

ІНСТРУКЦІЙНА КАРТА

Для проведення лабораторно-практичних занять

З курсу Технічна механіка

Тема заняття Плоска система сил

Робоче місце Практична робота №1

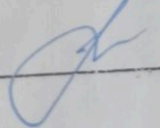
Назва роботи Рівновага плоскої системи збіжних сил

Тривалість заняття 120 хв

Викладач  Біляк О.В.

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічних дисциплін

Протокол № 1 від "29" серпня 2017р

Голова комісії  Мельник О.М.



Практичне заняття 1

Рівновага плоскої системи збіжних сил

Мета. Поглибити теоретичні знання при проведенні практичних розрахунків. Оволодіти методикою визначення реакцій опор при виконанні розрахунково-графічної роботи.

Навчально-методичне забезпечення: інструкційна картка, схеми, завдання.

Матеріально-технічне обладнання: лінійка, олівець, транспортир, ЕОМ.

Література: Ердеді О.О. та ін. Технічна механіка. – К.: Вища школа, 1983.

Зміст та послідовність виконання роботи

1. Вибрати згідно із своїм варіантом вихідні дані та схему до задачі 1 (табл. 1.5).
2. Зобразити задану стержневу систему.
3. Розглянути рівновагу шарніра. Побудувати схему його навантаження. Вибрати систему координатних осей, провівши одну з них через невідому реакцію.
4. Скласти рівняння рівноваги.
5. Визначити зусилля в стержнях.
6. Виконати перевірку розв'язання графічним способом.
7. Написати відповідь.
8. Зробити висновок.
9. Дати відповідь на контрольні запитання.

Студенту необхідно знати: умови і рівняння рівноваги плоскої системи збіжних сил.

Необхідно вміти:

- замінювати зв'язки їх реакціями;
- визначати масштаб сил;
- знаходити об'єкт, на який діють всі активні і реактивні сили;
- вибирати раціональний напрямок координатних осей;
- будувати силовий багатокутник;
- проектувати силу на осі координат;
- складати рівняння рівноваги.

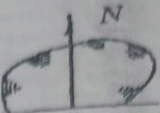
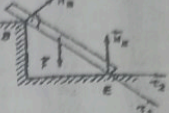
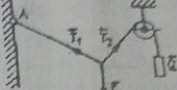
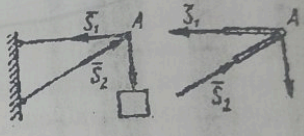
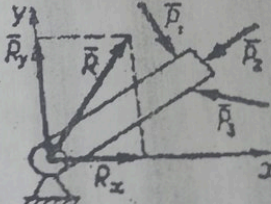
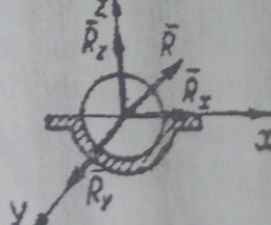
• Теоретичні відомості

Статика вивчає умови, за яких тіло знаходиться в рівновазі під дією заданої системи сил. Рівновагою вважається такий стан, при якому тіло перебуває у спокої або рухається прямолінійно і рівномірно.

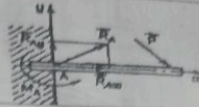
Тіла поділяють на вільні і невольні. Під абсолютно вільним тілом розуміють тіло, яке може переміщуватися в просторі в будь-якому напрямку. Більшість тіл - невольні, їх рух обмежується взаємодією з іншими тілами. Тіла, які обмежують рух даного тіла в просторі, називаються зв'язками. Сила, з якою зв'язок діє на дане тіло, називається реакцією зв'язку. При розв'язанні задач реакції зв'язків в більшості випадків невідомі. Розглядаючи зв'язки та їх реакції, необхідно мати на увазі, що реакція зв'язку є силою протидії завжди має напрямок, протилежний силі дії даного тіла на зв'язок (опору). Реакція зв'язку завжди направлена в бік, протилежний можливому рухові. Залежно від характеру закріплення тіл розрізняють кілька типів зв'язків (табл.1.1)

Плоска система збіжних сил в загальному випадку еквівалентна одній силі - рівнодіючій. Рівнодіюча плоскої системи збіжних сил $\sum F$ дорівнює геометричній сумі всіх сил системи $\sum F = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$, чисельно рівнодіюча дорівнює: $\sum F = \sqrt{\sum_x F + \sum_y F}$.

Рівновага тіла буде забезпечена у випадку, коли рівнодіюча рівна нулю. Геометричною умовою рівноваги є замкнутість силового багатокутника, побудованого на силах системи.

