

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічних робіт з розділу
“Статика”

для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”
галузі знань 19 – “Архітектура та будівництво”
напряму підготовки
192 – “Будівництво та цивільна інженерія”
усіх форм навчання

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри
промислового і цивільного
будівництва
Протокол №9 від 23.03.2018 р.

Чернігів ЧНТУ 2018

Теоретична механіка. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з розділу “Статика” для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” галузі знань 19 – “Архітектура та будівництво” напряму підготовки 192 – “Будівництво та цивільна інженерія” усіх форм навчання / Укл.: Ситников О.П. – Чернігів: ЧНТУ, 2018 – 21 с.

Укладач: Ситников Олександр Павлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри промислового і цивільного будівництва

Відповідальний за випуск: Савченко Олена Віталіївна, завідувач кафедри промислового і цивільного будівництва, кандидат технічних наук, професор

Рецензент: Завацький Сергій Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри промислового і цивільного будівництва Чернігівського національного технологічного університету

ЗМІСТ

<u>ВСТУП.....</u>	<u>4</u>
<u>ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....</u>	<u>5</u>
<u>Розрахунково-графічна робота №1</u> <u>ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРНИХ РЕАКЦІЙ БАЛКИ ТА РЕАКЦІЙ</u> <u>ЖОРСТКОГО ЗАЩЕМЛЕННЯ КОНСОЛІ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ</u> <u>НАВАНТАЖЕННЯ.....</u>	<u>6</u>
<u>Розрахунково-графічна робота № 2</u> <u>ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЦЕНТРА ТЯЖІННЯ ПЛОЩІ</u> <u>ПЛОСКОЇ ФІГУРИ.....</u>	<u>13</u>
<u>ДОДАТОК.....</u>	<u>20</u>
<u>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....</u>	<u>21</u>

ВСТУП

Дисципліна «Теоретична механіка» є нормативною і належить до циклу науково-природничої та професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” галузі знань 19 – “Архітектура та будівництво” напрямів підготовки 192 – “Будівництво та цивільна інженерія”

Предметом вивчення дисципліни є найбільш загальні закони рівноваги матеріальних тіл, які перебувають в стані механічної взаємодії з іншими тілами.

Відповідно до вимог кваліфікаційної характеристики фахівця з промислового та цивільного будівництва «Теоретична механіка» є базовою для вивчення таких дисциплін, як «Опір матеріалів», «Будівельна механіка». Набуті знання та вміння застосовуються під час вивчення спеціальних дисциплін.

Основним завданням вивчення дисципліни «Теоретична механіка» є теоретична та практична підготовка студентів з розділів:

- Рівновага довільної плоскої системи сил.
- Рівновага довільної просторової системи сил.
- Рівновага невідного твердого тіла та системи тіл.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні знати :

- основні поняття та закони механіки;
- основні методи та алгоритми дослідження спокою таких об'єктів, які з прийнятною для практики точністю моделюються вихідними абстракціями теоретичної механіки;
- загальні теореми та принципи механіки, які ведуть до найбільш ефективного і раціонального розв'язання будівельних задач.

вміти :

- складати розрахункові моделі, які з прийнятною точністю відтворюють реальну поведінку реальних об'єктів;
- виконувати еквівалентні перетворення систем сил, визначати умови рівноваженості різних систем сил;
- застосовувати математичний апарат та алгоритми, які реалізують розв'язання поставленої задачі;
- виконувати аналіз розв'язку і робити з цього аналізу висновки;
- у виробничих умовах робити досить точні передбачення щодо експлуатаційної поведінки конструкцій.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Виконання розрахунково-графічної роботи передбачене навчальним планом по вивченню дисципліни “Теоретична механіка” й є обов'язковим видом самостійної роботи для кожного студента.

Під час вивчення дисципліни “Теоретична механіка” дані методичні вказівки використовуються викладачем при проведенні практичних занять, а студентами в процесі самостійної роботи при розв'язку задач до практичних занять та виконанні завдань розрахунково-графічних робіт.

Термін здачі завдань і номери варіантів вказуються викладачем у плані-графіку виконання самостійних робіт.

Під час розв'язування задачі, що визначена у завданні, слід використовувати конспект лекцій, рекомендовану літературу і відповідні методичні вказівки. Виконуючи розрахунково-графічну роботу, необхідно засвоїти основні визначення, положення та відповідні теореми.

Зарахування розрахунково-графічної роботи відбувається під час її захисту у визначений викладачем час. Захист роботи включає представлення оформленого варіанту розрахунково-графічної роботи, пояснення розв'язку задачі, знання теоретичного матеріалу.

Порядок оформлення розрахунково-графічної роботи

Розрахунково-графічну роботу виконувати на стандартних аркушах паперу формату А4 (210*297) мм, береги 20 мм. Записи робити тільки з одного боку аркушу. Приклад оформлення титульної сторінки поданий в додатку.

Розв'язок задачі проводити згідно плану, який застосовується до даного типу задач, з поясненнями. Роботу виконувати кульковою ручкою, а рисунок до задачі і розрахункові схеми — олівцем під лінійку.

Розрахунково-графічна робота №1

тема “Визначення опорних реакцій балки та реакцій жорсткого защемлення консолі для різних видів навантаження”

Умова задачі

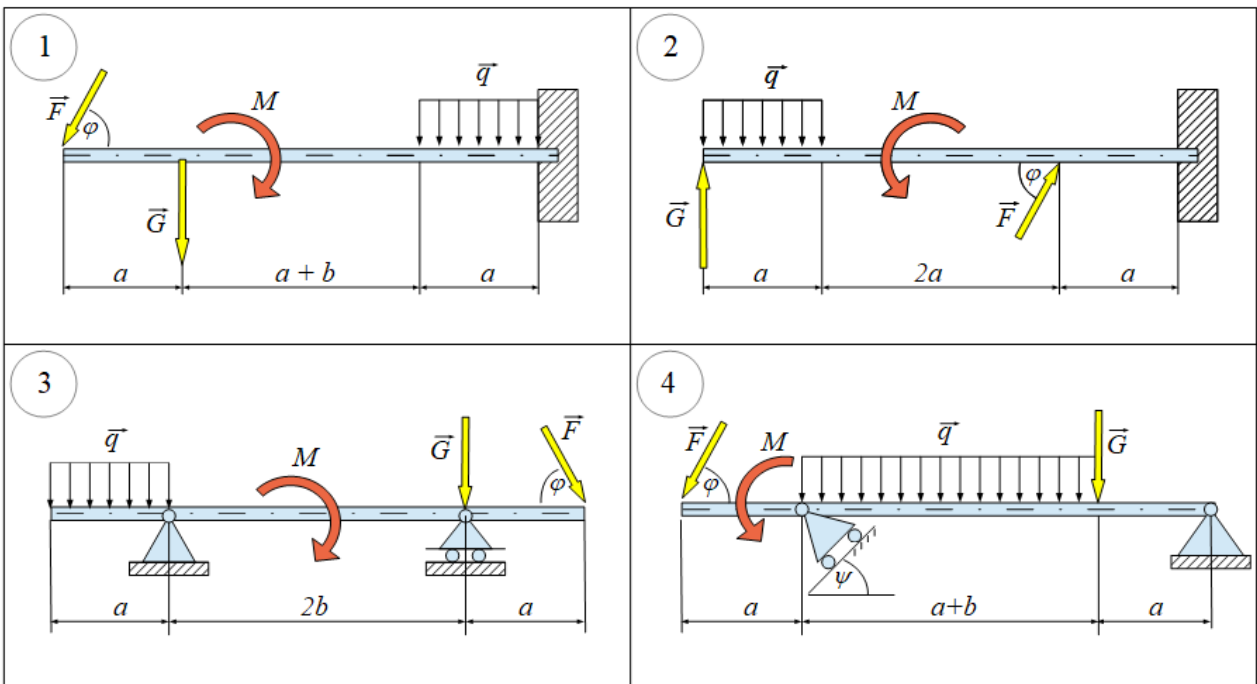
На балку (консоль) вагою $P = 2 \text{ кН}$ діють зосереджені сили F і G , рівномірно розподілене навантаження з інтенсивністю q , пара сил із моментом M . Визначити модуль і напрям реакцій опор (модуль і напрям реакцій жорсткого защемлення), якщо відомі відстані a і b та кути φ і ψ .

