

Міністерство освіти і науки України
Мирогощанський аграрний фаховий коледж

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 80 хв

Викладач _____ Альона КОРНЕЛЮК

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічних дисциплін

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 20__ р.

Голова комісії _____ Ольга МЕЛЬНИК

Практична робота 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.

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

Зміст та послідовність виконання роботи

Вибрати згідно із своїм варіантом вихідні дані та схему до задачі 1 (табл. 1.5).

1. Зобразити задану стержневу систему.
2. Розглянути рівновагу шарніра. Побудувати схему його навантаження. Вибрати систему координатних осей, провівши одну з них через невідому реакцію.
3. Скласти рівняння рівноваги.
4. Визначити зусилля в стержнях.
5. Виконати перевірку розв'язання графічним способом.
6. Написати відповідь.
7. Зробити висновок.
8. 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 невільні. Під абсолютно вільним тілом розуміють тіло, яке може переміщуватися в просторі в будь-якому напрямку. Більшість тіл - невільні, 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

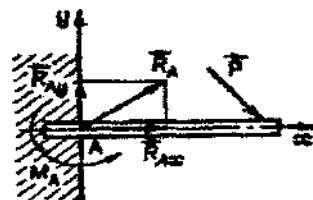
геометричній сумі всіх сил системи $\sum F = \sum_{i=1}^n F_i$, чисельно рівнодіюча

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.

<https://docs.google.com/presentation/d/1eWVILPLzSm3Wd1ElB2zNJVkh4SrqQ7GD/edit?usp=sharing&ouid=103912148940254308897&rtpof=true&sd=true>

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 опорної 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</i>, кінці якого кріпляться шарнірно, навантажений на кінцях. 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 опорної поверхні. Реакція R напрямлена перпендикулярно до опорної поверхні	
6. <i>Нерухомий циліндричний шарнір</i> –радіальний підшипник, петля Реакція лежить в площині, перпендикулярній до осі шарніра, напрямок її невідомий. При розв'язуванні задач реакцію зображають її складовими: $R_x, R_y, R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$	
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).

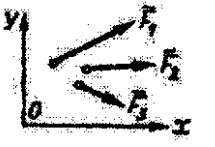
Таблиця 1.2

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 напрям рівнодійної: а) при $\sum F = 0$ система сил врівноважена б) при $\sum F \neq 0$ система сил не врівноважена	

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

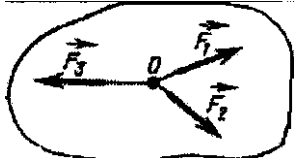
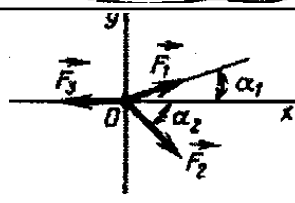
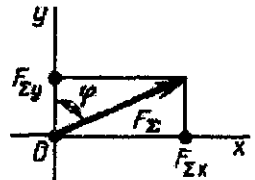
Таблиця 1.3

Збіжних сил		$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 , \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0$
-------------	--	---

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

Послідовність дій при визначенні рівнодіючої методом проекції 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 рівнодійної сили. Ці відрізки утворюють сторони прямокутника, діагональ якого – рівнодіюча.	 $F_z = \sqrt{F_{zx}^2 + F_{zy}^2}$
5.Обчислити тангенс кута φ і знайти цей кут	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum F_x}{\sum F_y}$
6. Якщо сума проекцій всіх сил на кожен вісь дорівнює нулю, то і рівнодійна дорівнює нулю, отже, задана система сил врівноважена	При $\sum F = 0$ система сил врівноважена

Приклад розв'язку задачі

Система двох стержнів навантажена силою $F = 170$ 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).

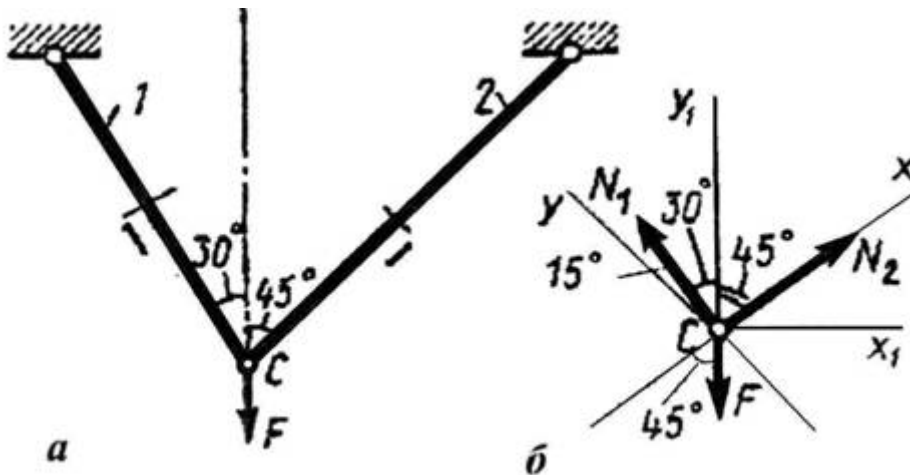


Рис 1.3

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

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

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

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

$$N_2 = F \cos 45^\circ - N_1 \cos 75^\circ = 170 \cos 45^\circ - 124,45 \cos 75^\circ = 87,98 \text{ кН.}$$

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

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

отже, зусилля в стержнях визначено правильно.