Вид зв'язку і напрям його реакції	Графічне зображення зв'язку і його реакції
1. <i>Ідеально гладка поверхня</i> Реакція N напрямлена вздовж нормалі до поверхні в бік тіла	
2. <i>Опорна точка чи ребро</i> Реакція N напрямлена перпендикулярно до поверхні тіла чи опірної поверхні в бік тіла	
3. <i>Гнучкий зв'язок (нитка, ланцюг, канат)</i> Гнучкий зв'язок може бути тільки розтягнутим, тому реакція T напрямлена вздовж зв'язку від точки підвісу	
4. <i>Ідеальний стержень, кінці якого кріпляться шарнірно, навантажений на кінцях.</i> Реакція S напрямлена по прямій, яка проходить через центри шарнірів, і прикладена до шарніру, рівновага якого вивчається. Ідеальний стержень працює на розтяг або стиск	
5. <i>Рухомий циліндричний шарнір</i> Зв'язок дозволяє тілу обертатися навколо осі шарніра і рухатися разом з шарніром вздовж опірної поверхні. Реакція R напрямлена перпендикулярно до опірної поверхні	
6. <i>Нерухомий циліндричний шарнір – радіальний підшипник, петля</i> Реакція лежить в площині, перпендикулярній до осі шарніра, напрямок її невідомий. При розв'язуванні задач реакцію зображають її складовими: R_x і R_y $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$	
7. <i>Сферичний шарнір, упорний підшипник, під'ятник</i> Напрямок реакції в просторі може бути довільним залежно від активних сил. При розв'язку задач її зображають у вигляді трьох складових: R_x, R_y, R_z $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$	

8. Жорстке закріплення у випадку дії на тіло плоскої системи сил Реактивні сили можна зобразити у вигляді опорної реакції R_A та реактивного моменту M_A



Аналітичною умовою рівноваги плоскої системи збіжних сил є рівність нулю алгебраїчної суми проєкцій сил системи на дві довільні взаємно перпендикулярні осі

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0; \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0$$

При розв'язуванні задач для спрощення рівнянь рівноваги координатні осі вибирають таким чином, щоб хоча б одна з осей співпадала з невідомою реакцією. Послідовність дій при побудові силового многокутника для визначення рівноваги плоскої системи збіжних сил (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Найменування операцій	Виконана дія
1. З довільної точки O відкласти вектор сили F_1	
2. З кінця першого вектора відкласти вектор другої сили F_2 . З кінця другого вектора відкласти вектор третьої сили і т.д. Повторити операцію n-1 раз.	
3. Направити замикаючий вектор від початку першого вектора (точки O) до кінця останнього F_n	
4. Визначити модуль і напрямок рівнодійної: а) при $\sum F = 0$ система сил урівноважена б) при $\sum F \neq 0$ система сил не урівноважена	

Рівняння для визначення рівноваги плоскої системи сил (табл. 1.3).

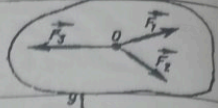
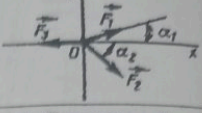
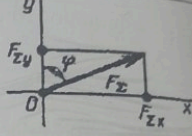
Таблиця 1.3

Збіжних сил		$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0, \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0$
Паралельних сил		$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0, \sum_{i=1}^n M_o(F)_i = 0$
Довільно розміщених сил		$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0, \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0, \sum_{i=1}^n M_o(F)_i = 0$



Послідовність дій при визначенні рівнодіючої методом проекцій сил для заданої плоскої системи збіжних сил (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

1. Зобразити схематично тіло і задані сили; знайти точку перетину цих сил	
2. Провести осі координат так, щоб одна вісь була перпендикулярна деяким силам. Початок координат повинен збігатися з точкою перетину сил. Вказати гострі кути, утворені силами з осями координат.	
3. Визначити проекції всіх сил на осі координат. Сума проекцій усіх сил на осі x і y дорівнює проекціям $\sum F_x$ $\sum F_y$ рівнодіючої сили	$\sum F_x = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - F_3$ $\sum F_y = F_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2$
4. На осях координат - відкласти проекції рівнодіючої сили. Ці відрізки утворюють сторони прямокутника, діагональ якого - рівнодіюча.	 $F_r = \sqrt{F_{rx}^2 + F_{ry}^2}$
5. Обчислити тангенс кута φ і знайти цей кут	$\tan \varphi = \frac{\sum F_x}{\sum F_y}$
6. Якщо сума проекцій усіх сил на кожну вісь дорівнює нулю, то і рівнодіюча дорівнює нулю, отже, задана система сил урівноважена	При $\sum F = 0$ система сил урівноважена

Приклад розв'язку задачі

Система двох стержнів навантажена силою $F = 170 \text{ кН}$ (рис. 1.3, а). Визначити реакції стержнів. Масою стержнів знехтувати

Розв'язок

1. Розглядаємо рівновагу шарніра С, на якій діє система збіжних сил: активна сила F та реакції зв'язків N_1 та N_2 (рис. 1.3, б).

