

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ОПІР МАТЕРІАЛІВ

Збірник задач для виконання практичних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти
галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія
освітньої програми «Будівництво та цивільна
інженерія»
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2025

УДК 519.87

О 34

До друку

Голова вченої ради факультету архітектури, будівництва та дизайну

_____ О. АНДРІЙЧУК

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н. ПОЛЩУК

Рекомендовано до видання вченою радою факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ,

протокол № ___ від «__» _____ 2025 року.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри прикладної математики та механіки

протокол № __ від «__» _____ 2025 року.

Завідувача кафедри _____ О. МІКУЛІЧ

Укладач: _____ О. МІКУЛІЧ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної математики та механіки ЛНТУ

Рецензент: _____ М. ДЕЛЯВСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної математики та механіки ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ О. МІКУЛІЧ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної математики та механіки ЛНТУ.

034 **Опір матеріалів.** Збірник задач для виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форми навчання / укладач О. МІКУЛІЧ. – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 68 с.

Методичні вказівки у вигляді збірника задач до практичних робіт містять перелік задач для виконання студентами основних тем курсу. Туту також наведено основні необхідні для розв'язання задач додатки. Видання призначене для студентів галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форми навчання.

Зміст

ВСТУП.....	4
Тема 1. <i>Осьове навантаження</i>	5
Тема 2. <i>Аналіз напруженого стану у точці</i>	28
Тема 3. <i>Геометричні характеристики плоских перерізів</i>	32
Тема 4. <i>Плоский поперечний згин</i>	37
Список літератури.....	51
Додатки.....	52

Вступ

Вивчення дисципліни «Опір матеріалів» є критично важливим фундаментом для майбутнього інженера-будівельника. Це та «точка переходу», де теоретична фізика перетворюється на практичне мистецтво створення безпечних і надійних споруд.

Тому актуальним є видання методичних вказівок для виконання практичних робіт студентами спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання, що сприятимуть поглибленню знань з таких важливих під час вивчення опору матеріалів тем як «Осьове навантаження», «Аналіз напруженого стану у точці», «Теорії міцності», «Геометричні характеристики плоских перерізів», «Плоский поперечний згин».

Дані методичні вказівки містять низку задач, що згруповані за темами, що призначені для самостійного розв'язання студентами.

Крім того, для кожного класу задач наведено план їх розв'язання, що сприятиме консолідації теоретичних знань та практичних навиків студентів.

У методичні вказівки включено велику кількість додатків, які необхідні для розрахунку задач.

До методичних вказівок також включений перелік літератури, що сприятиме поглибленню знань студентів.

Тема: «Осьове навантаження»
Задача 1. СТРИЖНЕВА СИСТЕМА

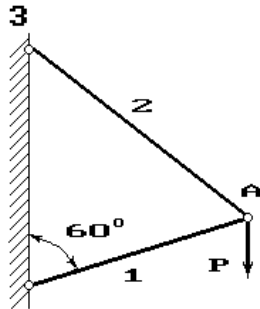
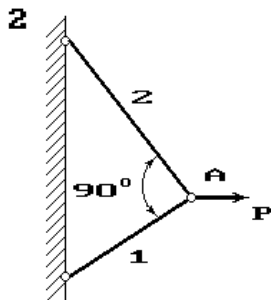
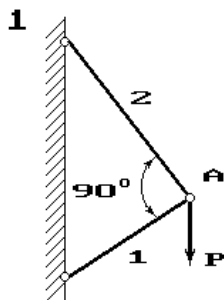
Два сталеві стрижні (1 і 2), які шарнірно сполучені в точці А, знаходяться під дією сили P (рис. 1). Перший стрижень має довжину c і площу поперечного перерізу A , другий - довжину a і площу $- 2A$.

Знайти величину нормальних напружень, що діють у стрижнях. Визначити абсолютну і відносну деформації стрижнів.

Розміри конструкції та значення навантаження вибрати з таблиці 1 згідно індивідуального варіанту студента.

Таблиця 1

Варіант	A	P	a	c	Варіант	A	P	a	c
	$см^2$	$кН$	$М$	$м$		$см^2$	$кН$	$м$	$м$
1	1.5	55	2.0	3.5	6	0.8	60	3.9	5.6
2	2.4	65	2.2	4.2	7	3.0	85	3.6	1.4
3	6.4	110	1.8	2.9	8	2.8	80	3.8	2.0
4	0.6	90	2.6	3.7	9	1.6	95	3.0	4.5
5	2.5	75	1.9	4.2	10	1.9	100	2.1	4.2



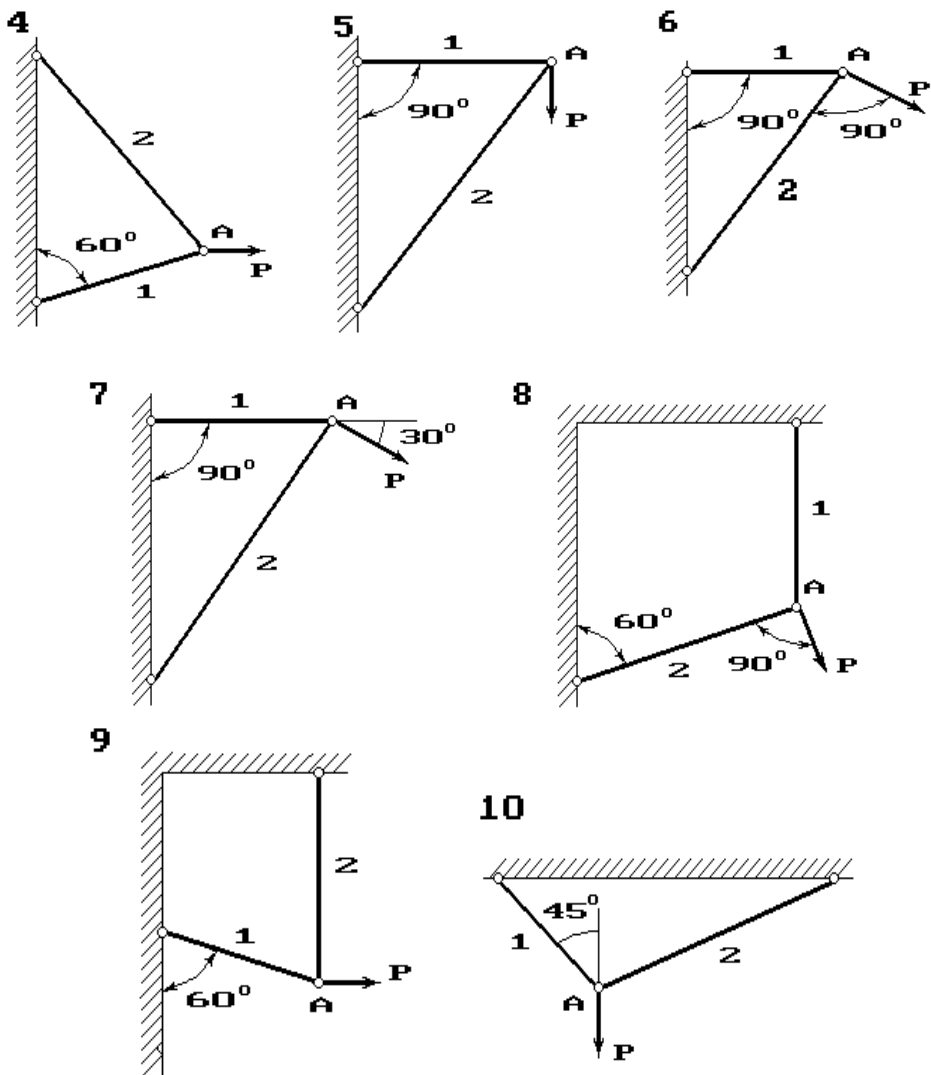


Рис. 1.

План розв'язання задачі

1. Розглянувши умови рівноваги шарніру A, знайти реакції в'язей.

2. Знайшовши поздовжні сили, що виникають у стрижнях, визначити нормальні напруження.

3. Абсолютні деформації знаходять за законом Гука, де модуль Юнга вибирається з додатку 5.