План розв'язку задачі

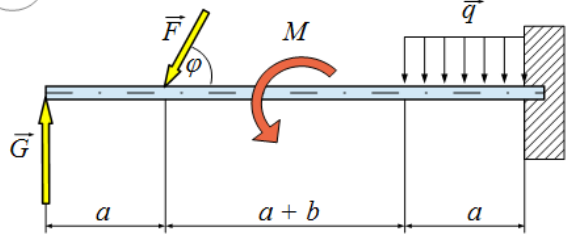
1. Прочитати умову задачі та записати вихідні дані. Зробити рисунок до задачі.
2. Визначити об'єкт дослідження, тобто тіло, рівновага якого розглядається.
3. Виявити активні сили та в'язі.
4. Подумки звільнити тіло від в'язей й замінити їх дію на тіло реакціями в'язей. Початок системи координат OXY поєднати з лівим кінцем балки (консолі). Вісь OX спрямувати вздовж осі балки (консолі).
 - 4.1. Розподілене навантаження замінити зосередженою силою.
 - 4.2. Якщо активні сили діють під деяким гострим кутом до осі балки (консолі), то їх слід розкласти на горизонтальну та вертикальну складові.
 - 4.3. Невідомі реакції в'язей розкласти на горизонтальну та вертикальну складові.
 - 4.4. Активні та пасивні сили зобразити на розрахунковій схемі.
5. Вибрати форму аналітичних умов рівноваги та скласти рівняння рівноваги і провести їх розв'язок. Кількість невідомих реакцій в'язей не повинно перевищувати кількості незалежних рівнянь рівноваги. Тоді дана задача є статично визначеною.
6. Визначити модуль і напрям реакцій в'язей.
 - 6.1. Додатні значення модулів реакцій в'язей показують на те, що вони спрямовані так, як зображено на розрахунковій схемі. Якщо одержані значення модулів реакцій в'язей є від'ємними, то їх напрям слід змінити на протилежний.
 - 6.2. Зобразити реакції в'язей та активні сили на окремій розрахунковій схемі. За цим варіантом розрахункової схеми скласти рівняння рівноваги для перевірки розв'язку задачі.
7. Виконати перевірку розв'язку. Для цього використати рівність нулю алгебраїчної суми проєкцій усіх сил на ту координатну вісь, яка не використовується в рівняннях рівноваги або рівність нулю алгебраїчної суми моментів усіх сил відносно того нерухомого центра, який не розглядається в рівняннях рівноваги.
8. Записати відповідь.

Варіанти завдань

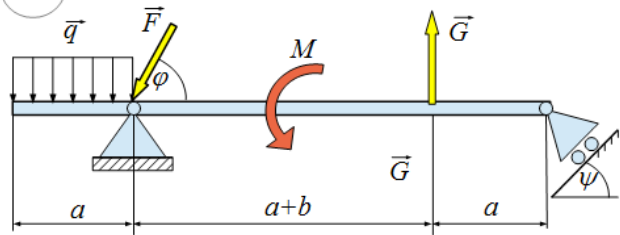
Варіант	Навантаження				Розміри		Кути	
	F кН	G кН	q кН/м	M кН·м	a м	b м	φ градус	ψ градус
1	8	10	1,6	12	2,6	1,4	60	30
2	10	15	0,6	10	4,0	2,8	30	-
3	24	20	0,8	18	4,6	1,8	30	-
4	30	25	1,8	16	2,4	1,2	60	45
5	36	6	3,0	8	3,2	2,0	45	-
6	20	12	2,4	6	3,0	3,0	60	30
7	12	8	1,6	12	2,2	2,0	60	-
8	8	10	1,4	8	1,8	1,5	30	-
9	6	14	0,6	14	1,6	2,5	60	30
0	12	16	1,0	2	2,0	2,4	45	-



