

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ І ЗАВДАННЯ

до практичних робіт з курсу “Теоретична та прикладна механіка”
для студентів денної форми навчання спеціальностей:

- 131 “Прикладна механіка” (Обладнання та технології ливарного виробництва. Технології та устаткування зварювання. Відновлення та підвищення зносостійкості деталей та конструкцій)

Частина 1

Методичні вказівки і завдання до практичних робіт з курсу “Теоретична та прикладна механіка” для студентів денної форми навчання спеціальностей 131 “Прикладна механіка” (Обладнання та технології ливарного виробництва. Технології та устаткування зварювання. Відновлення та підвищення зносостійкості деталей та конструкцій). Частина 1 / Укл.: В.Г. Шевченко, А.Д. Фурсіна, С.Ю. Кружнова, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 26 с.

Укладачі: *В.Г. Шевченко*, доцент, к.т.н., зав. кафедри механіки
А.Д. Фурсіна, доцент, к.т.н.
С.Ю. Кружнова, ст. викл.

Рецензент: *Є.І. Івахненко*, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: *В.Г. Шевченко*, доцент, к.т.н., зав. кафедри механіки

Затверджено
на засіданні кафедри
механіки
Протокол № 5
від “ 19 ” грудня 2018 року

Рекомендовано до видання
НМК ІФ факультету
Протокол № 6
від “ 11 ” лютого 2019 року

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ	4
1 РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТУВАЛЬНІ ЗАВДАННЯ...	5
1.1 Приклад розрахунку задачі 1	6
1.2 Завдання 1 Визначити координати центра ваги складної фігури	8
1.3 Приклад розрахунку задачі 2	11
1.4 Завдання 2 Визначити моменти інерції складної фігури відносно центральних осей x та y	12
ЛІТЕРАТУРА	17
Додаток А Площі і центри ваги плоских фігур	18
Додаток Б Міжнародна метрична система одиниць	24
Додаток В Геометричні характеристики плоских перерізів	25
Додаток Г Контрольні питання	26

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Методичні вказівки призначені для самостійної роботи студентів при виконанні розрахунково-графічних завдань (РГЗ), які сприяють закріпленню знань з курсу „Теоретична та прикладна механіка”.

Інженеру будь-якого фаху іноді доводиться виконувати розрахунки на міцність. Самостійна робота студента сприяє закріпленню та узагальненню теоретичних знань, використанню їх для рішення конкретних інженерних задач, а також розвиває творчу ініціативу.

Перед рішенням задачі треба виписати її умову, зробити рисунок в масштабі та вказати на ньому величини, які необхідні для розрахунку. Розрахунок спочатку треба зробити в загальному вигляді, позначаючи всі дані літерами. Тільки після цього підставити числові значення та знайти результат. Розрахунки повинні бути виконані у відповідній послідовності, теоретично обґрунтовані і мати пояснювальний текст. Пояснення мають бути короткими, послідовними, грамотними (без скорочення слів).

Розрахунково-графічні завдання треба виконувати на аркушах формату А4: графічну частину – олівцем, текстову – пастою чорного (синього) кольору, чітким почерком. Варіант РГЗ призначається викладачем. Титульна сторінка роботи повинна бути оформлена за діючими стандартами.

1 РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТУВАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Теоретична та прикладна механіка є однією з найбільш важливих загальноосвітніх дисциплін. Засвоєння методів та засобів технічної механіки сприяє отриманню навичок для постановки та рішення багатьох інженерних задач. Цим обумовлене важливе значення прикладної механіки як основи для вивчення спеціальних дисциплін. Добре засвоєння курсу прикладної механіки потребує не тільки глибокого вивчення теорії, але й здобуття твердих навичок у рішенні задач. Для цього необхідно самостійно розв'язати велику кількість задач з усіх розділів механіки.

Геометричними характеристиками перерізів називаються характеристики, що визначають здатність бруса опиратись деформації.

Геометричні характеристики перерізів: *площа, положення центра ваги, статичні моменти плоских перерізів, моменти інерції та моменти опору.*

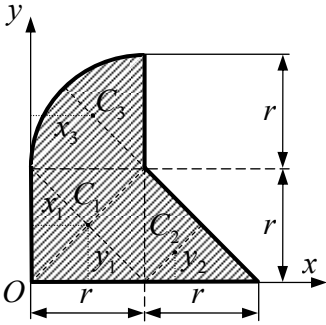
Опір стержня різним видам деформації залежить не тільки від матеріалу і розмірів стержня, але і від форми та розташування поперечних перерізів. Найпростіша геометрична характеристика, якою є площа поперечного перерізу, входить в розрахункові формули з визначення міцності та жорсткості при простому розтяганні та стисканні.

У випадку кручення, згинання та складного опору використовуються більш складні геометричні характеристики. До них відносять статичні моменти, моменти інерції, радіуси інерції, моменти опору.