Задача 2. СХІДЧАСТИЙ СТРИЖЕНЬ

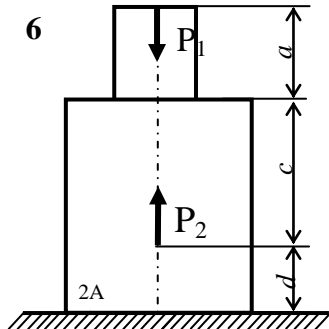
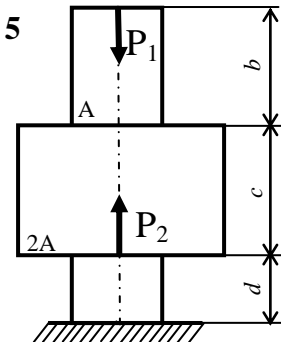
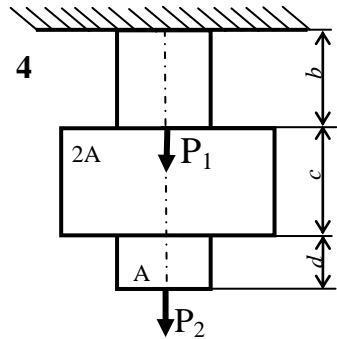
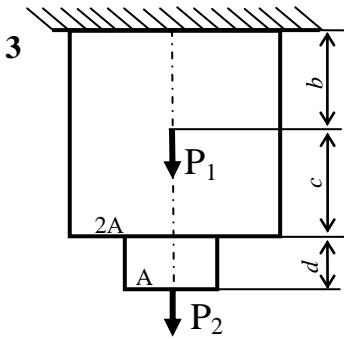
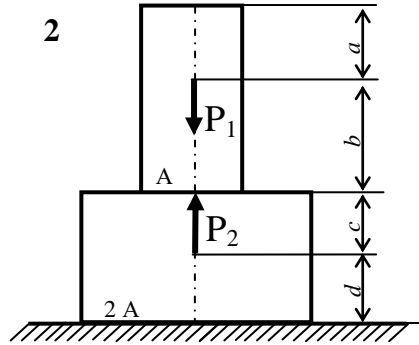
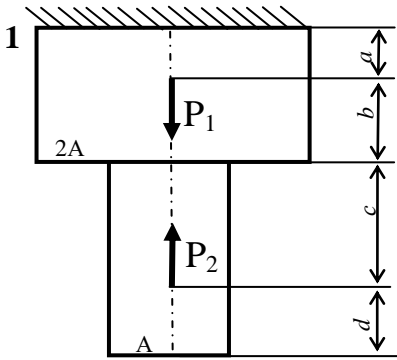
Для сталевого стрижня, що знаходиться під дією сил, вказаних на схемі (рис. 2):

- 1) побудувати епюру поздовжніх сил;
- 2) підібрати розміри поперечного перерізу бруса згідно критерію міцності (форма перерізу зазначена в таблиці).
- 3) визначити напруження, що виникають в поперечних перерізах бруса та побудувати їх епюру;
- 4) визначити переміщення поперечних перерізів та побудувати їх епюру;

Розміри стрижня та значення навантаження вибрати з таблиці 2 згідно індивідуального варіанту студента.

Таблиця 2

Варіант	P_1 кН	P_2 кН	a м	b м	c м	d м	Форма перерізу
1	40	20	0,7	1,1	0,8	0,5	Квадрат
2	44	38	1,2	0,5	0,4	0,9	Круг
3	35	40	1,3	0,3	1,0	0,5	Прямокутник $d/h = 3$
4	33	22	1,0	0,8	1,1	0,7	Еліпс $d/h = 1,5$
5	46	30	1,1	0,6	0,5	0,8	Прямокутник $d/h = 1,5$
6	30	22	1,4	0,9	0,7	0,4	Еліпс $d/h = 2$
7	29	24	0,6	0,3	0,9	0,5	Квадрат
8	28	34	0,5	0,6	0,6	0,6	Еліпс $d/h = 3$
9	25	26	0,4	0,6	0,7	0,4	Круг
10	20	42	0,8	0,7	0,6	0,7	Прямокутник $d/h = 2$



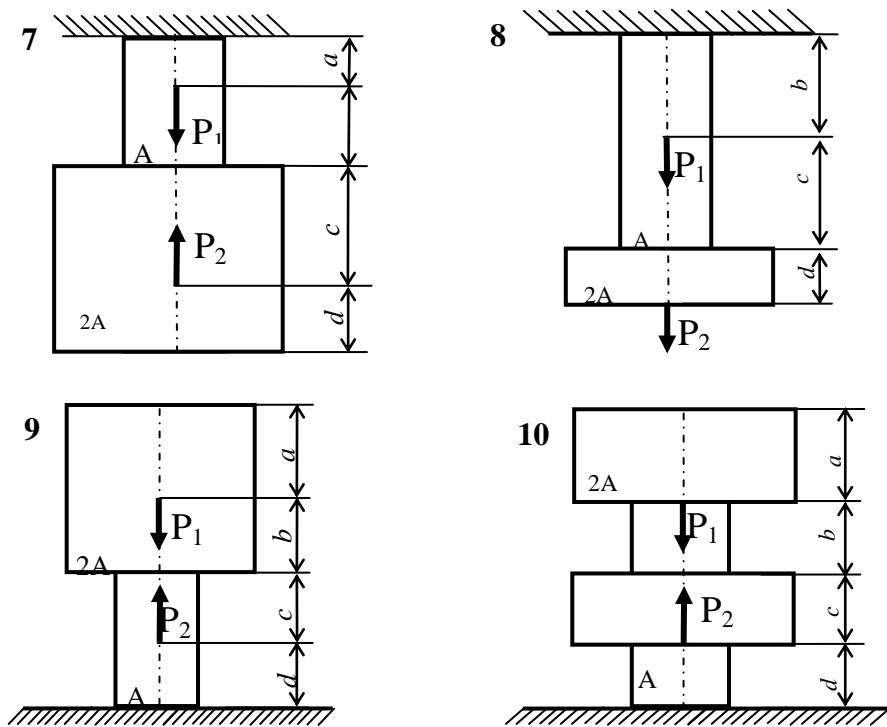


Рис. 2

План розв'язання задачі

1. Поділивши стрижень на ділянки, визначити значення поздовжніх сил.

2. З умови міцності підібрати розміри поперечних перерізів, де допустимі напруження $[\sigma] = \sigma_m / n_m$, де σ_m — напруження, що відповідають площинці текучості (вибирається на основі додатку 1), n_m — коефіцієнт запасу ($n_m = 1,5$).

3. Визначити напруження, що виникають у перерізах стрижня.

4. Переміщення поперечних перерізів знайти за законом Гука, де модуль Юнга вибирається з додатку 5.

Задача 3. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ І ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ ОСЬОВОМУ НАВАНТАЖЕННІ

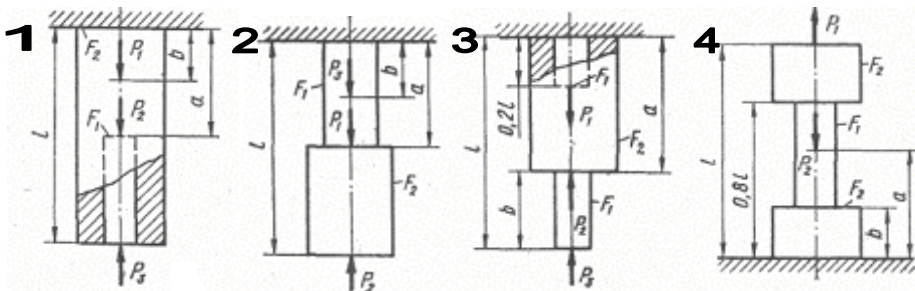
Для заданого ступінчастого стрижня (рис. 3) визначити розміри діаметрів поперечного перерізу на усіх ділянках, побудувати епюру нормальних напружень та поздовжніх переміщень.

При розрахунках враховувати, що $a = k \cdot l$, $b = m \cdot l$, на ділянці, де переріз має форму кільця прийняти $d/D = \alpha$.

Розміри стрижня та значення навантаження вибрати з таблиці згідно індивідуального варіанту студента.

