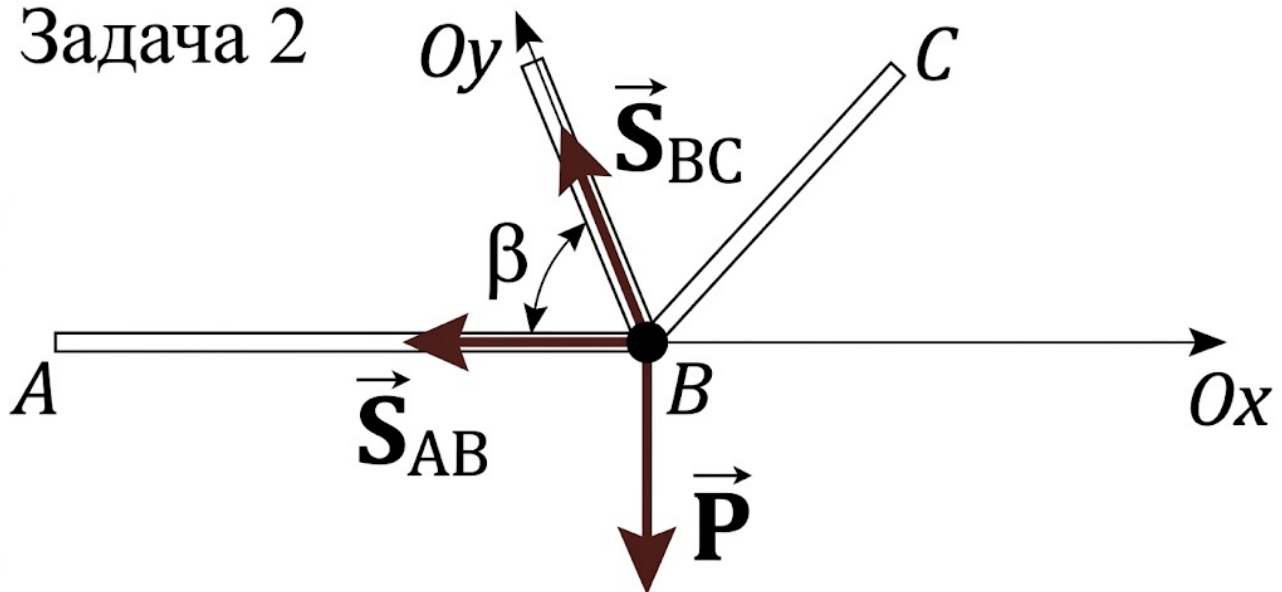
$$N = G \cos 30^\circ = 500 \cdot 0.866 = 433 \text{ Н}$$

Відповідь: Натяг троса становить 250 Н, реакція площини — 433 Н.

Задача 2: Рівновага вузла стрижневої конструкції

Умова: До шарнірного вузла B зварної кранової ферми підвішено вантаж вагою $P = 10$ кН. Вузол утримується двома невагомими ідеальними стрижнями AB та BC . Стрижень AB горизонтальний, а стрижень BC утворює кут $\beta = 60^\circ$ з горизонтом. Визначити зусилля, що виникають у цих стрижнях [cite: 2].

Задача 2



Розв'язання:

1. Розглядаємо рівновагу вузла B .

2. Звільняємо вузол від в'язей. Перерізаємо стрижні AB та BC , замінюючи їхню дію реакціями S_{AB} та S_{BC} . Припускаємо, що обидва стрижні розтягнуті, тому вектори реакцій спрямовуємо від вузла [cite: 2]. Силу ваги вантажу позначаємо вектором P , спрямованим вертикально вниз.

3. Обираємо систему координат: вісь x — горизонтально вправо, вісь y — вертикально вгору.

4. Складаємо систему рівнянь рівноваги [cite: 2]:

$$\sum X_i = -S_{AB} - S_{BC} \cos \beta = 0$$

$$\sum Y_i = S_{BC} \sin \beta - P = 0$$

5. З другого рівняння знаходимо зусилля у похилому стрижні:

$$S_{BC} = P / \sin 60^\circ = 10 / 0.866 \approx 11.55 \text{ кН}$$

Підставляємо знайдене значення у перше рівняння:

$$S_{AB} = - S_{BC} \cdot \cos 60^\circ = - 11.55 \cdot 0.5 = - 5.77 \text{ кН}$$

Висновок: Зусилля в стрижні **BC** дорівнює 11.55 кН (знак "+", отже, стрижень дійсно розтягнутий). Зусилля в стрижні **AB** дорівнює 5.77 кН, але знак "-" вказує на те, що наш початковий вибір напрямку був невірним. Насправді стрижень **AB** **стиснутий** [cite: 2, 7].