Поняття моменту інерції та моменту опору перерізу стержня належить до числа основних понять в механіці.

1.1 Приклад розрахунку задачі 1

Умова задачі:



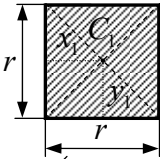
Дано: $r = 50$ мм.

Визначити координати центра ваги складної фігури.

Розв'язок

Розбиваємо фігуру на елементарні прості частини: квадрат *I*, трикутник *II* та $\frac{1}{4}$ частина кола – *III*.

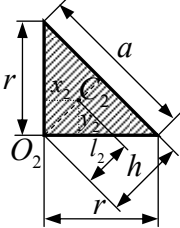
Проводимо допоміжні осі координат xOy . Обчислюємо координати центрів ваги та площі цих елементарних частин:



I.

$$F_1 = r^2 = 50^2 = 2500 \text{ мм}^2;$$

$$x_1 = y_1 = \frac{r}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм.}$$



II.

$$F_2 = \frac{1}{2} r \cdot r = \frac{50^2}{2} = 1250 \text{ мм}^2;$$

$$h = \frac{2\sqrt{P(P-a)(P-r)(P-r)}}{a},$$

де

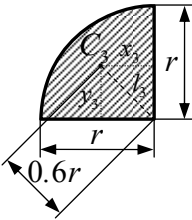
$$a = \sqrt{r^2 + r^2} = r\sqrt{2} = 50 \cdot 1.4142 = 70.71 \text{ мм};$$

$$P = \frac{a + r + r}{2} = \frac{70.71 + 50 + 50}{2} = 85.35 \text{ мм};$$

$$h = \frac{2\sqrt{85.35 \cdot (85.35 - 70.71)(85.35 - 50)(85.35 - 50)}}{70.71} = 35.34 \text{ мм};$$

$$O_2C_2 = l_2 = \frac{2}{3} h = \frac{2 \cdot 35.34}{3} = 23.56 \text{ мм};$$

$$y_2 = l_2 \cdot \sin 45^\circ = 23.56 \cdot 0.7 = 16.5 \text{ мм}; \quad x_2 = y_2 = 16.5 \text{ мм}.$$



$$III. \quad y_3 = l_3 \cdot \sin 45^\circ = 0.6 \cdot 50 \cdot 0.7 = 21 \text{ мм};$$

$$x_3 = y_3 = 21 \text{ мм};$$

$$F_3 = \frac{\pi \cdot r^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 50^2}{4} = 1962.5 \text{ мм}^2.$$

Обчислюємо координати центра ваги всієї фігури:

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \\ &= \frac{2500 \cdot 25 + 1250 \cdot (16.5 + 50) + 1952.5 \cdot (50 - 21)}{2500 + 1250 + 1952.5} = 35.46 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_c &= \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \\ &= \frac{2500 \cdot 25 + 1250 \cdot 16.5 + 1952.5 \cdot 71}{2500 + 1250 + 1952.5} = 38.94 \text{ мм}, \end{aligned}$$

де

$$x_1 = 25 \text{ мм}; \quad y_1 = 25 \text{ мм};$$

$$x_2 = 50 + 16.5 = 66.5 \text{ мм}; \quad y_2 = 16.5 \text{ мм};$$

$$x_3 = 50 - 21 = 29 \text{ мм}; \quad y_3 = 50 + 21 = 71 \text{ мм}.$$

1.2 Завдання 1 Визначити координати центра ваги складної фігури

Умова задачі

Розрахункові схеми та інші вихідні дані наведені на рис. 1.1 і в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Варіант	r , мм	Варіант	r , мм	Варіант	r , мм
1.	15	11.	10	21.	50
2.	10	12.	50	22.	20
3.	20	13.	30	23.	10
4.	10	14.	20	24.	10
5.	40	15.	20	25.	10
6.	10	16.	40		
7.	10	17.	30		
8.	20	18.	80		
9.	40	19.	20		
10.	30	20.	10		