Таблиця 3

Варіант	P_1 , кН	P_2 , кН	P_3 , кН	K	m	α	l , м	Матеріал
1	5	30	50	0,2	0,5	0,6	4	Сталь 10
2	-10	40	20	0,4	0,7	0,5	5	Сталь 20
3	20	-10	60	0,1	0,4	0,4	6	Сталь 25
4	15	20	-40	0,3	0,6	0,3	8	Сталь 30
5	-30	25	10	0,25	0,65	0,2	4	Сталь 35
6	25	-50	25	0,35	0,75	0,45	3	Сталь 40
7	40	15	-30	0,45	0,8	0,5	9	Сталь 45
8	20	30	50	0,15	0,6	0,35	7	Сталь 20І
9	-50	-20	40	0,2	0,2	0,7	5	Сталь 50І
10	60	10	-20	0,4	0,8	0,6	6	Сталь 60



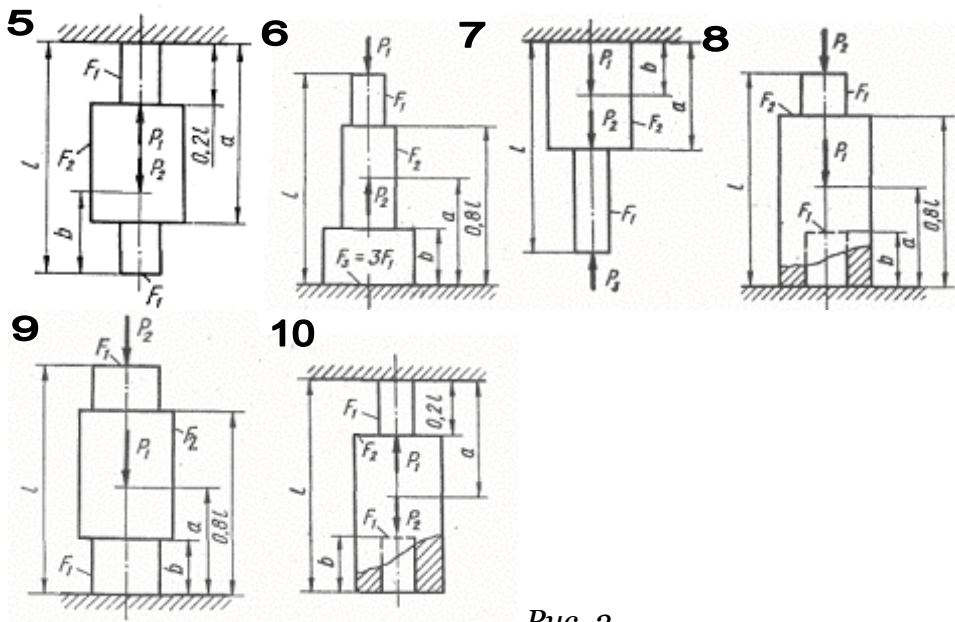


Рис. 3

План розв'язання задачі

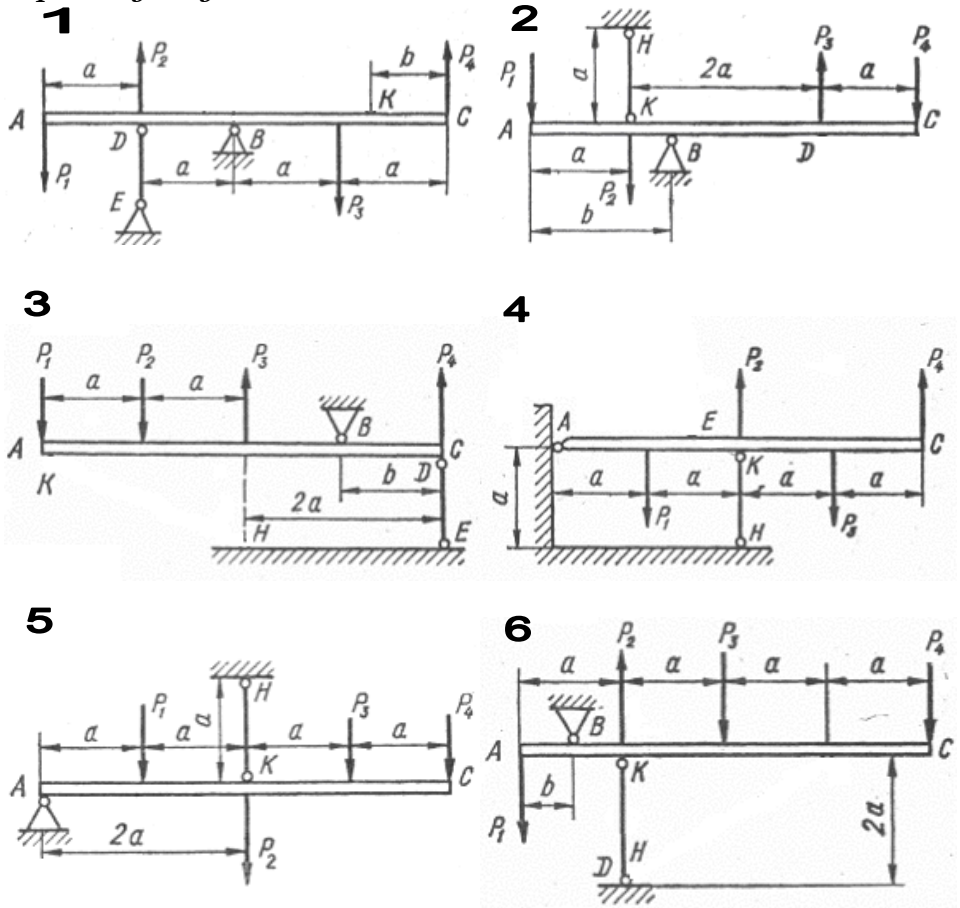
1. Зобразити розрахункову схему.
2. Побудувати епюру поздовжніх сил.
3. З умови міцності визначити діаметри стрижня на усіх ділянках, де допустимі напруження $[\sigma] = \sigma_m / n_m$, де σ_m — напруження, що відповідають площинці текучості (вибирається на основі додатку 1), n_m — коефіцієнт запасу ($n_m = 1,5$).
4. Зобразити ескіз стрижня.
5. Визначити нормальні напруження на кожній ділянці стрижня та побудувати їх епюру.
6. Обчислити абсолютну деформацію ділянок стрижня за законом Гука, де модуль Юнга вибирається з додатку 5, та побудувати епюру розподілу деформацій.

Задача 4. СТАТИЧНО ВИЗНАЧУВАНА СТРИЖНЕВА СИСТЕМА

Схема а.

Абсолютно жорсткий брус АС опирається на шарнірно нерухому опору і прикріплений до сталевго стрижня з допомогою шарнірів (рис. 4а). Визначити переміщення точок А і С, враховуючи, що стрижень має форму швелера, номер профілю та марку сталі якого вказано у таблиці 4а.

Розміри стрижневої конструкції та значення навантаження вибрати з таблиці 4 згідно індивідуального варіанту студента.