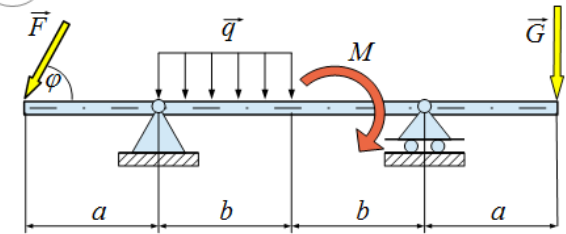
5



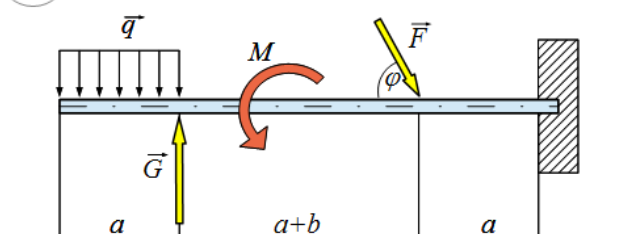
6



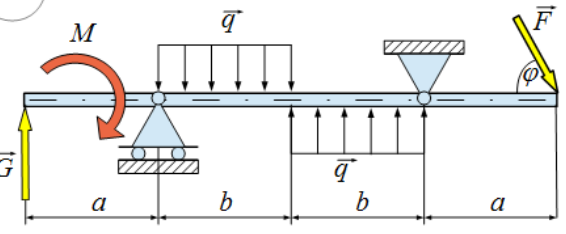
7



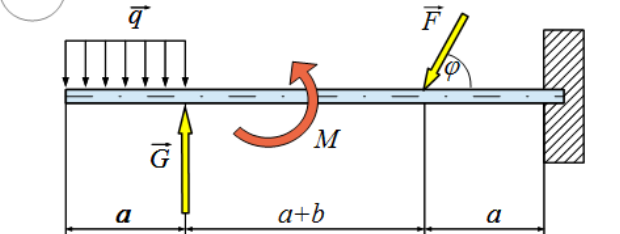
8



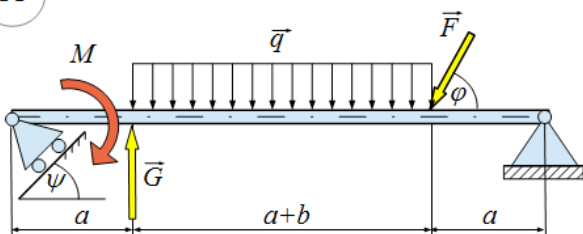
9



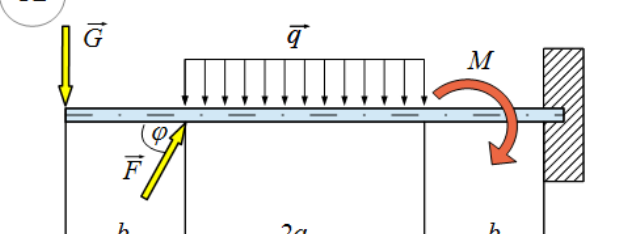
10

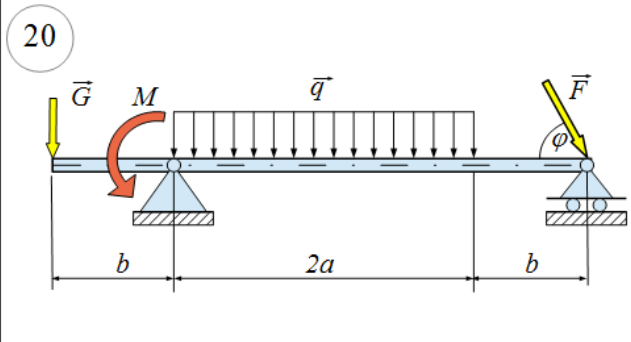
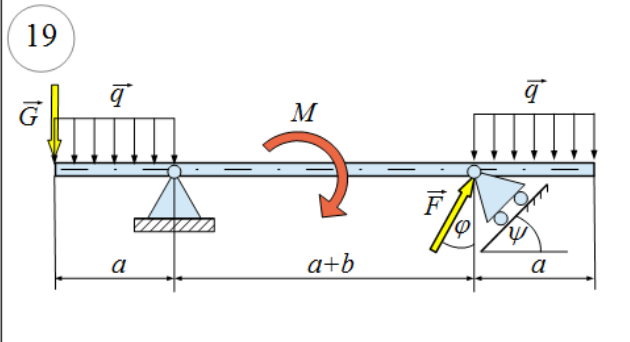
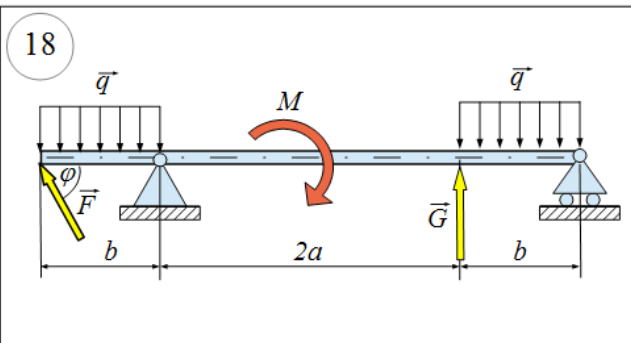
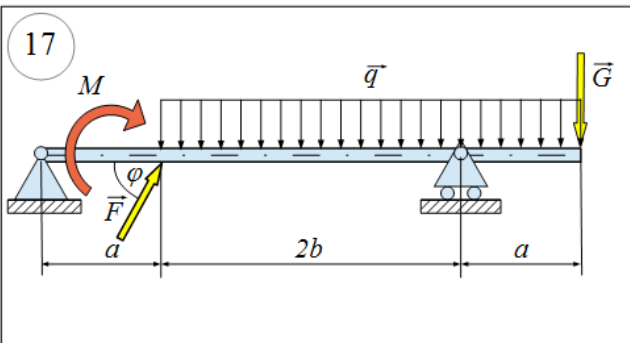
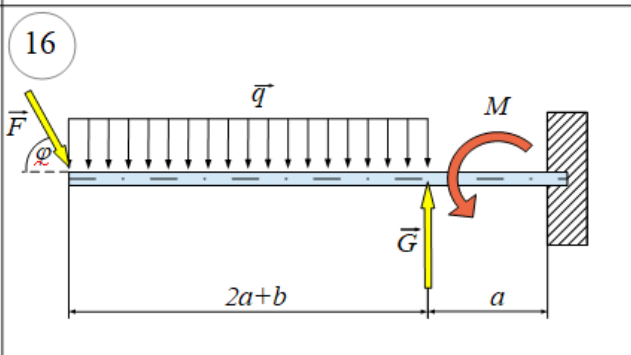
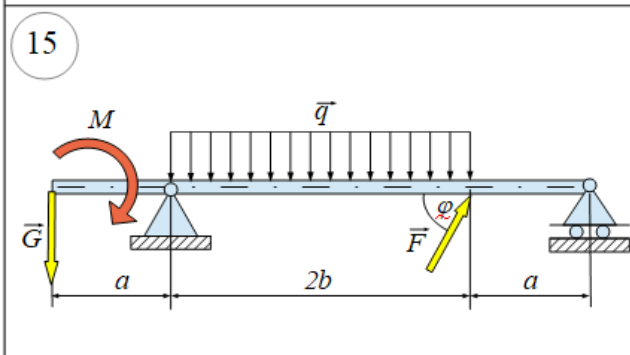
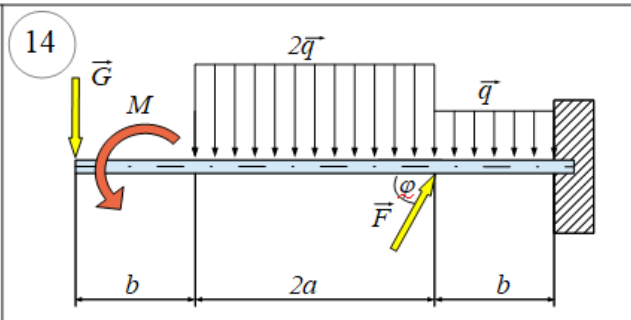
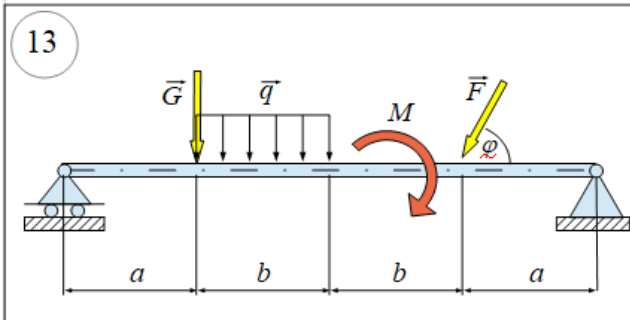