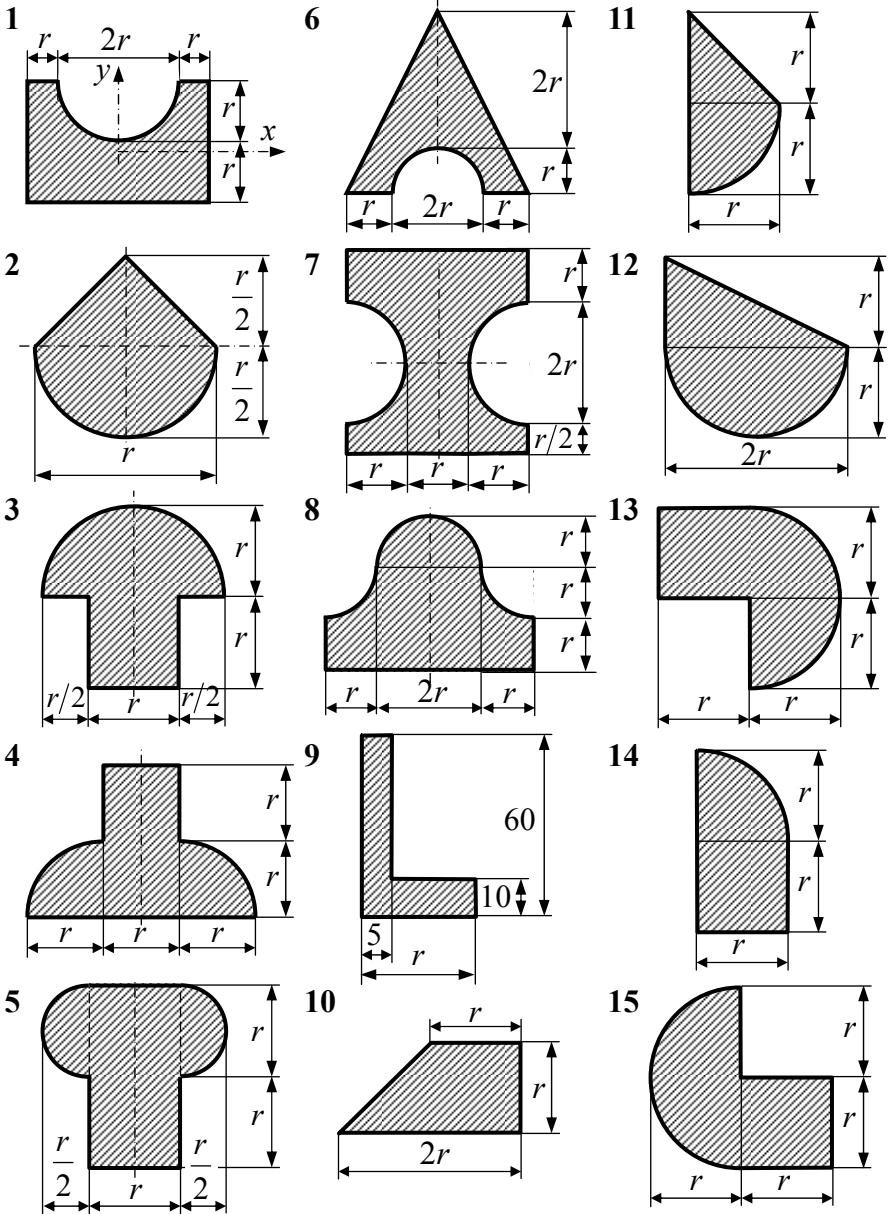
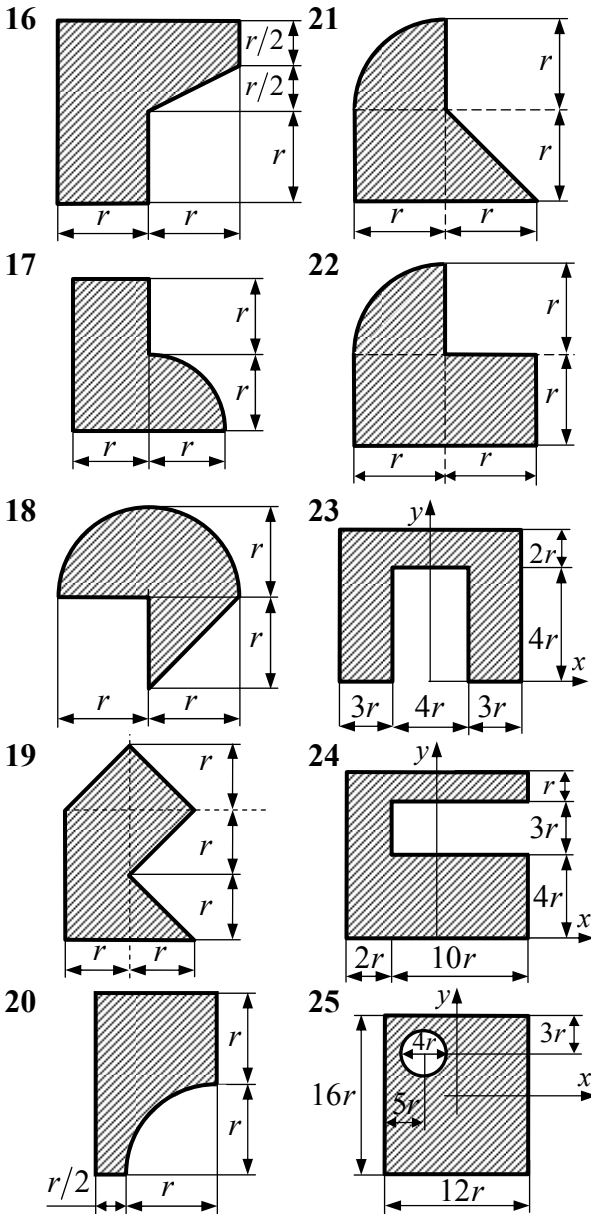


Рисунок 1.1 – Розрахункові схеми



Продовження рисунка 1.1

1.3 Приклад розрахунку задачі 2

Умова задачі: Визначити момент інерції та момент опору відносно осі x перерізу вала зі шпонковим пазом.