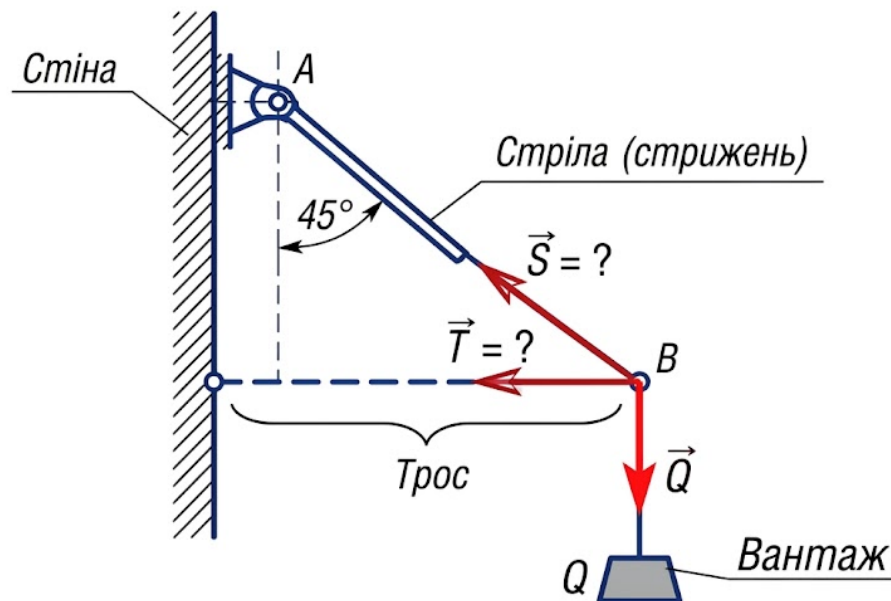
5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ

Методична вказівка: Кожен здобувач виконує індивідуальне завдання у робочому зошиті. Необхідно накреслити розрахункову схему, показати всі вектори сил та скласти рівняння статки. Звітування здійснюється у форматі професійної інженерної дискусії з викладачем [cite: 7].

Варіант 1: Електродвигун зварювального апарата масою 120 кг підвішений на двох тросах однакової довжини, кут між якими становить 90° . Визначити натяг у кожному тросі. Вважати $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Варіант 2: Вантажна стріла утримує вантаж 20 кН. Стріла (ідеальний жорсткий стрижень) утворює з вертикальною стіною кут 45° , а горизонтальний трос (відтяжка) з'єднує кінець стріли зі стіною. Визначити натяг горизонтального троса та зусилля (реакцію) у стиснутій стрілі.

Завдання для самостійної роботи (Варіант 2)



6. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Сформулюйте принцип (аксіому) звільнення від в'язей [cite: 2, 7].
- Дайте визначення системи збіжних сил [cite: 2].
- Який напрямок має реакція ідеально гладкої поверхні? [cite: 2]
- Чим відрізняється реакція гнучкої в'язі (троса) від реакції жорсткого стрижня? [cite: 2]
- Які математичні умови є необхідними і достатніми для рівноваги плоскої системи збіжних сил? [cite: 2, 3]
- Як визначити, що стрижень у фермі є розтягнутим чи стиснутим за результатами аналітичного розрахунку? [cite: 2, 7]

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ № 2

ТЕМА: Визначення опорних реакцій жорстких зварних балок і рам при дії плоскої системи довільно розташованих сил (2 год)

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ЗАНЯТТЯ

- **Навчальна мета:** Сформувати стійкі практичні навички застосування методів статки для визначення опорних реакцій у балках та рамах, що перебувають під дією довільної плоскої системи сил (включаючи зосереджені сили, пари сил та розподілені навантаження) [cite: 2, 7].
- **Розвиваюча мета:** Розвивати просторове та інженерно-аналітичне мислення; вдосконалювати здатність до абстрагування, що полягає у переході від реальних зварних металоконструкцій до ідеалізованих розрахункових схем [cite: 7].
- **Виховна та інклюзивна мета:** Виховувати відповідальність за результати інженерних розрахунків, оскільки від точності знайдених реакцій залежить подальший розрахунок на міцність та безпечна експлуатація зварних конструкцій [cite: 7]. Заняття проводиться з дотриманням принципів екологічної комунікації та педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), фокусуючись на концепції конструктивної безпеки [cite: 7].