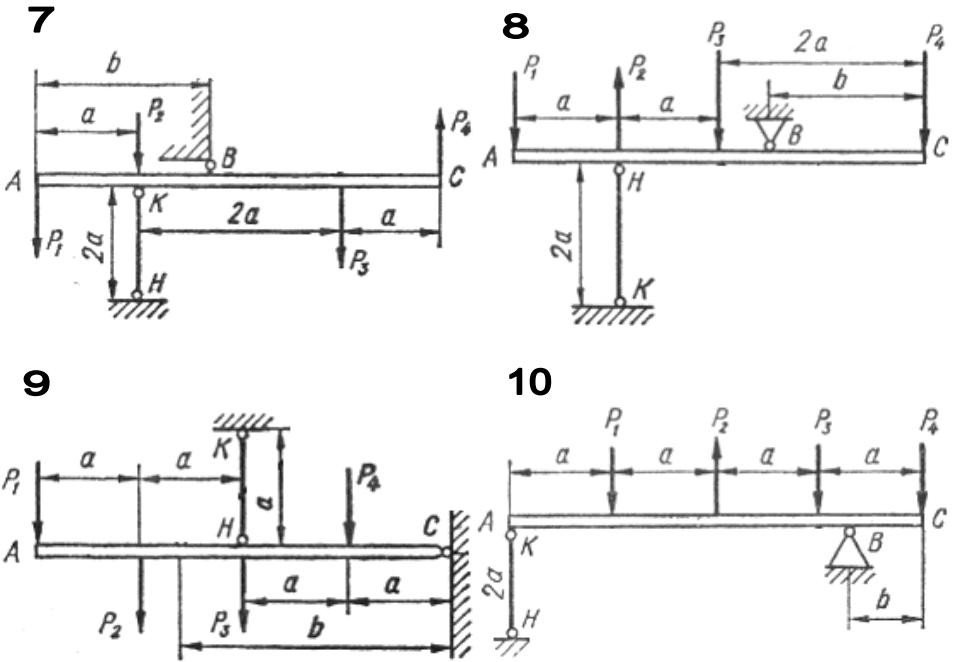


Рис. 4а

Таблиця 4а

Варіант	P_1 , кН	P_2 , кН	P_3 , кН	P_4 , кН	Швелер	a , м	b , м	Матеріал
1	0	0	50	0	20	0,5	0,6	Сталь 10
2	0	0	0	-50	24	0,7	0,5	Сталь 20
3	0	50	0	0	20а	0,4	0,4	Сталь 25
4	50	0	0	0	16	0,6	0,3	Сталь 30
5	0	0	50	0	22	0,65	0,2	Сталь 35
6	0	-50	0	0	18а	0,75	0,45	Сталь 40
7	0	0	0	50	24	0,8	0,5	Сталь 45
8	0	0	-50	0	22а	0,6	0,35	Сталь 20I
9	0	-50	0	0	27	0,2	0,7	Сталь 50I
10	-50	0	0	0	18	0,8	0,6	Сталь 60

План розв'язання задачі

1. Накреслити розрахункову схему стрижневої системи.

2. З рівнянь рівноваги визначити поздовжню силу, що виникає у стрижні.

3. За законом Гука визначити деформацію стрижня, де значення модуля Юнга вибачається з додатку 5.

4. З подібності трикутників знайти переміщення точок A і C.

Схема б.

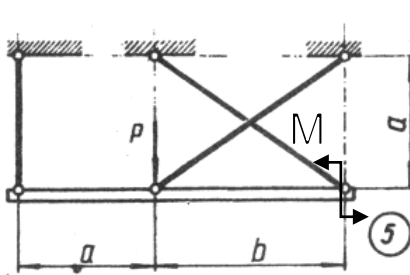
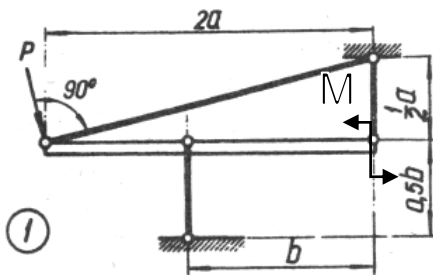
Жорсткий брус, вагою і деформаціями якого нехтуємо, підтримується системою шарнірно закріплених сталевих стрижнів.

Підібрати розміри (номер профілю) двотаврових стрижнів, якщо межа текучості становить 240 МПа і запас міцності $k=1,5$.

Для розрахунку використати дані з таблиці 4б.

Таблиця 4б

Варіант	P , кН	a , м	b , м	Варіант	P , кН	a , м	b , м
1	10	1,2	1,5	6	14	1,4	2,0
2	18	1,5	1,8	7	12	1,7	2,2
3	16	1,6	2,2	8	26	1,9	2,5
4	20	1,8	2,4	9	30	2,2	2,8
5	22	2,0	2,6	10	28	2,5	3,0



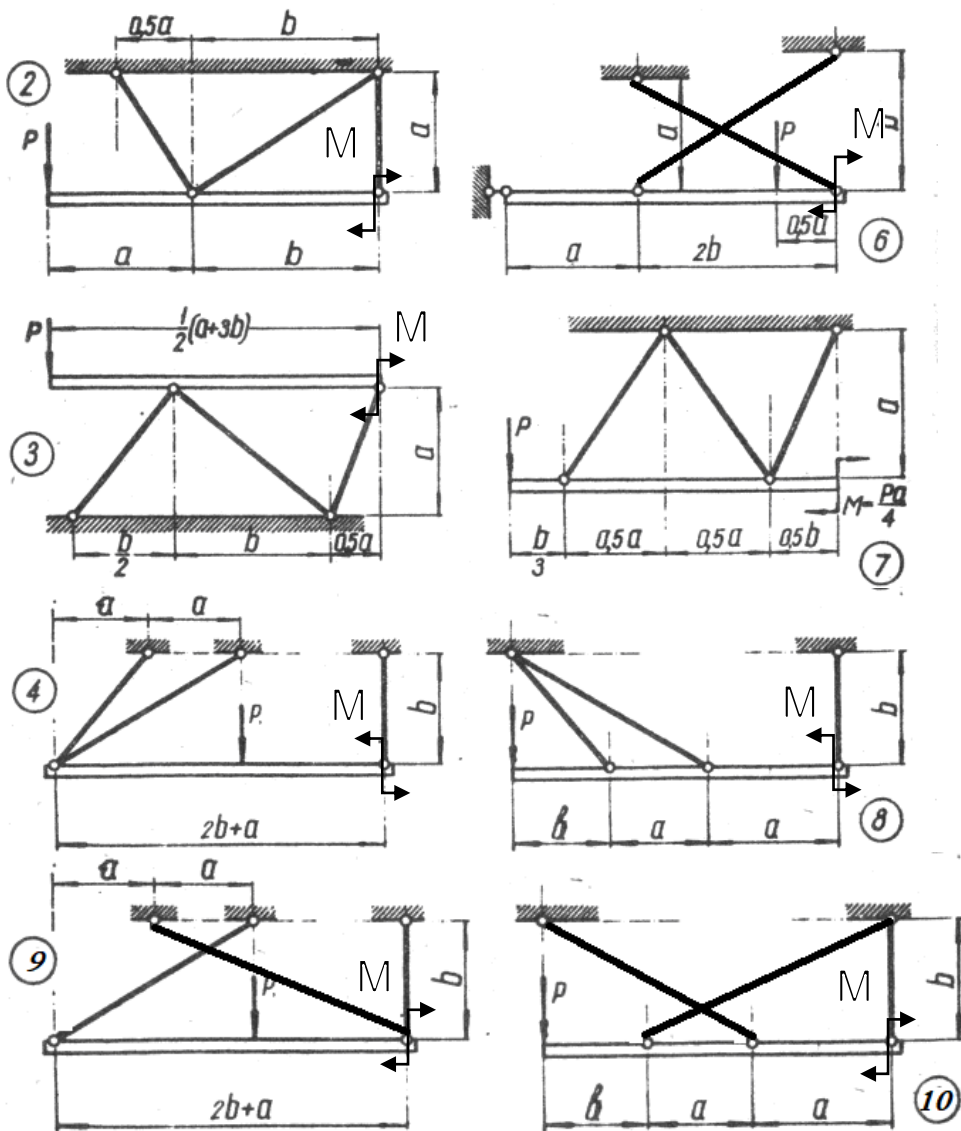


Рис. 4б

План розв'язання задачі

1. Накреслити розрахункову схему стрижневої системи.
2. З рівнянь рівноваги визначити поздовжню силу, що виникає у стрижні.

3.3 умови міцності визначити площі поперечних перерізів стрижнів.

За допомогою сортаменту прокатної сталі визначити номера профілів двотаєрів.

Задача 5. СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧУВАНА СТРИЖНЕВА СИСТЕМА

Схема а.