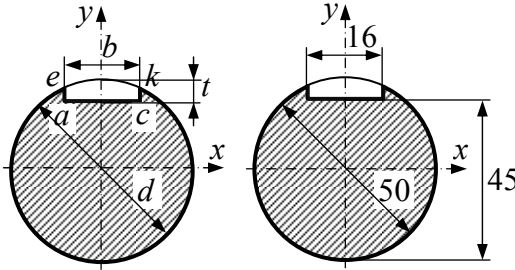


Рисунок 1.2 – Переріз вала зі шпонковим пазом

Розв'язок

Момент інерції перерізу вала відносно осі x можна визначити як різницю моментів інерції кола та плоскої фігури $acek$. З метою спрощення дугу ek замінюємо хордою, а фігуру $acek$ представимо як прямокутник зі сторонами b і t . Момент

інерції відносно осі x :

$$I_x = \frac{\pi d^4}{64} - \left[\frac{bt^3}{12} + bt \left(\frac{d}{2} - \frac{t}{2} \right)^2 \right] = \frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt^3}{12} - \frac{bt}{4} (d-t)^2.$$

Момент опору перерізу вала:

$$w_x = \frac{I_x}{\frac{d}{2}} = \frac{\frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt^3}{12} - \frac{bt}{4} (d-t)^2}{\frac{d}{2}} = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt^3}{6d} - \frac{bt}{2d} (d-t)^2.$$

Оскільки глибина шпонкового паза t мала в порівнянні з діаметром вала d та шириною канавки b , а в доданках $\frac{bt^3}{6d}$ та $\frac{bt^3}{12}$ величина t входить в третій степені, то цими доданками на практиці нехтують і визначення моменту інерції опору вала зі шпонковим пазом проводять за наближеними формулами:

$$I_x = \frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt}{4}(d-t)^2; \quad w_x = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt}{2d}(d-t)^2.$$

Отже, для вала з розмірами, вказаними на рисунку 1.2, ці величини набувають значення:

$$I_x = \frac{3.14 \cdot 0.5^4}{64} - \frac{0.16 \cdot 0.05}{4}(0.5 - 0.05)^2 = 26.6 \cdot 10^{-4} \text{ см}^4;$$

$$w_x = \frac{3.14 \cdot 0.5^3}{32} - \frac{0.16 \cdot 0.05}{2 \cdot 0.5}(0.5 - 0.05)^2 = 10.6 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3.$$

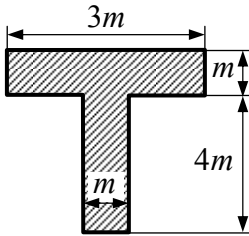
1.4 Завдання 2 Визначити моменти інерції складної фігури відносно центральних осей x та y

Розрахункові схеми та вихідні дані наведені на рис. 1.3 і в табл. 1.2.

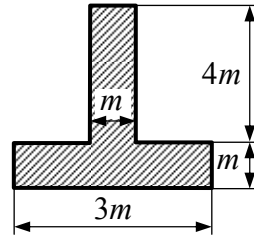
Таблица 1.2

№ вар.	a , мм	b , мм	c , мм	d , мм	e , мм	h , мм	m , мм	n , мм
1.	—	—	—	—	—	—	10	—
2.	—	—	—	—	—	—	15	—
3.	—	—	—	—	—	—	20	—
4.	—	—	—	—	—	—	5	—
5.	—	—	—	—	—	—	25	—
6.	—	—	—	—	—	—	10	—
7.	—	—	—	—	—	—	40	—
8.	—	—	—	—	—	—	60	—
9.	—	—	—	—	—	—	10	—
10.	—	—	—	—	—	—	30	—
11.	30	60	40	—	—	180	—	—
12.	200	500	—	—	—	—	—	—
13.	50	80	—	15	—	100	10	20
14.	200	50	150	—	—	170	—	—
15.	4	11	4	2	—	20	—	—
16.	10	50	10	—	—	100	—	—
17.	200	700	—	—	—	800	—	—
18.	200	100	100	150	20	170	50	50
19.	20	40	60	—	—	180	—	—
20.	100	180	60	26	—	260	—	—
21.	200	100	50	30	—	—	—	—
22.	60	100	20	20	—	160	10	—
23.	40	120	80	20	—	120	20	—
24.	50	100	20	20	—	100	20	40
25.	60	120	40	200	—	260	40	—

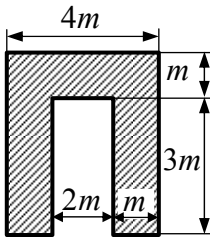
1.