2. ТЕОРЕТИЧНИЙ МІНІМУМ (АКТУАЛІЗАЦІЯ ЗНАНЬ)

Більшість реальних інженерних конструкцій (зварні рами, балки перекриттів, колони) працюють під дією навантажень, які не перетинаються в одній точці та не є паралельними. Така система сил називається **довільною системою сил** [cite: 2]. Якщо лінії дії всіх сил лежать в одній площині, система є довільною плоскою [cite: 2].

Для того щоб тверде тіло (конструкція) перебувало у стані спокою (рівноваги), необхідно і достатньо, щоб головний вектор і головний момент цієї системи сил дорівнювали нулю [cite: 2, 3]. Аналітично це виражається трьома рівняннями рівноваги. **Основна форма умов рівноваги** має вигляд [cite: 2, 3]:

$$\begin{aligned}\sum F_{ix} &= 0 \\ \sum F_{iy} &= 0 \\ \sum M_A(F_i) &= 0\end{aligned}$$

де $\sum M_A(F_i)$ — алгебраїчна сума моментів усіх сил відносно будь-якої точки A (полюса), що лежить у площині дії сил [cite: 2].

Особливості видів опор та їх реакцій:

- **Шарнірно-рухома опора (коток):** Обмежує рух лише перпендикулярно до опорної площини. Дає одну невідому реакцію, спрямовану по нормалі [cite: 2].
- **Шарнірно-нерухома опора:** Перешкоджає будь-якому лінійному переміщенню, але дозволяє поворот. Дає дві невідомі складові реакції (R_x та R_y) [cite: 2].
- **Жорстке защемлення (вкладення):** Не дозволяє ні лінійних переміщень, ні повороту. Дає три невідомі: дві складові сили (R_x , R_y) та реактивний момент защемлення (M_A) [cite: 2, 4].

Розподілене навантаження: У розрахунках суцільне рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю q (Н/м) замінюють однією зосередженою рівнодійною силою $Q = q \cdot L$, яка прикладається строго посередині ділянки її дії довжиною L [cite: 2, 4].

3. АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ НА ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРНИХ РЕАКЦІЙ

Для безпомилкового визначення опорних реакцій балок і рам застосовується наступний алгоритм [cite: 2, 7]:

- **Вибір об'єкта:** Чітко визначити тіло (балку або раму), рівновага якого розглядається.
- **Активні сили:** Зобразити на розрахунковій схемі всі задані зовнішні навантаження (зосереджені сили, пари сил). Розподілене навантаження замінити його рівнодійною.