Абсолютно жорсткий брус спирається на шарнірно нерухому опору і прикріплений до двох стрижнів за допомогою шарнірів (рис. 5а). Потрібно знайти:

1) зусилля і напруження в стрижнях, виразивши їх через силу Q ;

2) допустиме навантаження $[Q]$, якщо $[\sigma] = 160$ МПа;

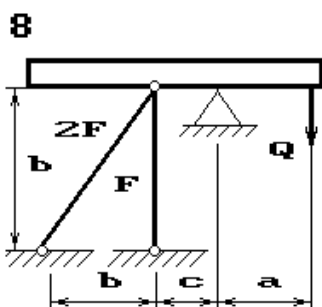
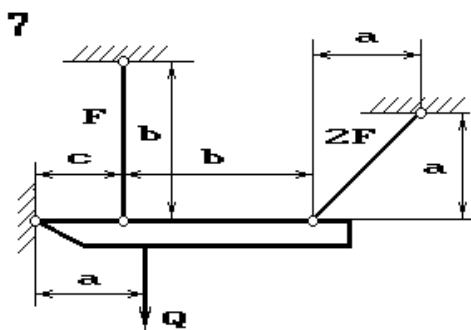
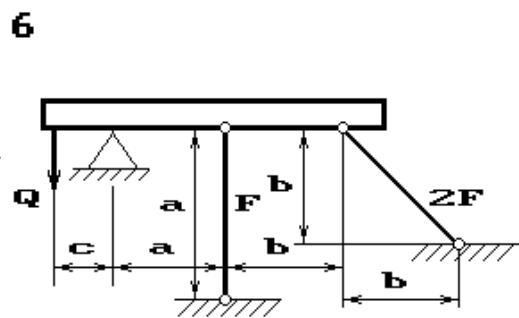
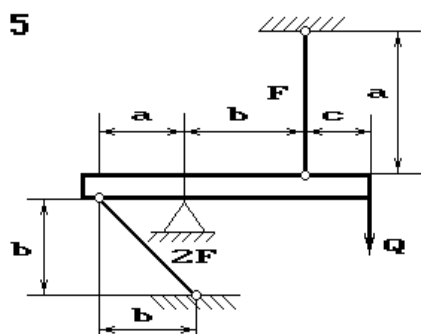
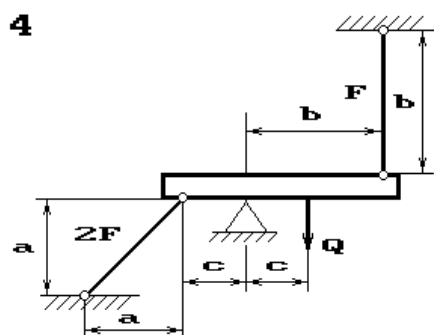
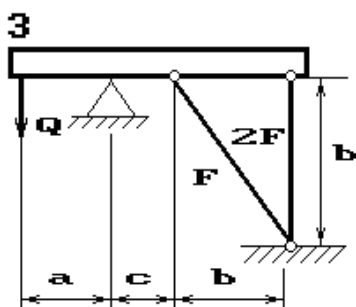
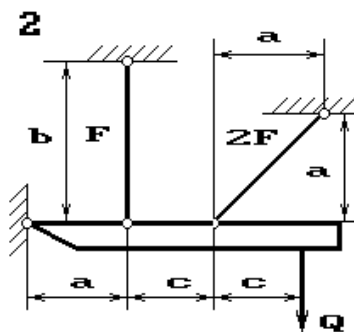
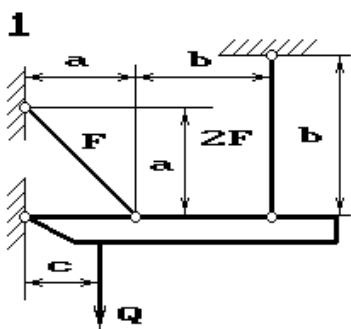
3) граничну вантажопідйомність системи $Q_{гр}$ і граничнодопустиме навантаження $[Q_{гр}]$, що допускаються, якщо межа текучості становить 240 МПа і запас міцності $k=1,5$;

4) порівняти величини допустимих навантажень $[Q]$ і граничнодопустимих $[Q_{гр}]$.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 5а.

Таблиця 5а

Варіант	F , см ²	a , м	b , м	c , м	Варіант	F , см ²	a , м	b , м	c , м
1	6	3.0	2.5	2.6	6	1,5	3.6	3.3	2.3
2	3,6	3.1	3.2	2.2	7	2,6	3.6	2.5	1.5
3	1,8	2.1	3.2	3.9	8	3,2	3.4	4.1	2.2
4	2,0	3.6	3.8	1.9	9	2,9	3.6	1.3	3.1
5	5,4	3.0	4.0	2.0	10	2,4	3.0	2.5	2.0



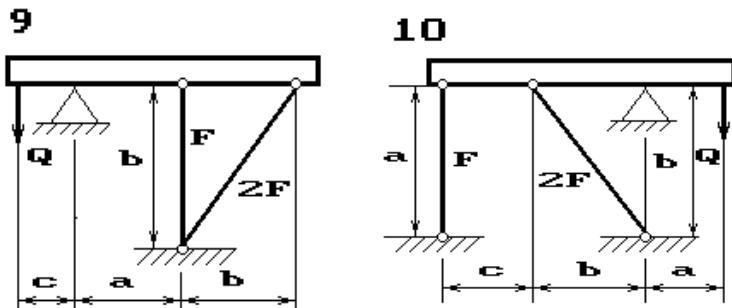


Рис. 5а

План розв'язання задачі

1. Накреслити розрахункову схему стрижневої системи.
2. Встановити ступінь статичної невизначеності задачі.
3. Скласти додаткові рівняння, розглянувши деформацію системи.
4. Визначити зусилля в стрижнях.
5. Виразити напруження, що виникають у стрижнях через значення сили P .
6. З умови міцності знайти значення допустимого навантаження.
7. Визначити граничне та граничнодопустиме навантаження.

Схема б.

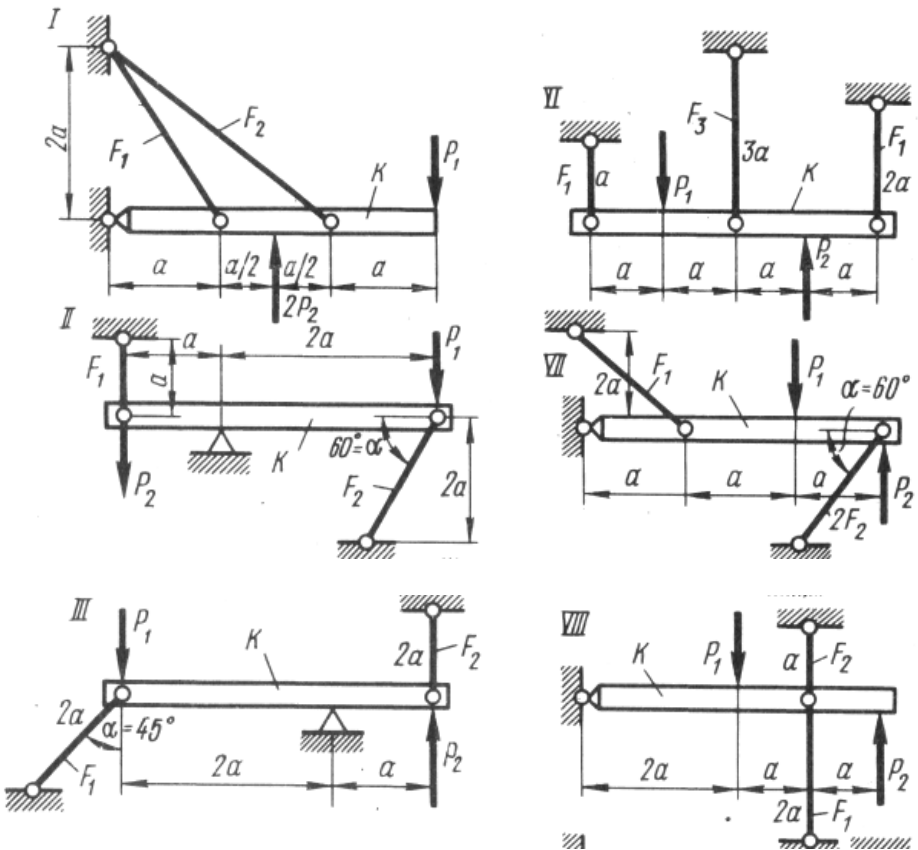
Абсолютно жорсткий брус K (рис. 5б), що опирається на шарнірно нерухому опору та підтримується сталевими стрижнями, навантажений силами P_1 та P_2 .

Враховуючи вказану у таблиці 5б марку сталі, підібрати розміри поперечних перерізів стрижнів, вважаючи що стрижень 1 має форму двотавра, а стрижень 2 — двох рівнобоких кутників.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 5б. Запас міцності конструкції прийняти $n=2,5$. Сталеві стрижні вважати забезпеченими на стійкість.