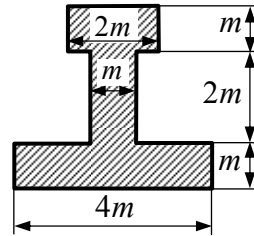
5.



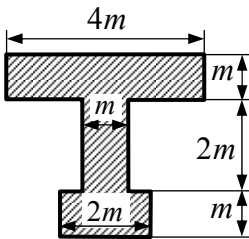
2.



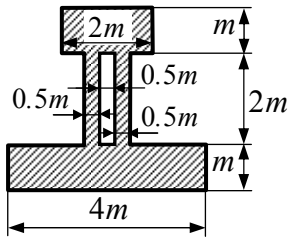
6.



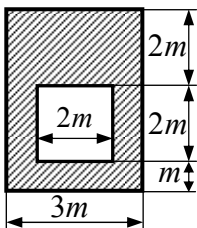
3.



7.



4.



8.

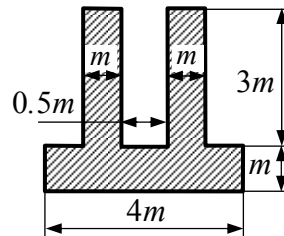
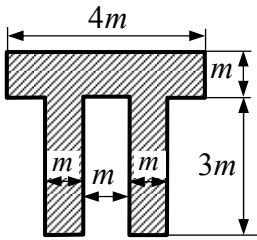
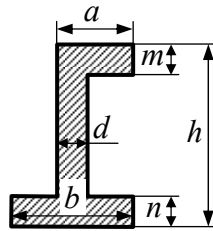


Рисунок 1.3 – Розрахункові схеми

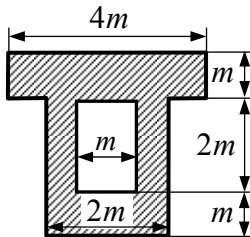
9.



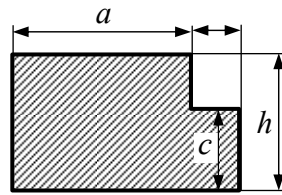
13.



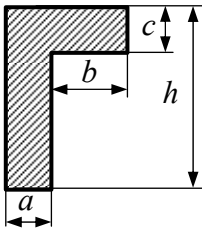
10.



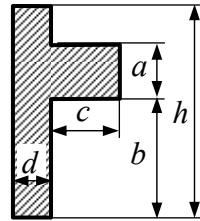
14.



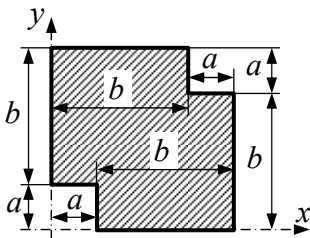
11.



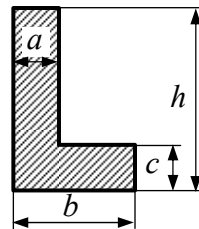
15.



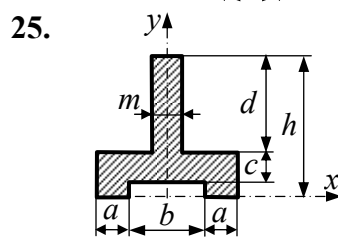
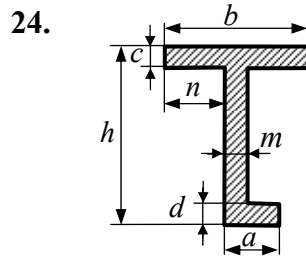
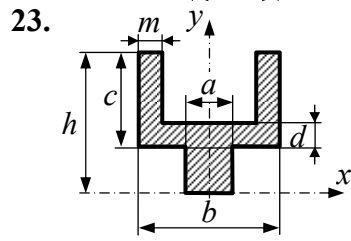
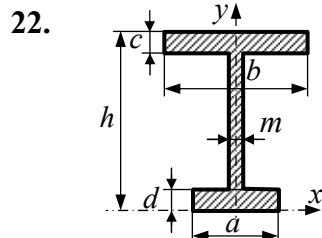
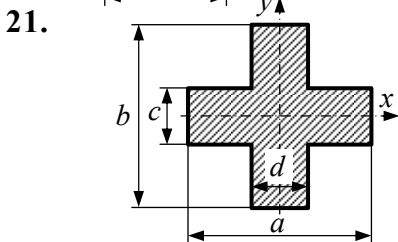
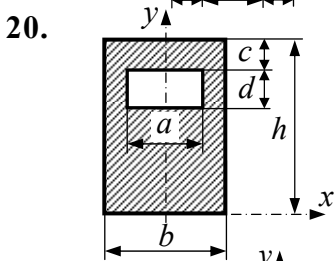
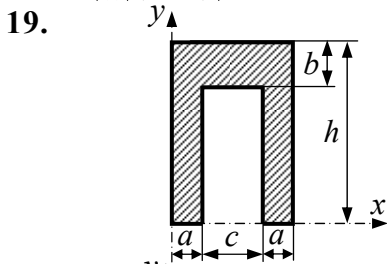
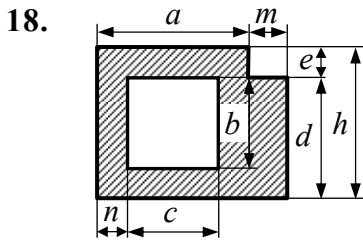
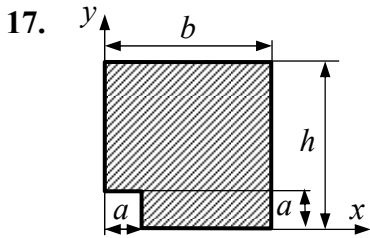
12.