11



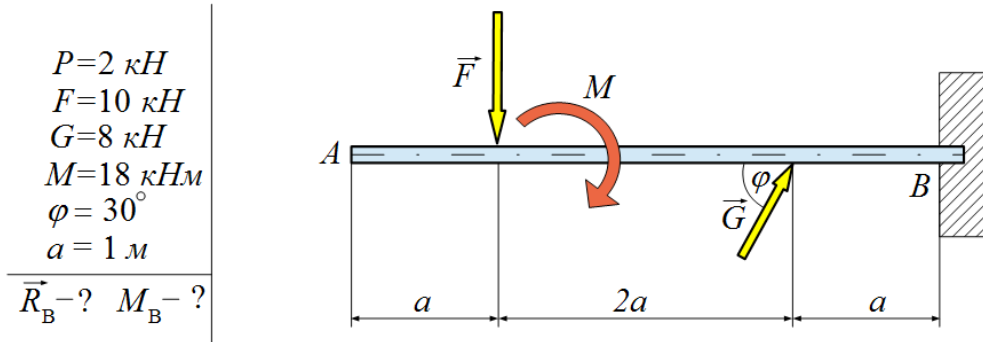
12





Приклад розв'язку задачі

На консоль вагою $P = 2 \text{ кН}$ діють зосереджена сила $F = 10 \text{ кН}$, зосереджена сила $G = 8 \text{ кН}$ під кутом $\varphi = 30^\circ$ до осі балки і пара сил із моментом $M = 18 \text{ кНм}$. Знайти модуль і напрям реакцій жорсткого защемлення, якщо $a = 1 \text{ м}$.



2. Консоль знаходиться в стані рівноваги.

3. На консоль діють активні сили: рівномірно розподілена сила тяжіння $m \vec{g}$, зосереджені сили \vec{F} і \vec{G} , пара сил із моментом M . В'язь є жорстке защемлення.

4. Подумки відкидаємо в'язь й замінюємо її дію на консоль реакцією защемлення \vec{R}_B і реактивним моментом M_B . Початок системи координат AXY поєднаємо з точкою A . Вісь AX спрямуємо вздовж осі консолі.

4.1. Рівномірно розподілену силу тяжіння замінюємо зосередженою силою $\vec{P} = m \vec{g}$, точка прикладання якої збігається з центром тяжіння консолі.

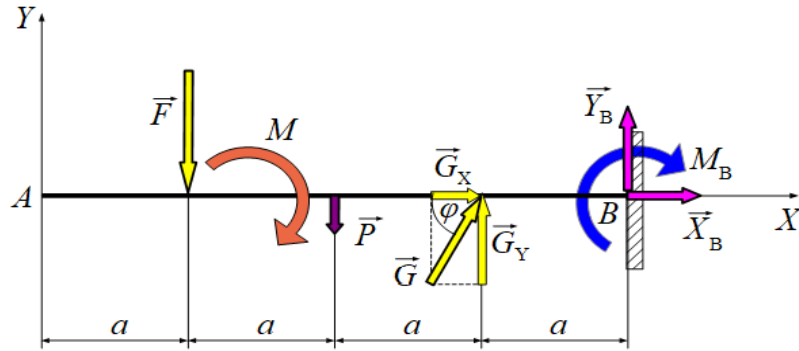
4.2. Оскільки зосереджена сила \vec{G} діє під кутом $\varphi = 30^\circ$ до осі консолі, розкладемо її на горизонтальну та вертикальну складові:

$$\vec{G} = \vec{G}_x + \vec{G}_y,$$

4.3. Напрямок реакції защемлення є невідомим, тому розкладемо її на горизонтальну та вертикальну складові:

$$\vec{R}_B = \vec{X}_B + \vec{Y}_B.$$

4.4. Активні та пасивні сили зображуємо на розрахунковій схемі.



5. Сили $\vec{P}, \vec{F}, \vec{G}, \vec{R}_B$, пара сил із моментом \vec{M} і пара сил, що створює реактивний момент \vec{M}_B , являють собою довільну систему сил, лінії дії яких лежать в одній площині AXY . Застосуємо першу форму аналітичних умов рівноваги довільної плоскої системи сил:

$$\sum_{i=1}^N F_{xi} = 0, \quad \sum_{i=1}^N F_{yi} = 0, \quad \sum_{i=1}^N M_B(\vec{F}_i) = 0.$$

Складемо рівняння рівноваги та визначимо невідомі величини:

$$\sum_{i=1}^N F_{xi} = G_X + X_B = 0, \quad \sum_{i=1}^N F_{yi} = -F - P + G_Y + Y_B = 0,$$

$$\sum_{i=1}^N M_B(\vec{F}_i) = -M_B - G_Y \cdot a + P \cdot 2a - M + F \cdot 3a = 0.$$

де $G_X = G \cos 30^\circ = 8 \cdot 0,866 = 6,93$ (кН), $G_Y = G \sin 30^\circ = 8 \cdot 0,5 = 4$ (кН).

Підставляємо відомі величини в рівняння рівноваги:

$$6,93 + H_B = 0, \quad (1)$$

$$-10 - 2 + 4 + V_B = 0, \quad (2)$$

$$-M_B - 4 + 4 - 18 + 30 = 0. \quad (3)$$

Задача є статично визначеною, тому що кількість невідомих реакцій в'язі дорівнює кількості незалежних рівнянь рівноваги.

$$\text{З рівняння (1)} \quad \Rightarrow \quad X_B = -6,93 \text{ кН}.$$

$$\text{З рівняння (2)} \quad \Rightarrow \quad Y_B = 8 \text{ кН} .$$

$$\text{З рівняння (2)} \quad \Rightarrow \quad M_B = 12 \text{ кНм} .$$

6. Визначаємо модуль і напрям реакцій зацмлення.

6.1. Оскільки $X_B = -6,93 \text{ кН}$ і $Y_B = 8 \text{ кН}$, то модуль реакції визначається формулою:

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = \sqrt{(-6,93^2) + 8^2} = 10,58 \text{ (кН)} .$$

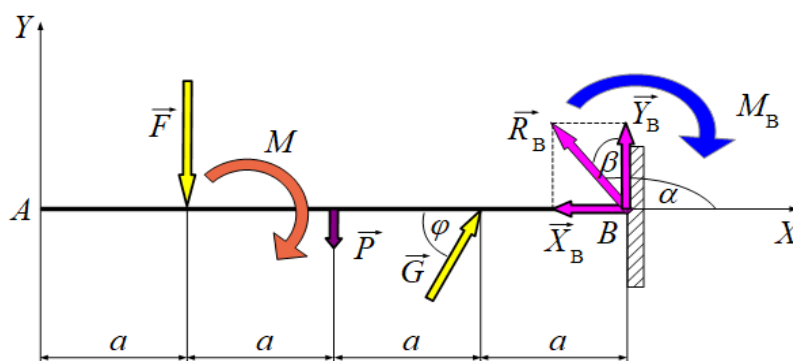
Від'ємне значення модуля горизонтальної складової $X_B = -6,93 \text{ кН}$ показує на те, що вона спрямована в протилежному напрямку, ніж це показано на розрахунковій схемі. Напрямок вектора \vec{R}_B визначається напрямними косинусами:

$$\cos \alpha = \frac{X_B}{R_B} = \frac{-6,93}{10,58} = -0,655, \quad \alpha = \arccos(-0,655) = 130,9^\circ,$$

$$\cos \beta = \frac{Y_B}{R_B} = \frac{8}{10,58} = 0,756, \quad \beta = \arccos 0,756 = 41^\circ .$$

Реактивний момент $M_B = 12 \text{ кНм} > 0$, тому він діє за ходом годинникової стрілки, як це показано на розрахунковій схемі.