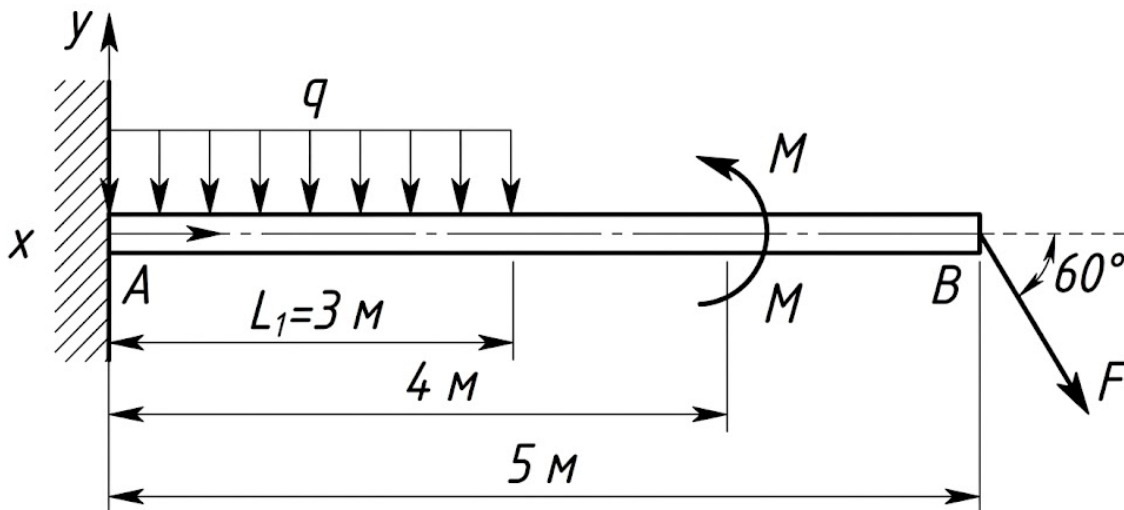
- **Принцип звільнення від в'язей:** Відкинути опори, замінивши їхню дію відповідними векторами реакцій, згідно з типом опори (для рухомої — 1 реакція, нерухомої — 2, защемлення — 2 сили і 1 момент) [cite: 2]. Напрямки невідомих реакцій обираються довільно (якщо результат буде від'ємним, дійсний напрямок — протилежний).
- **Система координат:** Обрати раціональну систему координат xOy .
- **Складання рівнянь рівноваги:** Скласти три рівняння статки. *Методична порада:* для рівняння моментів найвигідніше обирати ту точку (опору), через яку проходить найбільша кількість невідомих сил, оскільки їхні моменти відносно цієї точки дорівнюватимуть нулю [cite: 2].
 - **Перевірка:** Скласти додаткове рівняння моментів відносно будь-якої іншої точки балки. Якщо сума дорівнює нулю, реакції знайдено правильно [cite: 2, 4].

4. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ В АУДИТОРІЇ

Задача 1: Консольна балка з жорстким защемленням

Умова: Жорстка консольна зварна балка AB защемлена лівим кінцем A у стіну. До балки прикладено: рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю $q = 2$ кН/м на ділянці довжиною $L_1 = 3$ м; зосереджену силу $F = 10$ кН, що діє під кутом $\alpha = 60^\circ$ на вільному кінці B ; та зосереджену пару сил з моментом $M = 15$ кН·м. Довжина балки $L = 5$ м. Визначити опорні реакції в защемленні [cite: 2, 4].

Розрахункова схема до Задачі 1.



Розв'язання:

1. Розглядаємо рівновагу консольної балки AB .
2. Замінюємо розподілене навантаження зосередженою силою: $Q = q \cdot L_1 = 2 \cdot 3 = 6$ кН. Вона прикладена посередині ділянки навантаження, тобто на відстані $x_Q = 3 / 2 = 1.5$ м від точки A [cite: 2, 4]. Розкладаємо силу F на складові: $F_x = F \cdot \cos 60^\circ = 10 \cdot 0.5 = 5$ кН; $F_y = F \cdot \sin 60^\circ = 10 \cdot 0.866 = 8.66$ кН.
3. Звільняємося від в'язі в точці A . Оскільки це жорстке защемлення, вводимо три реакції: горизонтальну силу X_A (спрямовуємо вправо), вертикальну силу Y_A (спрямовуємо вгору) та реактивний момент защемлення M_A (спрямовуємо проти годинникової стрілки) [cite: 2].
4. Складаємо рівняння рівноваги (вісь x — горизонтально вправо, вісь y — вертикально вгору) [cite: 2]:
 - $\sum X_i = X_A + F_x = 0$
 - $\sum Y_i = Y_A - Q - F_y = 0$

- $\sum M_A = M_A - Q \cdot x_Q - M - F_y \cdot L = 0$

5. Визначаємо реакції:

З рівняння (1): $X_A = -F_x = -5$ кН. Знак "мінус" означає, що X_A насправді спрямована вліво.

З рівняння (2): $Y_A = Q + F_y = 6 + 8.66 = 14.66$ кН.

З рівняння (3): $M_A = Q \cdot 1.5 + M + F_y \cdot 5 = 6 \cdot 1.5 + 15 + 8.66 \cdot 5 = 9 + 15 + 43.3 = 67.3$ кН·м.