16.



Продовження рисунка 1.3



Продовження рисунка 1.3

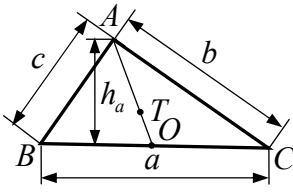
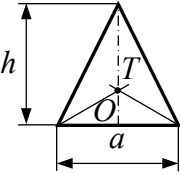
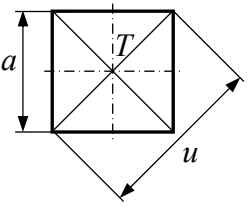
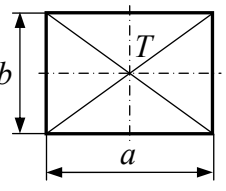
ЛІТЕРАТУРА

1. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. М., Высшая школа, 1990. – 605 с.
2. Айзенберг Т.Б. Воронцов И.М., Осецкий В.М. Руководство к решению задач по теоретической механике. М., Высшая школа, 1988. – 419 с.
3. Тарг С.М. Курс теоретической механики. М., Наука, 1967. – 480 с.
4. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика. М., Наука, 1964. – 664 с.
5. Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Є.С. Уманський. Опір матеріалів. – К.: Вища школа. – 1993. – 592 с.
6. Н.М. Беляев. Сопротивление материалов. – М.: Наука. – 1996. – 607 с.
7. Феодосьев В.И., Сопротивление материалов. – М.: Наука. – 1999. – 559 с.
8. В.С. Кравчук, О.Ф. Дашенко, Л.В. Коломієць, О.М. Лимаренко. Основи опору матеріалів. – Одеса: Стандартъ. – 2014. – 322 с.

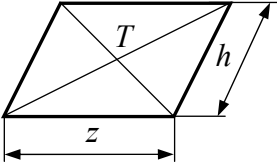
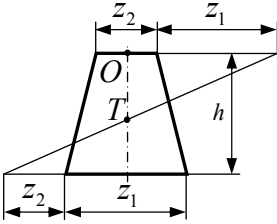
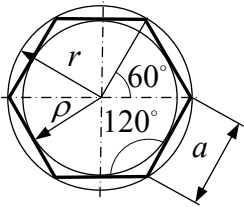
Додаток А

Площі і центри ваги плоских фігур

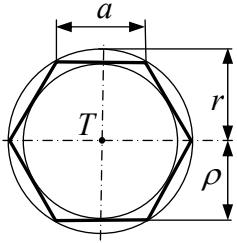
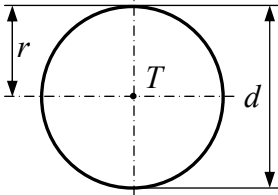
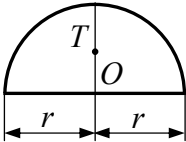
Таблиця А.1

Фігура	Площа	Центр ваги
Трикутник 	$F = \frac{1}{2} a h_a$	$BO = OC ;$ $TO = \frac{1}{3} AO .$ Центр ваги – в точці перетину медіан
Рівнобічний трикутник 	$F = \frac{1}{2} a h = \frac{1}{4} a^2 \sqrt{3} ;$ $h = \frac{1}{2} a \sqrt{3}$	$TO = \frac{1}{3} h = \frac{1}{6} a \sqrt{3}$
Квадрат 	$F = a^2 = \frac{1}{2} u^2 ;$ $a = 0.7071 u = \sqrt{F} ;$ $u = 1.414 a = 1.414 \sqrt{F}$	Центр ваги – в точці перетину осей і діагоналей
Прямокутник 	$F = ab = a \sqrt{u^2 - a^2} =$ $= b \sqrt{u^2 - b^2} ;$ $u = \sqrt{a^2 + b^2}$	Центр ваги – в точці перетину осей і діагоналей