Таблица 5б

Вариант	$P_1, \text{кН}$	$P_2, \text{кН}$	$a, \text{м}$	Материал
1	5	30	1,5	Сталь 10
2	-10	40	1,7	Сталь 20
3	20	-10	1,4	Сталь 25
4	15	20	1,6	Сталь 30
5	-0	25	1,0	Сталь 35
6	25	-50	1,2	Сталь 40
7	40	15	1,8	Сталь 45
8	20	30	1,6	Сталь 20Г
9	-50	-20	2,0	Сталь 50Г
10	60	10	1,8	Сталь 60



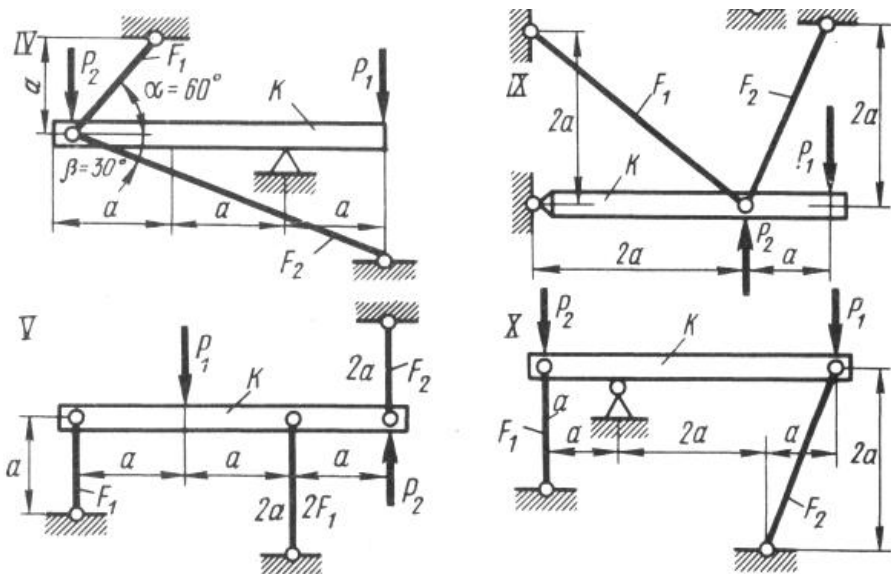


Рис. 5б

План розв'язання задачі

1. Накреслити розрахункову схему стрижневої системи.
2. Встановити ступінь статичної невизначеності задачі.
3. Скласти умови сумісності деформацій.
4. Визначити зусилля в стрижнях.
5. З умови міцності визначити величини площ поперечних перерізів стрижнів, де допустимі напруження $[\sigma] = \sigma_m / n_m$, тут σ_m — напруження, що відповідають площинці текучості (вибирається на основі додатку 1), n_m — коефіцієнт запасу ($n_m = 2,5$).

Схема в.

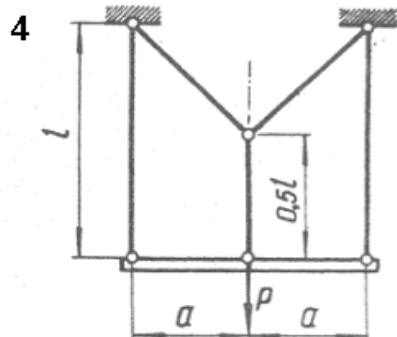
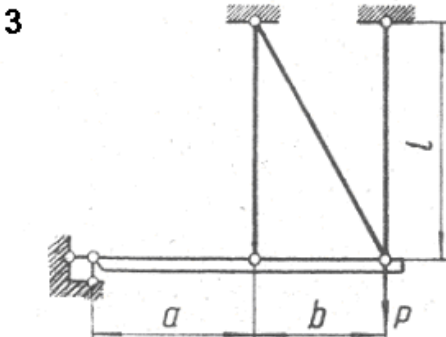
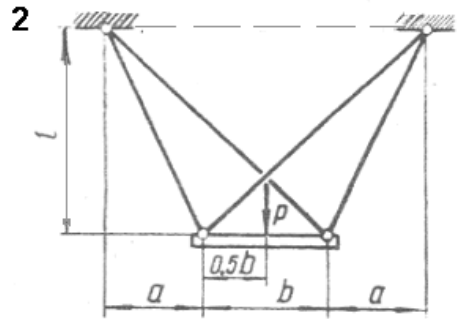
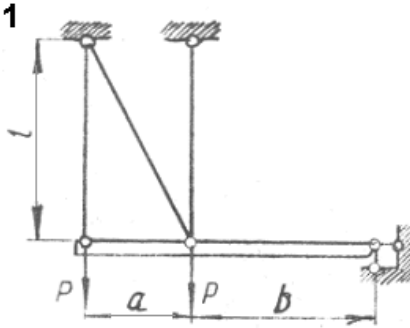
Жорсткий брус, вагою і деформаціями якого нехтуємо, підтримується системою шарнірно закріплених сталевих стрижнів (рис. 5в). Приймаючи, що площі поперечних перерізів стрижнів однакові і рівні F , зробити розрахунок системи на міцність.

Розміри стрижневої конструкції та значення навантаження вибрати з таблиці 5в згідно індивідуального варіанту студента.

Значення модуля Юнга та межі текучості вибрати на основі додатків 5 та 1 відповідно до індивідуального варіанта студента.

Таблиця 5в

Варіант	$P, \text{кН}$	$F, \text{см}^2$	$a, \text{м}$	$b, \text{м}$	$l, \text{м}$	Матеріал
1	5	2,0	0,9	1,0	2,8	Сталь 10
2	-10	2,2	0,8	0,9	2,6	Сталь 20
3	20	2,4	0,7	0,8	2,5	Сталь 25
4	15	2,2	0,9	1,2	2,6	Сталь 30
5	-0	3,2	1,2	1,3	2,4	Сталь 35
6	25	2,6	1,1	1,2	2,9	Сталь 40
7	40	4,4	1,5	1,8	2,7	Сталь 45
8	20	4,0	1,3	1,4	2,8	Сталь 20Г
9	-50	2,8	1,6	1,2	3,2	Сталь 50Г
10	60	4,2	1,0	1,4	3,0	Сталь 60