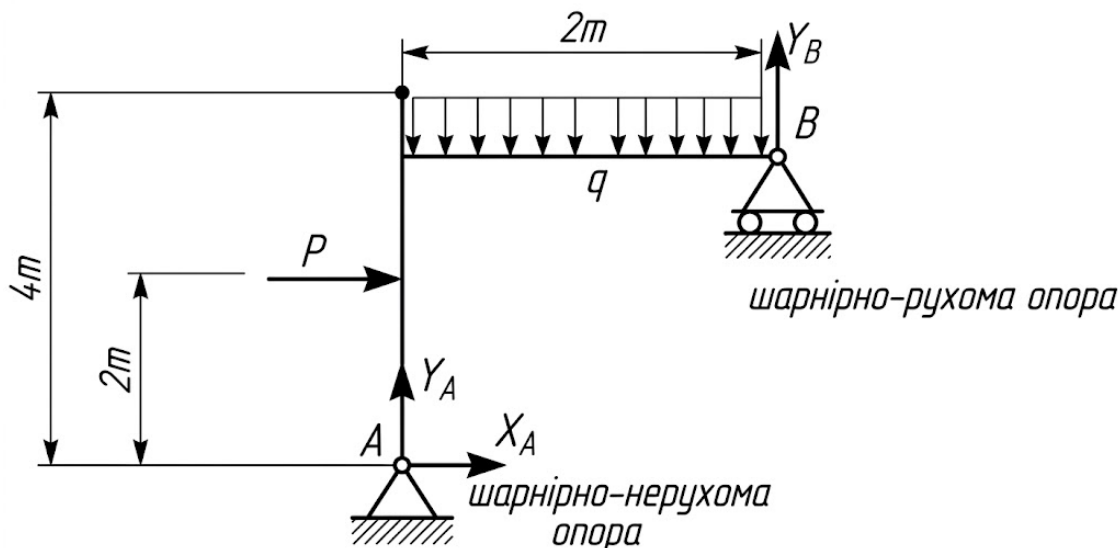
Перевірка: Складемо рівняння моментів відносно точки B :

$\sum M_B = M_A - Y_A \cdot 5 + Q \cdot (5 - 1.5) - M = 67.3 - 14.66 \cdot 5 + 6 \cdot 3.5 - 15 = 67.3 - 73.3 + 21 - 15 = 88.3 - 88.3 = 0$. Розрахунок правильний.

Задача 2: Рівновага зварної рами

Умова: Г-подібна зварна металева рама має горизонтальну та вертикальну стійки. Рама закріплена за допомогою шарнірно-нерухомої опори A та шарнірно-рухомої опори B (катки якої лежать на горизонтальній площині). На раму діють: рівномірно розподілене навантаження $q = 4$ кН/м на горизонтальній ділянці довжиною 2 м, та горизонтальна сила $P = 15$ кН, прикладена до середини вертикальної стійки висотою 4 м. Визначити реакції опор [cite: 2].

Розрахункова схема до Задачі 2



Розв'язання:

1. Розглядаємо рівновагу всієї рами.

2. Рівнодійна розподіленого навантаження: $Q = q \cdot 2 = 4 \cdot 2 = 8$ кН. Вона прикладена посередині горизонтальної балки, тобто на відстані 1 м від опори B і 1 м від осі вертикальної стійки [cite: 2].

3. Звільняємо від в'язей. Опора A (нерухомий шарнір) дає дві складові: X_A (вправо) і Y_A (вгору). Опора B (рухомий шарнір на горизонтальній площині) дає одну реакцію: R_B (або Y_B), спрямовану вертикально вгору [cite: 2, 4].

4. Складемо рівняння рівноваги. Для зручності почнемо з рівняння моментів відносно точки A (щоб виключити з нього дві невідомі X_A і Y_A) [cite: 2]:

- $\sum M_A = R_B \cdot 2 - Q \cdot 1 - P \cdot 2 = 0$

- $\sum X_i = X_A + P = 0$

- $\sum Y_i = Y_A + R_B - Q = 0$

5. Визначаємо реакції:

З рівняння (1): $R_B \cdot 2 = 8 \cdot 1 + 15 \cdot 2 = 8 + 30 = 38 \Rightarrow R_B = 19$ кН.

З рівняння (2): $X_A = -P = -15$ кН (спрямована вліво).

З рівняння (3): $Y_A = Q - R_B = 8 - 19 = -11$ кН (спрямована вниз).

Перевірка: Складемо рівняння моментів відносно точки B :

$\sum M_B = -Y_A \cdot 2 + Q \cdot 1 - P \cdot 2 = -(-11) \cdot 2 + 8 \cdot 1 - 15 \cdot 2 = 22 + 8 - 30 = 0$. Реакції знайдено абсолютно правильно.