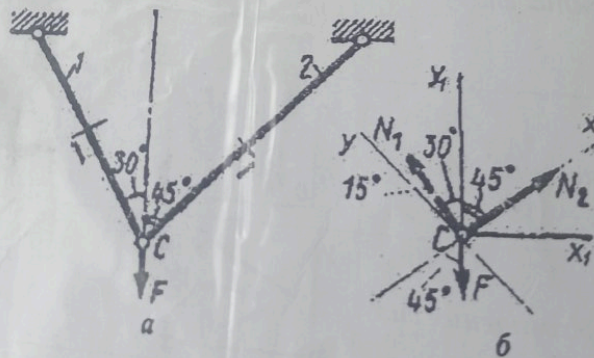


Рис 1.3

2. Вибірємо систему координат xOy , провівши вісь x через невідому реакцію N_2 . Складаємо рівняння:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = N_2 + N_1 \cos 75^\circ - F \cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = N_2 + N_1 \cos 15^\circ - F \cos 45^\circ = 0$$

3. Визначаємо зусилля в стержнях $N_1 = \frac{F \cos 45^\circ}{\cos 15^\circ} = \frac{170 \cos 45^\circ}{\cos 15^\circ} = 124,45 \text{ кН};$

$$N_2 = F \cos 45^\circ - N \cos 75^\circ = 170 \cos 45^\circ - 124,45 \cos 75^\circ = 87,98 \text{ кН}.$$

4. Виконуємо перевірку, вибравши нове розміщення координатних осей x_1Oy_1 (рис. 1.3, б)

$$\sum_{i=1}^n F_{\theta,i} = N_1 \cos 30^\circ + N_2 \cos 45^\circ - F = 124,45 \cos 30^\circ + 87,98 \cos 45^\circ - 170 = 0$$

отже, зусилля в стержнях визначено правильно.

Відповідь: $N_1=124,45 \text{ кН}$, $N_2=87,98 \text{ кН}$.

Задача

Варіант _____

Задана стержнева система навантажена силами $F_1 = \text{_____ кН}$, $F_2 = \text{_____ кН}$, $F_3 = \text{_____ кН}$. Визначити реакції стержнів. Масою стержнів знехтувати. Вихідні дані та схему вибрати згідно зі своїм варіантом (табл. 1.6).

Розв'язок

1. Зображаємо задану стержневую систему :
2. Розглядаємо рівновагу шарніра. Будуємо схему його навантаження. Вибірємо систему координат XU , провівши вісь x чи y через невідому реакцію.
3. Складаємо рівняння рівноваги. $\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0$, $\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0$
4. Визначаємо зусилля в стержнях.
5. Виконуємо перевірку розв'язку, вибравши нове розміщення координатних осей x_1Oy_1 (зображаємо нову схему і записуємо умови рівноваги)
6. Записуємо відповідь:
7. Робимо висновок: якщо умова рівноваги виконується, то реакції стержнів визначено правильно.

Варіанти завдань

Таблиця 1.5

Варіант вихідних даних	Сили, кН			Кути, град	
	F_1	F_2	F_2	α	β
1	30	35	40	25	30
2	50	50	45	30	50
3	60	50	50	45	60
4	45	50	55	35	40
5	55	60	60	50	40
6	40	60	30	45	60
7	40	30	40	30	40
8	40	30	20	35	55
9	20	35	35	30	45

10	25	35	65	35	60
11	20	80	50	25	30
12	30	20	90	30	50
13	40	60	20	45	60
14	50	70	80	35	40
15	60	50	30	50	40
16	70	50	40	45	60
17	60	30	90	30	40
18	50	40	80	35	55
19	40	70	20	30	45
20	30	50	60	35	60
21	20	70	90	25	30
22	80	60	40	30	50
23	30	70	80	45	60
24	50	90	60	35	40
25	40	60	80	50	40
26	50	20	70	45	60
27	30	40	60	30	40
28	20	80	30	35	55
29	60	50	30	30	45
30	90	70	40	35	60