6.2. Покажемо реакції зацмлення на розрахунковій схемі.



7. Перевірка:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N M_A(\vec{F}_i) &= -F \cdot a - M - P \cdot 2a + G_Y \cdot 3a + Y_B \cdot 4a - M_B = \\ &= -10 - 18 - 4 + 12 + 32 - 12 = 0 . \end{aligned}$$

8. Відповідь: модуль реакції зацмлення $R_B = 10,58 \text{ кН}$, вектор \vec{R}_B спрямований під кутом $\alpha = 130,9^\circ$ до осі консолі і під кутом $\beta = 41^\circ$ до осі AY; модуль реактивного моменту $M_B = 12 \text{ кНм}$, він намагається повертати консоль за ходом годинникової стрілки.

Розрахунково-графічна робота №2

тема “Визначення положення центра тяжіння площі плоскої фігури”

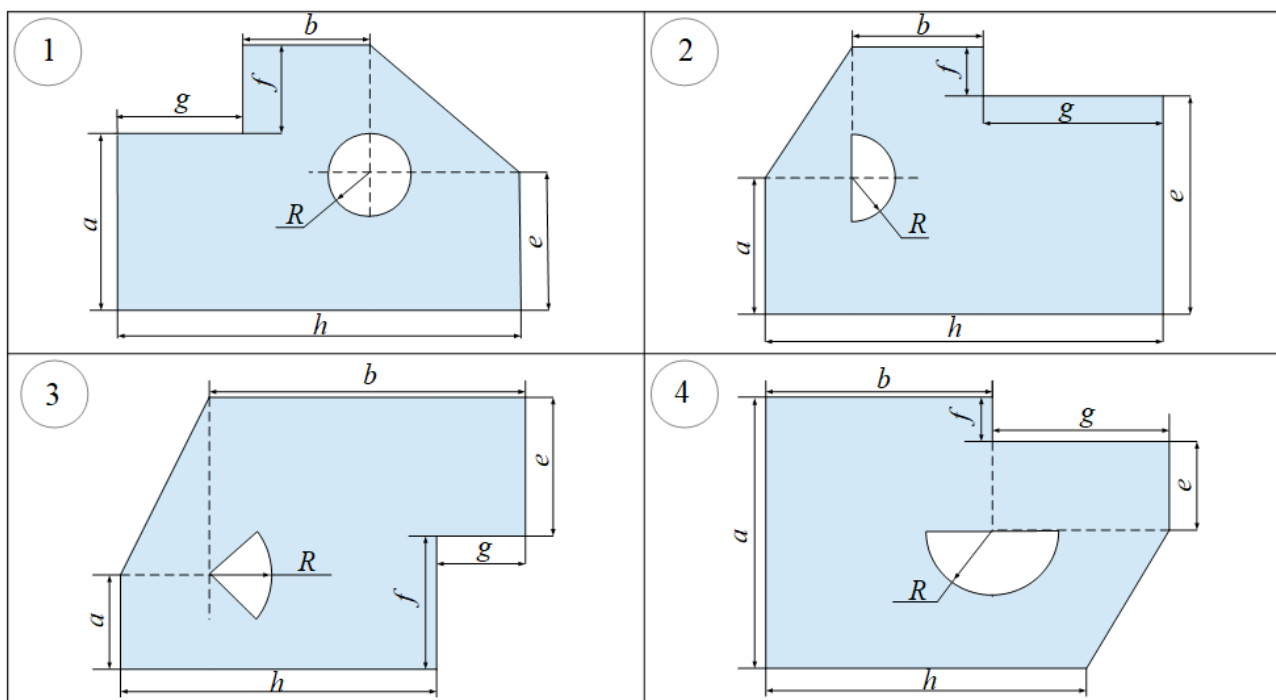
Умова задачі

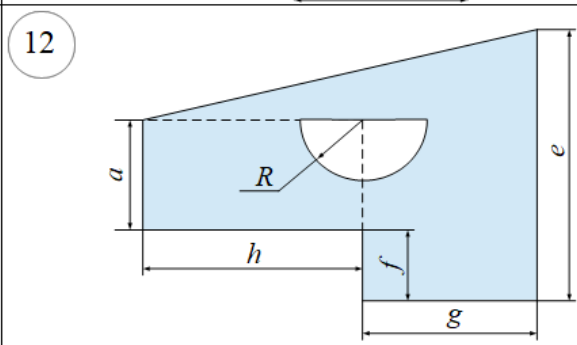
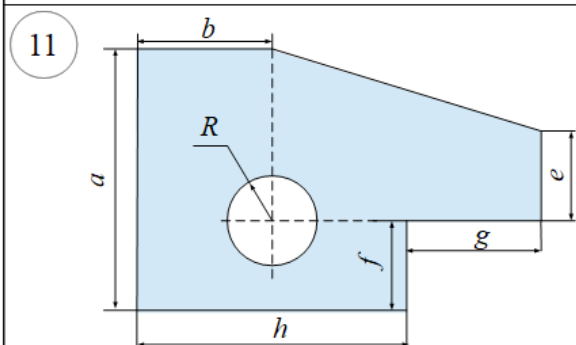
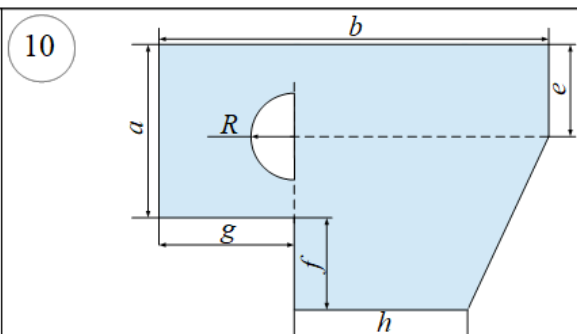
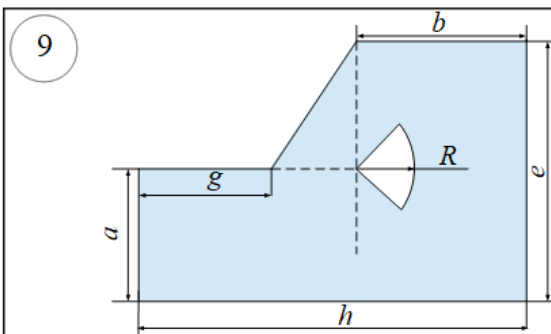
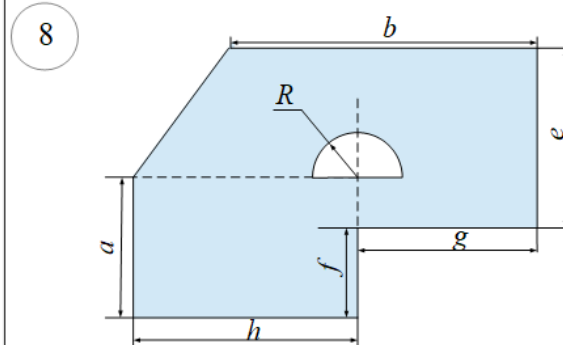
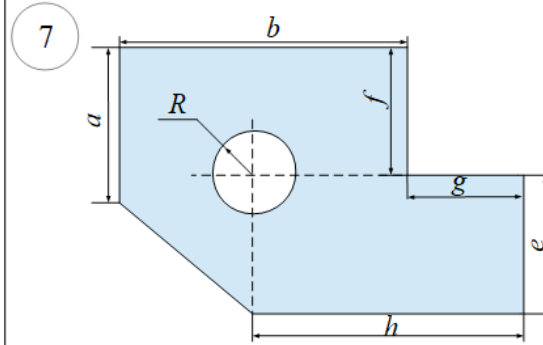
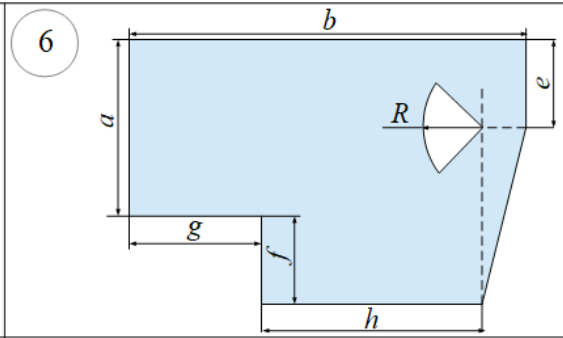
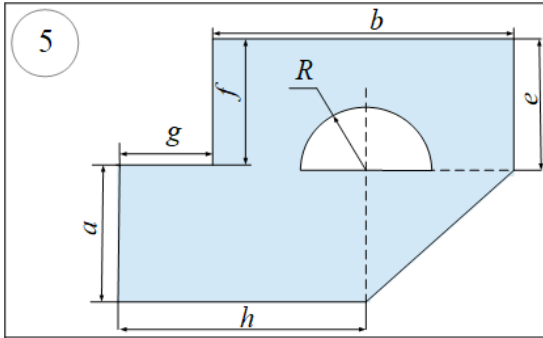