5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ

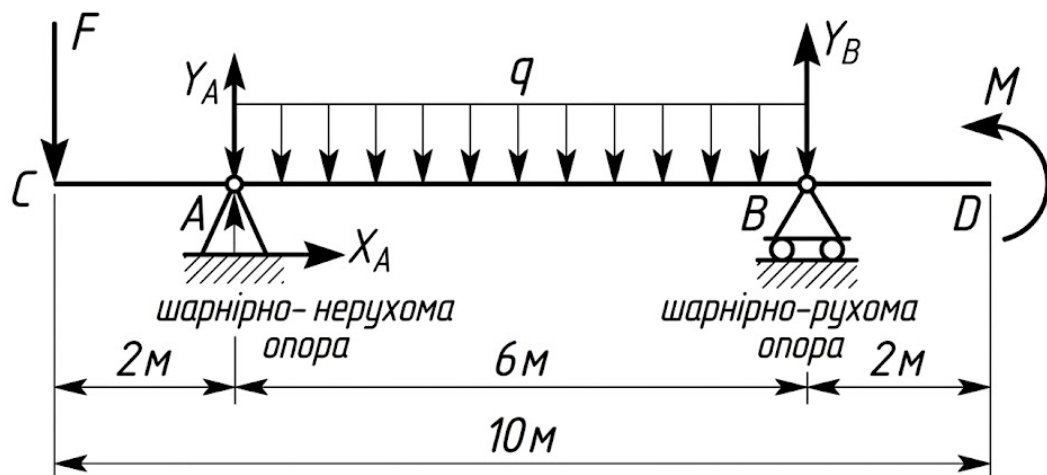
Методична вказівка: Здобувачі самостійно виконують розрахунки. Звітуння здійснюється у форматі створення цифрового портфоліо в системі LMS або під час індивідуального захисту. Під час виконання РГР дозволяється користуватися розрахунковими схемами з довідників [cite: 7].

Варіант 1: Двоопорна балка з консолями. Балка лежить на шарнірних опорах A та B . Прогін між опорами 6 м. Ліва консоль (звис) має довжину 2 м, права — 2 м. На лівій консолі вертикально вниз діє сила $F = 10$ кН. На прогоні між опорами діє рівномірно розподілене навантаження $q = 5$ кН/м. На правому кінці діє пара сил $M = 20$ кН·м. Знайти реакції опор R_A та R_B .

Варіант 2: Зварна П-подібна рама. Рама закріплена в жорсткому защемленні (нижній кінець вертикальної стійки). На горизонтальний ригель діє вертикальна сила $P = 25$ кН. Визначити три компоненти реакції защемлення.

Завдання для самостійної роботи (Варіант 1)

Розрахункова схема до Задачі 3



6. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Запишіть основні аналітичні умови рівноваги довільної плоскої системи сил [cite: 2, 3].
- Чим відрізняються реакції шарнірно-нерухомої опори від реакцій жорсткого защемлення? [cite: 2, 4]
- Як правильно визначити модуль та точку прикладання рівнодійної сили для рівномірно розподіленого навантаження? [cite: 2, 4]
- Чому при складанні рівняння моментів центр моментів доцільно обирати саме в точці однієї з опор? [cite: 2]
 - Як здійснити математичну перевірку правильності знайдених опорних реакцій?

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ № 3

ТЕМА: Визначення зусиль у стрижнях плоских зварних ферм (спосіб вирізання вузлів та спосіб Ріттера) (2 год)

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ЗАНЯТТЯ

- **Навчальна мета:** Оволодіти практичними навичками розрахунку внутрішніх зусиль у стрижнях плоских ферм. Засвоїти алгоритми методу вирізання вузлів для повного розрахунку конструкції та методу перерізів (способу Ріттера) для вибіркового розрахунку зусиль у панелях ферми [cite: 2, 7].
- **Розвиваюча мета:** Розвивати просторове та інженерно-математичне мислення. Удосконалювати здатність абстрагуватися від другорядних конструктивних елементів зварних вузлів для побудови строгої розрахункової схеми [cite: 7].
- **Виховна та інклюзивна мета:** Виховувати глибоке усвідомлення особистої інженерної відповідальності за розрахунки металоконструкцій, що безпосередньо впливають на безпеку життєдіяльності та надійність експлуатації [cite: 7]. Забезпечувати психологічно безпечне та безбар'єрне середовище для слухачів, що проходять перекваліфікацію, ветеранів та учасників бойових дій, спираючись на принципи педагогіки, обізнаної з травмою (без акцентування на катастрофічних наслідках руйнувань, фокус на розрахунках міцності) [cite: 7].