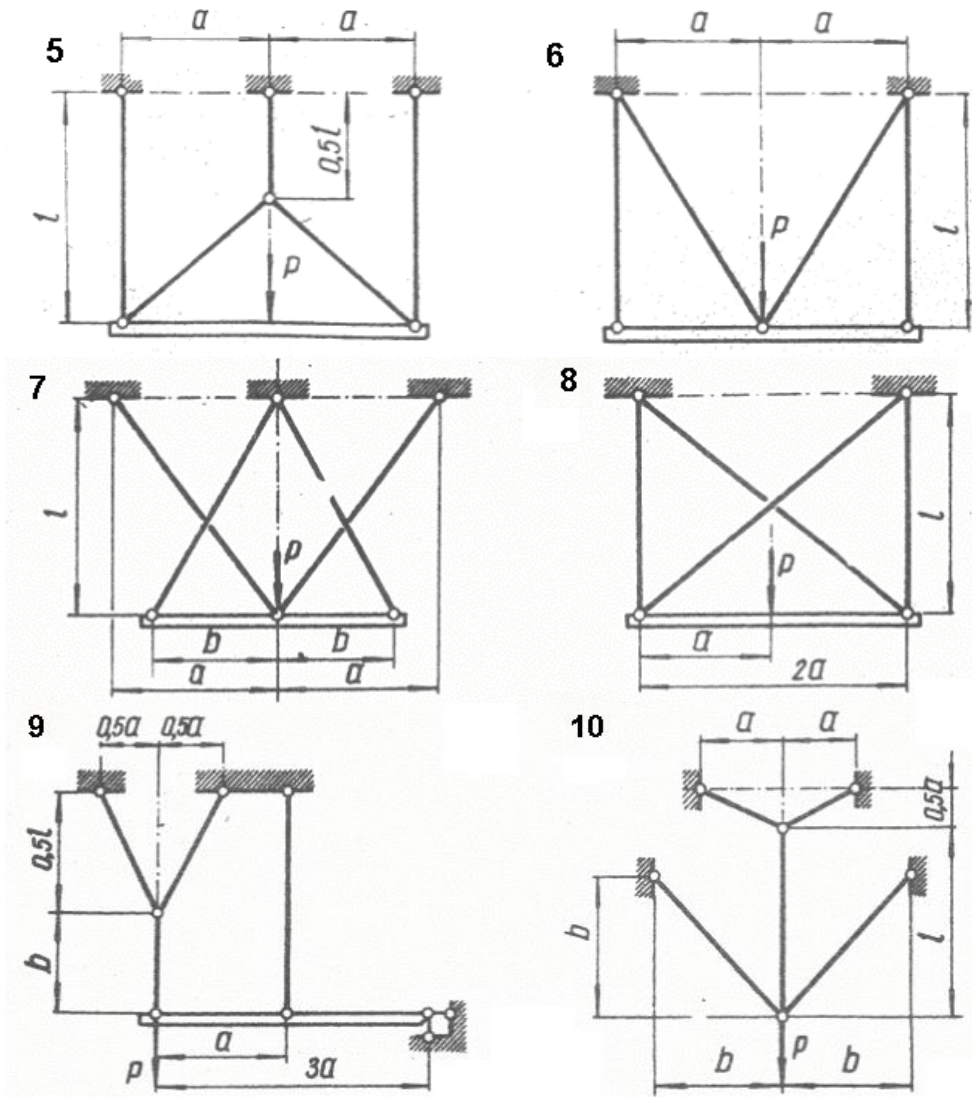


Рис. 5в

План розв'язання задачі

1. Накреслити розрахункову схему стрижневої системи.
2. Встановити ступінь статичної невизначеності задачі.

3. Скласти додаткові рівняння, розглянувши деформацію системи.
4. Визначити зусилля в стрижнях.
5. Визначити напруження, що виникають у стрижнях.
6. Перевірити, чи виконуються умови міцності для стрижнів.

Задача 6. СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧУВАНИЙ СХІДЧАСТИЙ СТРИЖЕНЬ

Для сталюого стрижня ($E=2 \cdot 10^4$ Кн/см²), що знаходиться під дією сил, вказаних на схемі (рис. 6), побудувати епюри поздовжніх сил, напружень в поперечних перерізах бруса і переміщень цих перерізів.

При розрахунках використати дані з таблиці 6.

Таблиця 6

Варіант	F , см ²	P_1 , кН	P_2 , кН	a , м	b , м	c , м	d , м
1	2,3	12	10	0,1	1,1	0,2	0,6
2	2,5	11	15	0,2	0,5	0,3	0,5
3	3,5	18	11	0,3	0,2	0,4	0,4
4	5	6	13	0,4	0,1	0,6	0,9
5	1,9	14	8	0,5	0,4	0,3	1,0
6	1,6	3	6	0,6	0,3	0,4	0,3
7	2,6	9	2	0,7	0,2	0,5	0,8
8	3,7	9	14	0,8	0,7	0,9	0,6
9	3,3	5	13	0,9	0,6	0,8	0,1
10	2,8	4	8	1,0	0,9	0,7	0,4

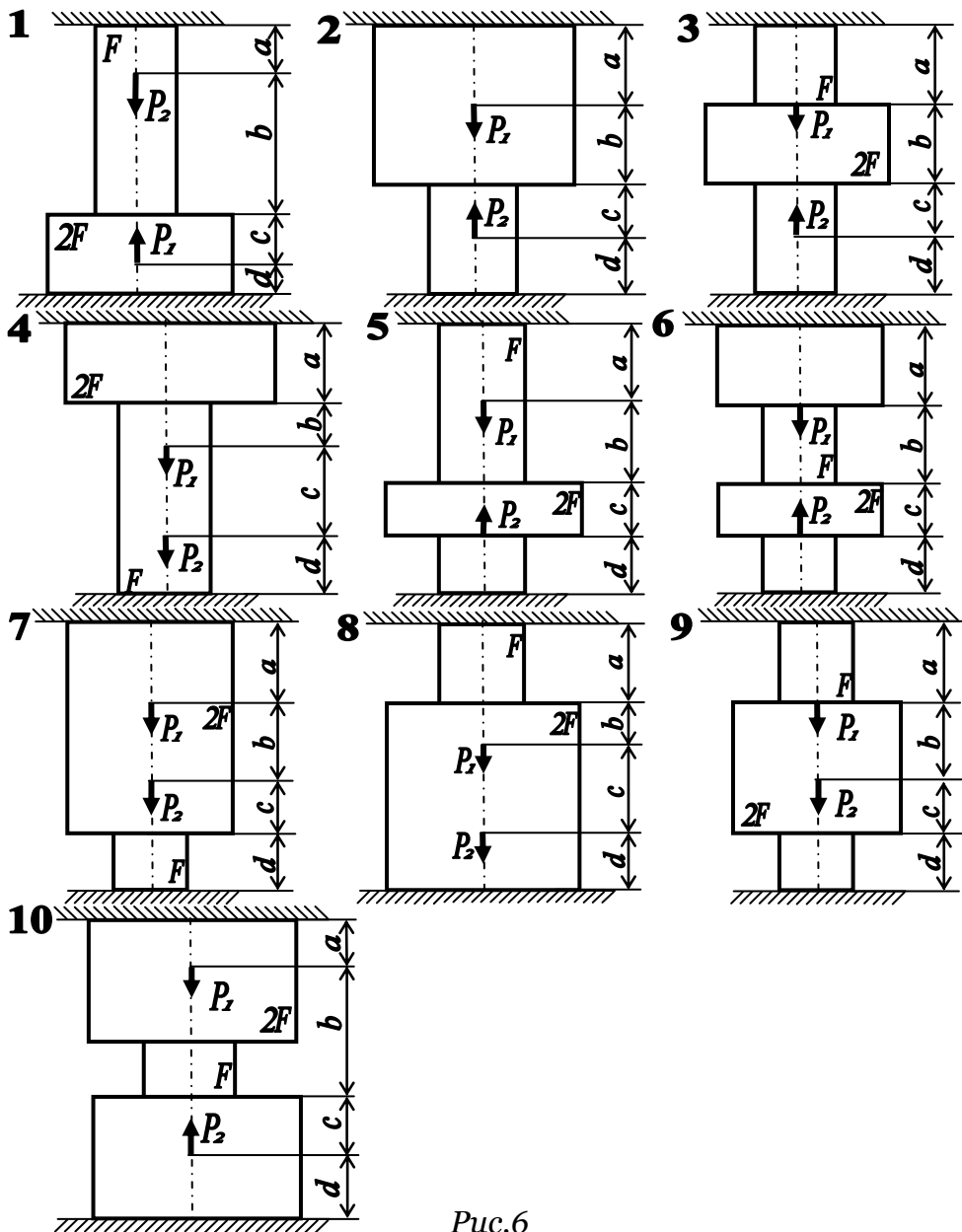


Рис.6

План розв'язання задачі

1. Накреслити розрахункову схему задачі.
2. Встановити ступінь статичної невизначеності.
3. Скласти додаткові рівняння, розглянувши деформацію системи.
4. Визначити позовжні сили на ділянках, побудувати їх епюру.
5. Визначити напруження, що виникають на ділянках стрижня., побудувати їх епюру.
6. За законом Гука визначити деформації стрижня, побудувати їх епюру. Виконати перевірку розрахунків на основі побудованої епюри.