Визначити координати центра тяжіння площі плоскої фігури, що має отвір у вигляді круга, півкруга або кругового сектора з центральним кутом 2α . Геометричні розміри плоскої фігури визначаються параметрами a, b, e, f, g, h , а радіус отворів параметром R . Значення параметрів згідно варіантів подано в таблиці. Виготовити макет плоскої фігури, на якому відмітити положення центра тяжіння площі фігури.

План розв'язку задачі

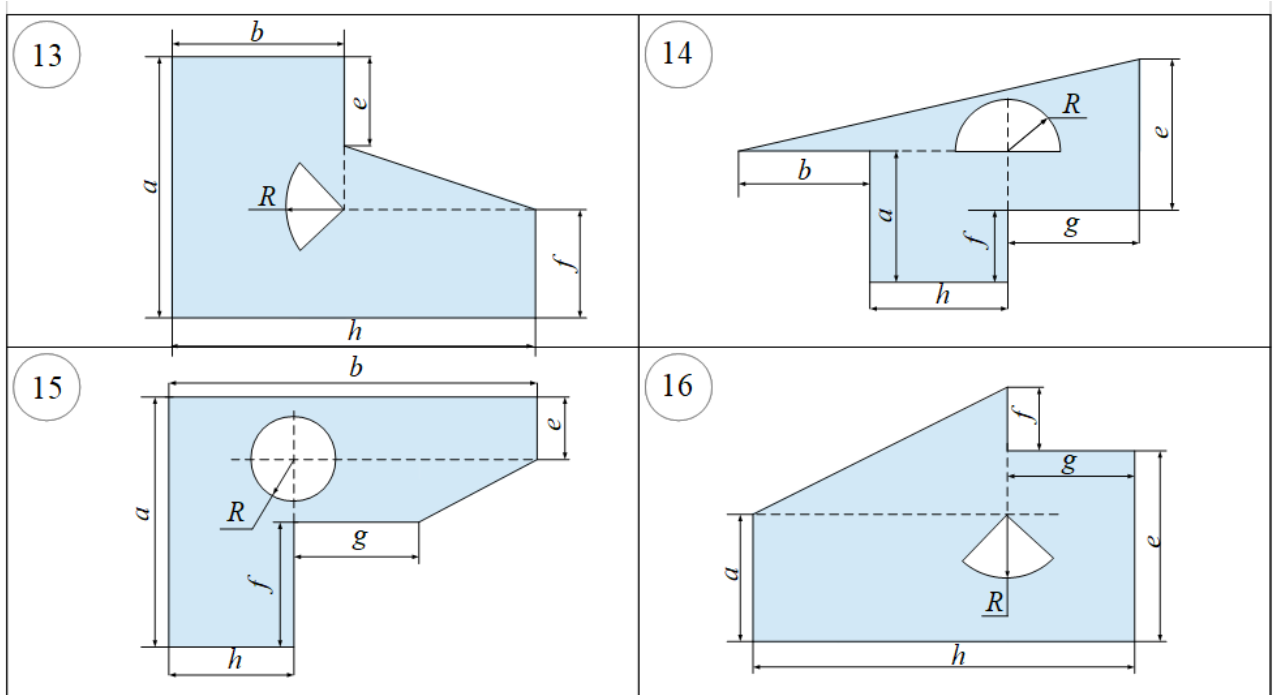
1. Прочитати умову задачі, записати вихідні дані та подати рисунок твердого тіла у вигляді плоскої фігури.
2. Зробити рисунок плоскої фігури в масштабі 1:1. Спрямувати координатні осі OX та OY вздовж ліній контура плоскої фігури.
3. Згідно методу розбивання та доповнення розбити плоску фігуру на більш прості фігури правильної геометричної форми, кожна з яких позначити відповідними номерами. Виріз у площині плоскої фігури розглянути як просту фігуру, що заповнена матеріалом із “від'ємною” масою.
4. Визначити площу та координати центрів тяжіння площі простих фігур, використовуючи для цього геометричні розміри плоскої фігури. Розрахунки проводити до двох значущих цифр після коми. Показати на рисунку положення центрів тяжіння площі простих фігур та їх координати.
5. Визначити координати центра тяжіння площі плоскої фігури за відомими формулами та показати на рисунку його положення.
6. Записати відповідь.