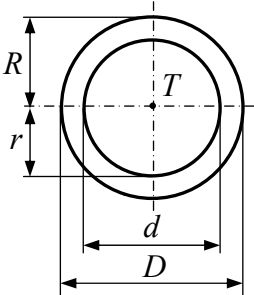
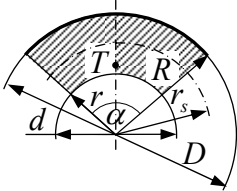
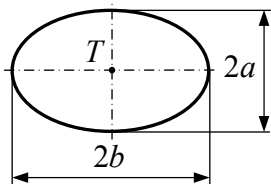
Продовження таблиці А.1

Фігура	Площа	Центр ваги
Паралелограм 	$F = zh$	Центр ваги – в точці перетину осей і діагоналей
Трапеція 	$F = \frac{z_1 + z_2}{2} h$	$TO = \frac{1}{3} h \frac{2z_1 + z_2}{z_1 + z_2}$
Правильний шестикутник 	$F = 2.5981a^2 =$ $= 3.4641\rho^2;$ $r = a = 1.1547\rho;$ $\rho = 0.8660a$	Центр ваги – у центрі шестикутника

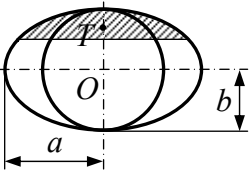
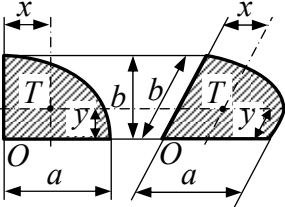
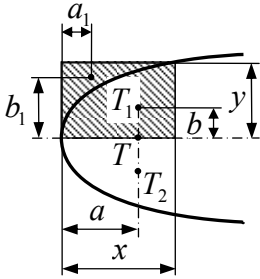
Продовження таблиці А.1

Фігура	Площа	Центр ваги
Правильний n-кутник 	$F = \frac{n}{2} r^2 \sin \frac{360^\circ}{n} =$ $= n \rho^2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n} =$ $= n \frac{a^2}{4} \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{n}.$	Центр ваги – у центрі багатокутника, тобто у точці перетину осей і діагоналей
Коло 	$F = \pi r^2 = 3.1416 r^2 =$ $= \frac{1}{4} \pi d^2 = 0.7854 d^2;$ периметр: $2\pi r = 6.2832 r =$ $= \pi d = 3.1416 d.$	Центр ваги – у центрі кола, тобто в точці перетину осей (діаметрів)
Напівколо 	$F = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{1}{8} \pi d^2 =$ $= 0.393 d^2$	$TO = \frac{4r}{3\pi} = 0.4244 r$

Продовження таблиці А.1

Фігура	Площа	Центр ваги
Кругове кільце 	$F = \pi(R^2 - r^2) =$ $= \frac{1}{4}\pi(D^2 - d^2) =$ $= 0.7854(D^2 - d^2)$	Центр ваги – у центрі кіл, що обмежують кругове кільце, тобто в точці перетину осей (діаметрів)
Сектор кругового кільця 	$F = \frac{\alpha \cdot \pi}{360}(R^2 - r^2) =$ $= 0.00873\alpha(R^2 - r^2).$ При $\alpha = 180^\circ$ $F = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{2} =$ $= 1.5708(R^2 - r^2).$	$OT = 38.197 \times$ $\times \frac{(R^3 - r^3) \sin \frac{\alpha}{2}}{(R^2 - r^2) \frac{\alpha}{2}}.$ При $\alpha = 180^\circ$ $OT = \frac{4(R^3 - r^3)}{3\pi(R^2 - r^2)} =$ $= 0.424 \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}.$
Еліпс 	$F = \pi \cdot a \cdot b = 3.1416a \cdot b =$ $= 3.1416 \times$ $\times \sqrt{2(a^2 + b^2)} \frac{(a - b)^2}{2.2}$	Центр ваги – у середині еліпса, тобто в точці перетину його осей

Продовження таблиці А.1

Фігура	Площа	Центр ваги
Еліптичний сегмент 	Площа еліптичного сегмента визначається добутком відношення a/r на площу відповідного кругового сегмента $F_{ел} = \frac{a}{r} F_{кр}$	Центр ваги еліптичного сегмента співпадає з центром ваги кругового сегмента при $d = 2b$
Аналогічне правило справедливо і для еліпсоїда обертання		
Квadrant (четвертина) еліпса 	F – площа квадранта: $F = \frac{1}{4} \pi ab.$ F' – площа доповнення до квадранта: $F' = ab \left(1 - \frac{\pi}{4} \right).$	координати центра ваги квадранта: $x = \frac{4}{3} \cdot \frac{ba}{\pi}; \quad y = \frac{4}{3} \cdot \frac{b}{\pi};$ координати центра ваги доповнення до квадранта: $x_1 = \frac{a}{6} \left(1 - \frac{\pi}{4} \right);$ $y_1 = \frac{b}{6} \left(1 - \frac{\pi}{4} \right)$
Параболічний напівсегмент 	$F = \frac{2}{3} xy$	відстань центра ваги параболічного напівсегмента від вершини: $a = \frac{3}{5} x; \quad b = \frac{3}{8} y;$ центр ваги доповнення до параболічного напівсегмента: $a_1 = 0.3x; \quad b_1 = 0.75y.$
Справедливо також і для випадку, коли хорда утворює із віссю косий кут.		