Відповідь: $N_1 = 124,45$ кН, $N_2 = 87,98$ кН.

<https://www.youtube.com/watch?v=yDIpKTtq5a0>

Задача

Варіант

Задана стержнева система навантажена силами $F_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ кН, $F_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ кН $F_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 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. Вибираємо систему координат ХУ, 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 $x_1 O y_1$ (зображаємо нову схему і записуємо умови рівноваги)

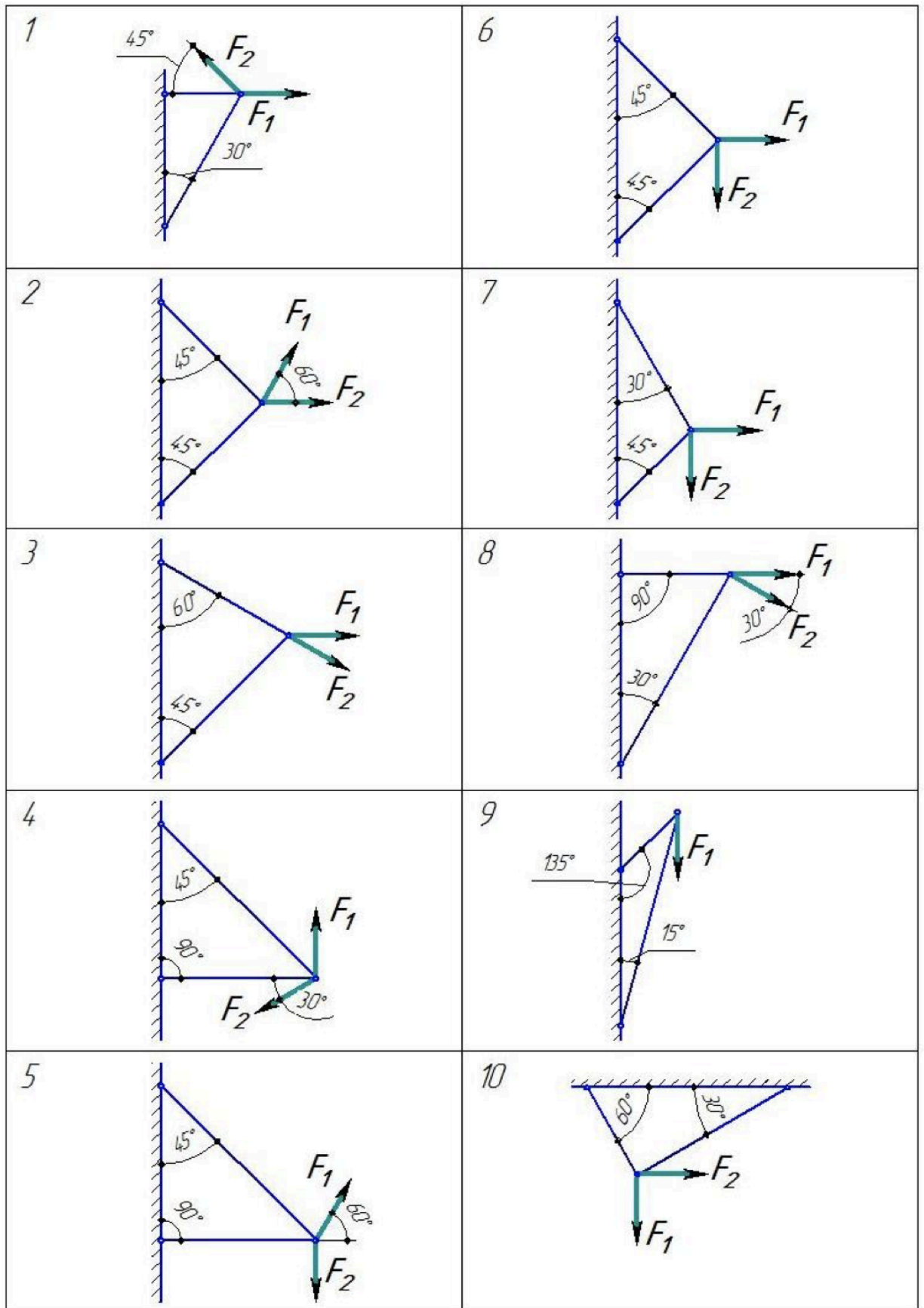
6. Записуємо відповідь:

7. Робимо висновок: якщо умова рівноваги виконується, то реакції стержнів визначено правильно.

Варіанти завдань

Таблиця 1.5

Варіант вихідних даних	Сили, кН		Варіант вихідних даних	Сили, кН	
	F_1	F_2		F_1	F_2
1	30	50	16	30	35
2	20	70	17	50	20
3	80	60	18	30	50
4	30	70	19	45	60
5	50	90	20	55	25
6	40	60	21	40	30
7	50	20	22	45	20
8	30	40	23	40	35
9	20	80	24	20	35
10	60	50	25	25	10
11	10	20	26	50	15
12	20	30	27	40	25
13	30	40	28	30	35
14	40	50	29	20	45
15	50	20	30	55	65



Контрольні запитання

- 1.Що називають силою, чим вона характеризується та в яких одиницях вимірюється ?
2. Що називають в'яззю? Сила реакції в'язей.
3. Що називається проекцією сили на вісь?
- 4.Які рівняння рівноваги можна скласти для плоскої системи збіжних сил?