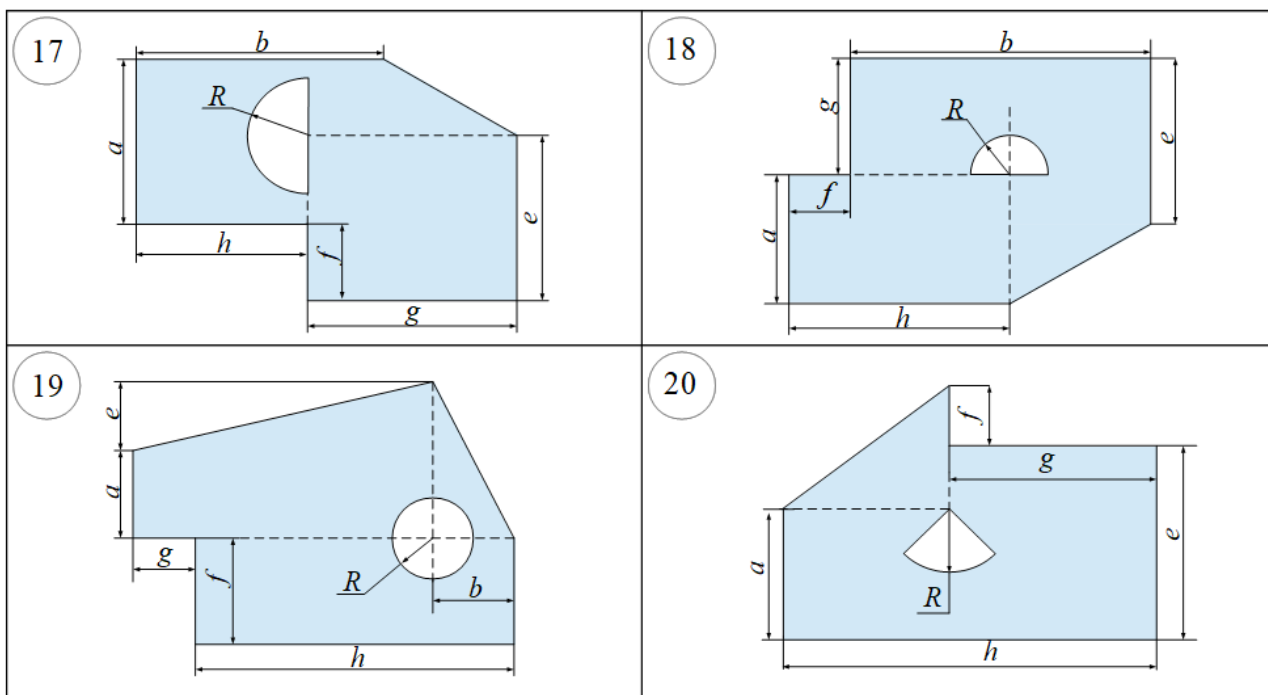
варіант	a , см	b , см	e , см	f , см	g , см	h , см	R , см	2α , рад
1	4	3	3	2	3	9	1	-
2	3	3	5	1	4	9	1	π
3	2	7	3	3	2	7	1,5	$\frac{\pi}{2}$
4	6	5	2	1	4	7	1,5	π
5	3	7	3	3	2	6	1,5	π
6	4	9	2	2	3	4	1,5	$\frac{\pi}{2}$
7	3,5	6,5	3	3	2,5	6	1	-
8	3	7	4	2	4	5	0,8	π
9	3	4	6	-	3	9	1,5	$\frac{\pi}{2}$
10	4	9	2	2	3	4	1	π





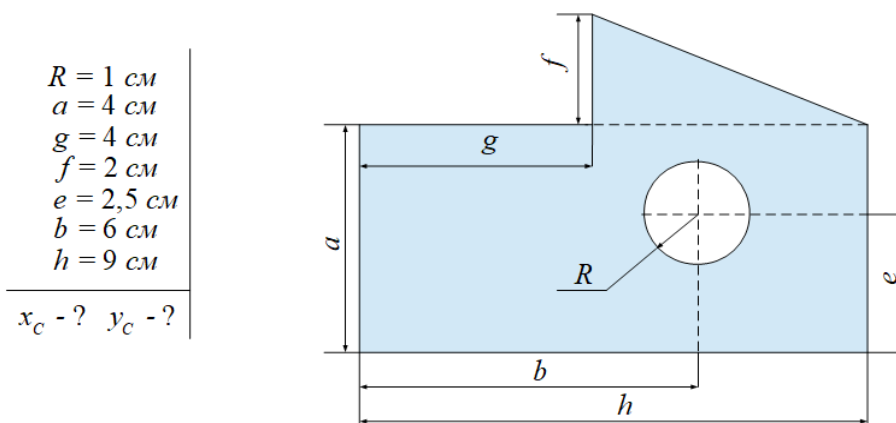
варіант	a , см	b , см	e , см	f , см	g , см	h , см	R , см	2α , рад
11	6	3	2	2	3	6	1	-
12	2,5	-	6	1,5	4	5	1,5	π
13	6	4	2	2,5	-	9	1,5	$\frac{\pi}{2}$
14	3	3	4,5	1,5	3	3	1	π
15	6	9	1,5	3	3	3	1	-
16	3	-	4,5	1,5	3	9	1,5	$\frac{\pi}{2}$
17	4	6	4	2	5	4	1,5	π
18	3,5	7,5	4	1,5	2,5	5,5	1	π
19	2	2	1,5	2,5	1,5	7,5	1	-
20	3	-	4,5	1,5	5	9	1,5	$\frac{\pi}{2}$



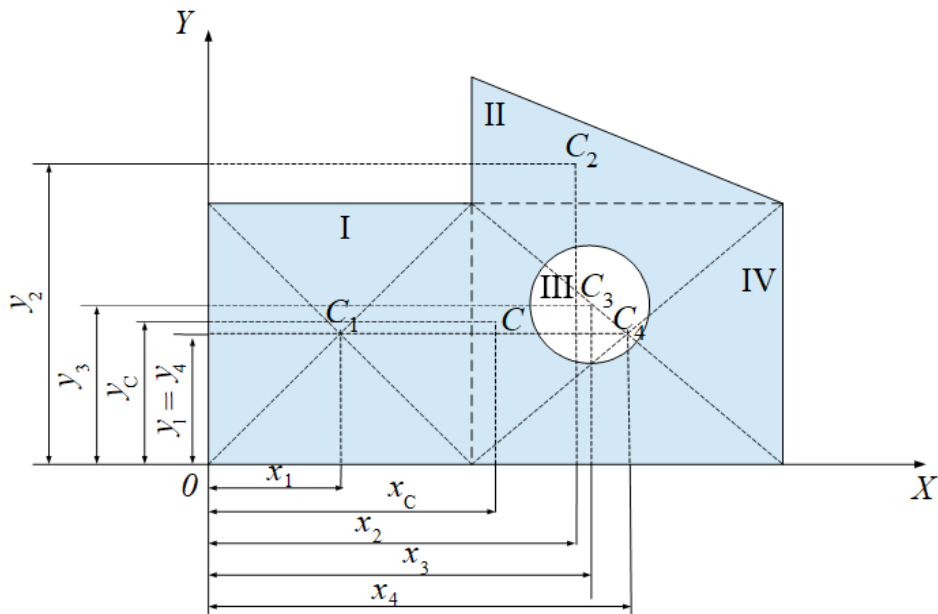


Приклад розв'язку задачі

Визначити координати центра тяжіння площі плоскої фігури, з якої вирізано отвір у вигляді круга радіусом $R = 1$ см, якщо $a = 4$ см, $g = 4$ см, $f = 2$ см, $e = 2,5$ см, $b = 6$ см, $h = 9$ см.