Додаток Б

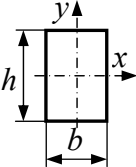
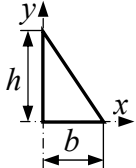
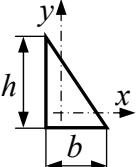
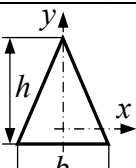
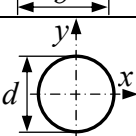
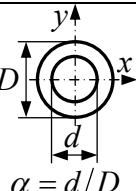
Міжнародна метрична система одиниць

Міри довжини

Назва	Скорочене позначення	Величина	Відношення до см	Відношення до основної одиниці (м)
Пікометр	<i>пм</i> ; pm	0.001 <i>нм</i>	10^{-10}	10^{-12}
Нанометр	<i>нм</i> ; nm	0.001 <i>мк</i>	10^{-7}	10^{-9}
Мікрон (мікрометр)	<i>мк</i> ; μ	0.000001 <i>м</i> =0.001 <i>мм</i>	10^{-4}	10^{-6}
Міліметр	<i>мм</i> ; mm	1000 <i>мк</i>	10^{-1}	10^{-3}
Сантиметр	<i>см</i> ; cm	0.01 <i>м</i> =10 <i>мм</i>	1	10^{-2}
Дециметр	<i>дм</i> ; dm	0.1 <i>м</i> =10 <i>см</i> =100 <i>мм</i>	10	10^{-1}
Метр	<i>м</i> ; m	100 <i>см</i> =1000 <i>мм</i>	10^2	1
Кілометр	<i>км</i> ; km	1000 <i>м</i> =1 000 000 <i>мм</i>	10^5	10^3
Мегаметр	<i>Мм</i> ; Mm	1 000 000 <i>м</i>	10^8	10^6

Додаток В

Геометричні характеристики простих перерізів

Форма перерізу	Позначення геометричних характеристик							
	F	I_x	I_y	I_{xy}	I_p	W_x	W_y	W_p
	bh	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{hb^3}{12}$	0	—	$\frac{bh^2}{6}$	$\frac{hb^2}{6}$	—
	$\frac{bh}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{b^2h^2}{24}$	—	—	—	—
	$\frac{bh}{2}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{hb^3}{36}$	$-\frac{b^2h^2}{72}$	—	—	—	—
	$\frac{bh}{2}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{hb^3}{48}$	0	—	$\frac{bh^2}{24}$	$\frac{hb^2}{24}$	—
	$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	0	$\frac{\pi d^4}{32}$	$\frac{\pi d^3}{32}$	$\frac{\pi d^3}{16}$		
	$\frac{\pi D^2}{4}(1-\alpha^2)$	$\frac{\pi D^4}{64}(1-\alpha^4)$	0	$\frac{\pi D^4}{32}(1-\alpha^4)$	$\frac{\pi D^3}{32}(1-\alpha^4)$	$\frac{\pi D^3}{16}(1-\alpha^4)$		

Додаток Г

Контрольні питання

1. Як визначається статичний момент фігури через її площу та координати центра ваги? Яка розмірність статичного моменту?
2. Чому дорівнює статичний момент площі фігури відносно осі, яка проходить через центр ваги фігури?
3. За якими формулами визначаються координати центра ваги фігури?
4. Що називається осьовим, полярним та відцентровим моментами інерції? Яка їх розмірність?
5. Як пов'язані між собою суми осьових моментів інерції відносно точки перетину цих осей?
6. Які моменти інерції завжди додатні?
7. Записати формули для визначення осьових та відцентрового моментів інерції при паралельному переносі осей.
8. Чому дорівнює осьовий момент інерції прямокутника відносно його центральної осі, паралельній основі?
9. Чому дорівнюють полярний та осьові моменти інерції кола відносно його центральних осей?
10. Які осі називаються головними центральними осями?
11. Чому вісь симетрії фігури завжди є однією із головних осей інерції?
12. Як визначається момент інерції складної фігури?
13. Як визначається кут нахилу головних осей складного перерізу?
14. Що таке момент опору перерізу?
15. Як визначається момент опору складного перерізу?