2. ТЕОРЕТИЧНИЙ МІНІМУМ (АКТУАЛІЗАЦІЯ ЗНАНЬ)

В інженерній практиці **фермою** називають геометрично незмінну конструкцію, що складається з прямолінійних стрижнів, з'єднаних між собою по кінцях за допомогою вузлів [cite: 2, 3]. Якщо осі всіх стрижнів лежать в одній площині, ферма називається плоскою [cite: 3].

Для переходу від реальної зварної металоконструкції до ідеалізованої розрахункової моделі в опорі матеріалів та теоретичній механіці приймають три основні припущення [cite: 2]:

- Вузли ферми вважаються **ідеальними шарнірами** (без тертя).
- Усі зовнішні навантаження (активні сили) прикладаються **виключно у вузлах**.
- Вагою самих стрижнів нехтують або розподіляють її по вузлах.

Внаслідок цих припущень стрижні ферми працюють **тільки на розтяг або стиск** (згинальні моменти та поперечні сили відсутні) [cite: 2, 3]. Зусилля спрямовується строго вздовж осі стрижня.

Леми про нульові стрижні (спрощують розрахункову схему) [cite: 3]:

- Якщо у ненавантаженому вузлі сходяться лише **два** не колінеарні стрижні, зусилля в обох дорівнюють нулю ($S_1 = 0, S_2 = 0$) [cite: 3].
- Якщо у ненавантаженому вузлі сходяться **три** стрижні, двоє з яких лежать на одній прямій, зусилля у третьому дорівнює нулю ($S_3 = 0$), а зусилля в перших двох рівні між собою [cite: 3].
- Якщо до вузла з двома стрижнями прикладено силу, лінія дії якої збігається з одним із них, то зусилля в цьому стрижні дорівнює за модулем сили, а в іншому — нулю [cite: 3].

3. АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ (МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ)

Розрахунок будь-якої ферми завжди починається з **визначення опорних реакцій** (як для цілого твердого тіла), складаючи три рівняння статики: $\sum X_i = 0, \sum Y_i = 0, \sum M_A = 0$ [cite: 2]. Далі застосовують один із методів:

3.1 Спосіб вирізання вузлів

Застосовується для повного розрахунку всіх зусиль у фермі [cite: 2, 3]:

1. Подумки вирізати вузол, у якому сходяться **не більше двох** невідомих стрижнів.
2. Прикласти всі зовнішні сили, що діють на вузол, та реакції перерізованих стрижнів.

- Реакції невідомих стрижнів завжди спрямовувати **від вузла** (тобто припускати, що стрижень розтягнутий). Якщо в результаті обчислень зусилля виявиться від'ємним, це означає, що стрижень насправді **стиснутий** [cite: 2, 3].
 - Скласти та розв'язати два рівняння проєкцій: $\sum X_i = 0$, $\sum Y_i = 0$ [cite: 3].
- Послідовно переходити до наступних вузлів, де залишилося не більше двох невідомих.

3.2. Спосіб перерізів (Метод Ріттера)

Застосовується для вибіркового розрахунку зусиль (наприклад, тільки у середній панелі) [cite: 2]:

1. Провести уявний переріз, що розрізає ферму на дві частини, перетинаючи **не більше трьох** стрижнів з невідомими зусиллями [cite: 2].
2. Відкинути одну з частин (бажано ту, де більше навантажень). Розглянути рівновагу залишеної частини [cite: 2].
3. Замінити дію відкинутої частини зусиллями перерізованих стрижнів, спрямувавши їх **від перерізу** (на розтяг) [cite: 2].
4. Для знаходження невідомого зусилля скласти рівняння моментів відносно **точки Ріттера** (точки перетину двох інших перерізованих стрижнів). Їхні плечі дорівнюють нулю, і рівняння матиме лише одне невідоме [cite: 2].
5. Якщо два стрижні паралельні, скласти рівняння проєкцій на вісь, перпендикулярну до них [cite: 2].

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