2. Виконуємо рисунок до задачі в масштабі 1:1. Координатні осі OX і OY спрямуємо вздовж ліній контура плоскої фігури.



3. Згідно методу розбивання та доповнення розбиваємо плоску фігуру на більш прості фігури правильної геометричної форми, кожен з яких позначаємо відповідними номерами I, II, III, IV. За відомими способами визначаємо положення центрів тяжіння площі цих фігур $C_1(x_1, y_1)$, $C_2(x_2, y_2)$, $C_3(x_3, y_3)$, $C_4(x_4, y_4)$ та покажемо їх на рисунку.

4. Визначаємо площу та координати центрів тяжіння площі простих фігур, використовуючи для цього геометричні розміри плоскої фігури:

I.
$$A_1 = a \cdot g = 4 \cdot 4 = 16(\text{см}^2).$$

$$x_1 = \frac{g}{2} = \frac{4}{2} = 2(\text{см}),$$

$$y_1 = \frac{a}{2} = \frac{4}{2} = 2(\text{см}).$$

II.
$$A_2 = \frac{1}{2} f \cdot (h - g) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (9 - 4) = 5(\text{см}^2).$$

$$x_2 = g + \frac{1}{3} (h - g) = 4 + \frac{1}{3} (9 - 4) = 5,67(\text{см}),$$

$$y_2 = a + \frac{1}{3} f = 4 + \frac{1}{3} \cdot 2 = 4,67(\text{см}).$$

III.
$$A_3 = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 1^2 = 3,14(\text{см}^2).$$

$$x_3 = b = 6 \text{ см},$$

$$y_3 = e = 2,5 \text{ см.}$$

IV.

$$A_4 = a \cdot (h - g) = 4(9 - 4) = 20(\text{см}^2).$$

$$x_4 = g + \frac{1}{2}(h - g) = 4 + \frac{1}{2}(9 - 4) = 6,5(\text{см}),$$

$$y_4 = \frac{a}{2} = \frac{4}{2} = 2(\text{см}).$$

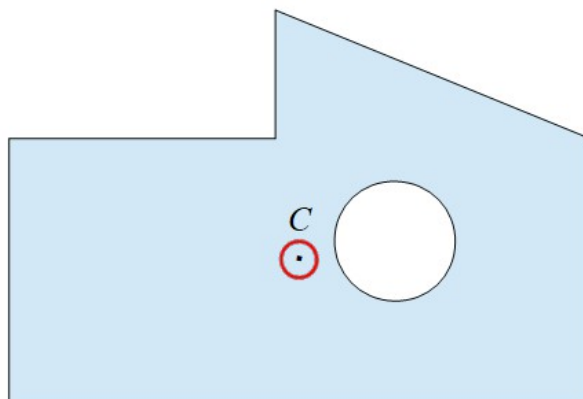
4. Визначаємо координати центра тяжіння площі плоскої фігури за відомими формулами та покажемо його положення на рисунку $C(x_C, y_C)$:

$$\begin{aligned} x_C &= \frac{A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 - A_3 \cdot x_3 + A_4 \cdot x_4}{A_1 + A_2 - A_3 + A_4} = \\ &= \frac{16 \cdot 2 + 5 \cdot 5,67 - 3,14 \cdot 6 + 20 \cdot 6,5}{16 + 5 - 3,14 + 20} = \frac{171,51}{37,86} = 4,53(\text{см}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_C &= \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 - A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4}{A_1 + A_2 - A_3 + A_4} = \\ &= \frac{16 \cdot 2 + 5 \cdot 4,67 - 3,14 \cdot 2,5 + 20 \cdot 2}{16 + 5 - 3,14 + 20} = \frac{87,5}{37,86} = 2,31(\text{см}). \end{aligned}$$

6. Відповідь: $x_C = 4,53$ см, $y_C = 2,31$ см.

7. Виготовляємо з картону макет плоскої фігури, на якому відмічаємо положення центра тяжіння площі фігури.



ДОДАТОК

Чернігівський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут будівництва

Зразок оформлення титульної сторінки

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА №
з теоретичної механіки

варіант №

Виконав студент
групи ПЦ-
Іванов Іван Іванович

Рекомендована література

1. Павловський М.А. Теоретична механіка: підручник. Київ: Техніка, 2002. 511с.
2. Бондаренко А.А., Дубінін О.О., Переяславцев О.М. Теоретична механіка. Ч. 1. Статика. Кінематика: підручник. Київ: Знання, 2004. 599 с.
3. Попов М.В. Теоретическая механика: учебник. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1986. 336 с.
4. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1967. 478 с.
5. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Ч.1,2: учебник. М.: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. 489 с.
6. Бугаєнко Г.О. Курс теоретичної механіки: підручник. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Київ: Радянська школа, 1968. 371 с.
7. Путята Т.В., Фрадлін Б.Н. Методика розв'язування задач з теоретичної механіки: навч. посібник. Київ: Радянська школа, 1952. 365 с.
8. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: учеб. Пособие. Изд. 36-е, исп. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1986. 448 с.
9. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч.1. Статика. Кінематика: учебник. Изд. 6-е, испр. М.: Высш. шк., 1984. 343с.,
10. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т.1. Статика и кінематика: учебник. Изд. 6-е, испр. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1972. 512с., ил.
11. Дронг В.И., Дубинин В.В., Ильин М.М. Курс теоретической механики: учебник. М.: МГТУ им. Баумана, 2005. – 736 с.
12. Лобас Л.Г., Лобас Людм.Г. Теоретична механіка: підручник. Київ: ДЕТУТ, 2008. 406с.
13. Іванов Б.О., Максютя М.В. Конспект лекцій із теоретичної механіки: навч. посібник. Київ: Видав. центр “Київський університет”, 2012. 207с.
14. Теоретична механіка. Ч. 1. Статика. Кінематика: навч. посібник / Литвинов О.І., Михайлович Я.М., Бойко А.В., Березовий М.Г. Київ: Агроосвіта, 2013. 576 с.
15. Векерик В., Кузьо І., Левчук К., Цідило І. Теоретична механіка. Статика: підручник. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. 325 с.
16. Теоретична механіка: підручник / Кузьо І.В. та ін. Харків: Фоліо, 2017. 780 с.
17. Теоретична механіка: підручник / Булгаков В.М., Яременко В.В., Черниш О.М., Березовий М.Г. Київ: ЦУЛ, 2017. 640 с.