Задача 7. СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧУВАНА СИСТЕМА

Жорсткий брус прикріплений до двох сталевих стрижнів площею поперечного перерізу f , що опираються на нерухому основу. До бруса прикріплений середній ступінчастий сталевий стрижень з зазором $\Delta = \beta \cdot c$ (рис. 7). Без врахування власної ваги потрібно:

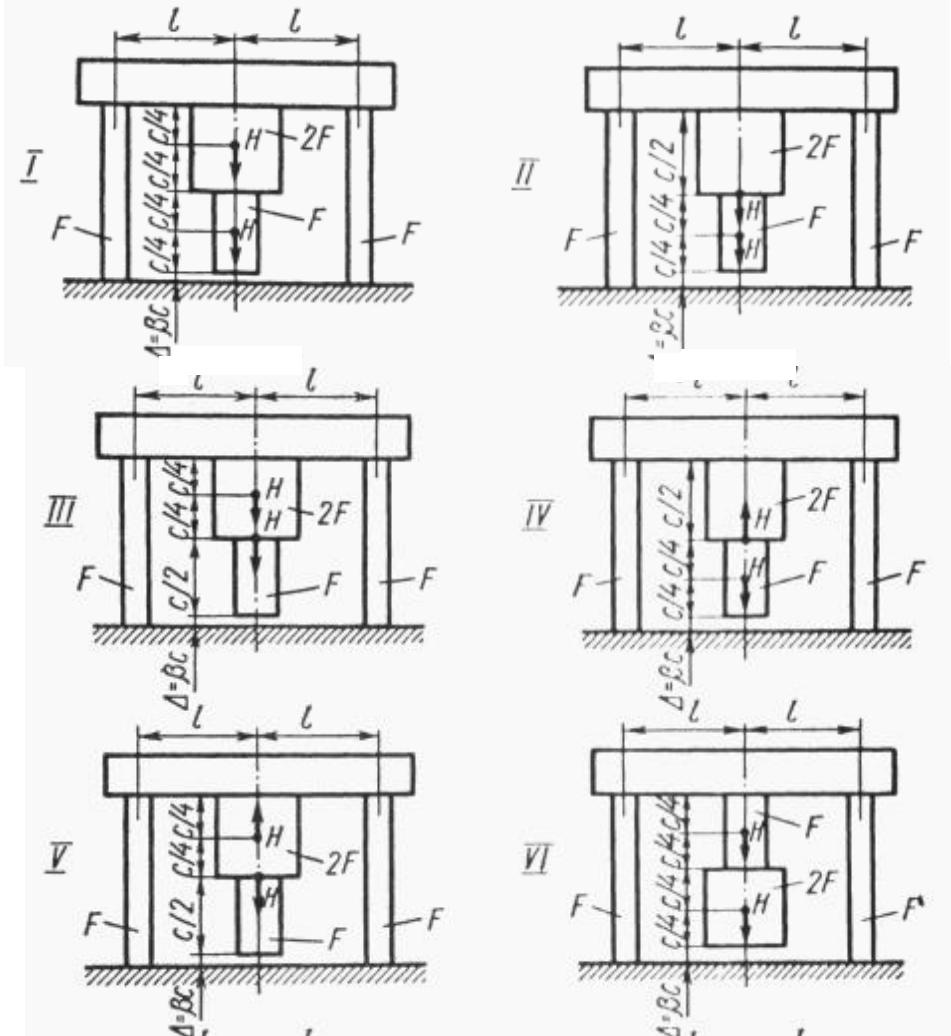
- 1) встановити, при якому значення сили зазор закритється;
- 2) знайти реакцію основи у нижньому перерізі середнього стрижня при заданому значенні сили H і побудувати епюру позовжніх сил для середнього стрижня;
- 3) знайти зусилля та напруження у крайніх стрижнях при заданому значенні сили H .

При розрахунках врахувати, що в наслідок симетрії конструкції, зусилля у крайніх стрижнях рівні між собою.

Розміри конструкції та значення навантаження вибрати з таблиці 7 на основі індивідуального варіанту студента.

Таблиця 7

Варіант	H , кН	l , м	c , м	F , см ²	$10^5 \cdot \beta$	Варіант	H , кН	l , м	c , м	F , см ²	$10^5 \cdot \beta$
1	110	0,7	1,1	0,8	5	6	115	1,4	1,6	0,7	5
2	120	1,2	1,2	0,4	4	7	125	0,6	1,7	0,9	4
3	130	1,3	1,3	1,0	3	8	135	0,5	1,8	0,6	3
4	140	1,0	1,4	1,1	2	9	145	0,4	1,9	0,7	2
5	150	1,1	1,5	0,5	1	10	105	0,8	2,0	0,6	1



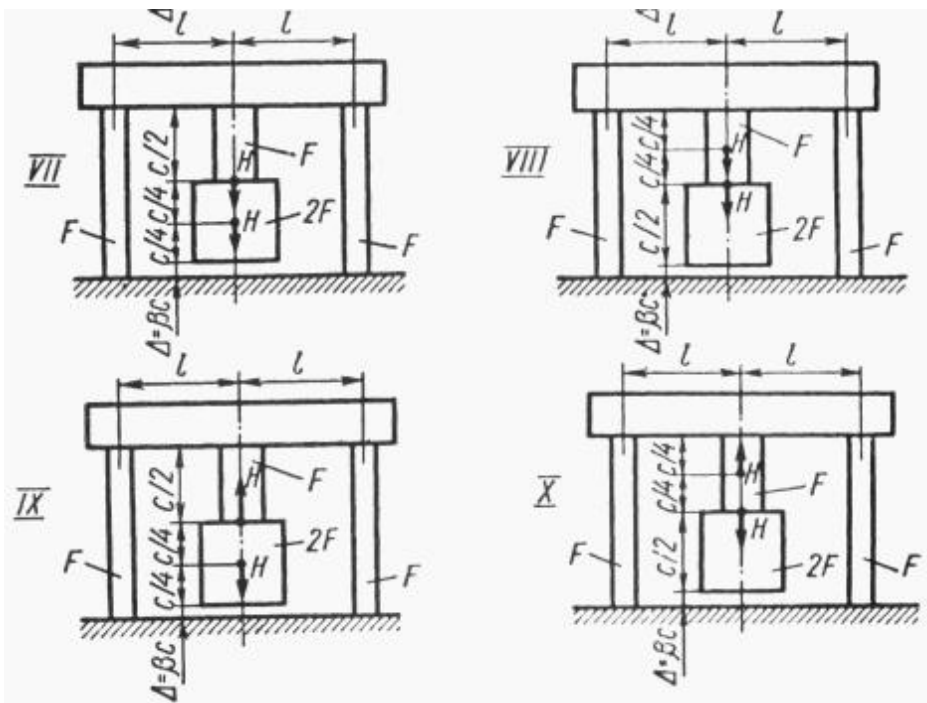


Рис. 7

План розв'язання задачі

1. Накреслити розрахункову схему задачі.
2. Встановити ступінь статичної невизначеності.
3. Скласти додаткові рівняння, розглянувши деформацію системи.
4. Встановити, при якому значення сили зазор закриється
5. Знайти реакцію основи у нижньому перерізі середнього стрижня та побудувати епюру поздовжніх сил для середнього стрижня.
6. Знайти зусилля та напруження у крайніх стрижнях.

Тема: «Аналіз напруженого стану в точці»

Задача 1. ПЛОСКИЙ НАПРУЖЕННЫЙ СТАН. ПРЯМА ЗАДАЧА

За відомими головними напруженнями визначити аналітично і графічно значення напружень на нахилених під кутом α площинках.

Значення головних напружень, кут нахилу до відповідної площинки задані у таблиці 8 відповідно до індивідуального варіанту студента.

Таблиця 8

Варіант	σ_1	α	Площинка	Варіант	σ_1	α	Площинка	Варіант	σ_2	Варіант	σ_2
	МПа	°			МПа	°			МПа		МПа
1	10	-30	до σ_1	6	25	-60	до σ_2	1	-20	6	10
2	20	45	до σ_1	7	30	-30	до σ_1	2	35	7	-25
3	-40	30	до σ_2	8	-60	45	до σ_2	3	-40	8	25
4	0	60	до σ_1	9	-15	-45	до σ_1	4	-50	9	-15
5	-50	-45	до σ_2	10	15	30	до σ_1	5	20	10	30

План розв'язання задачі

1. Для плоского напруженого стану аналітично визначити значення напружень на нахилений площинці.
2. Побудувати круг Мора для графічного розв'язання задачі.
3. Правильність аналітичних розрахунків підтверджуються результатами, отриманими за допомогою графічного методу.

Задача 2. ПЛОСКИЙ НАПРУЖЕННЫЙ СТАН. ОБЕРНЕНА ЗАДАЧА

Для плоского напруженого стану за відомими значеннями σ_x , σ_y , τ_x визначити аналітично та графічно величину і напрямок головних напружень і показати елемент що знаходиться тільки під дією головних напружень.

Значення напружень σ_x , σ_y , τ_x , задані у таблиці 9 відповідно до індивідуального варіанту студента.

Таблиця 9

Варіант	σ_x	τ_x	Варіант	σ_x	τ_x	Варіант	σ_y	Варіант	σ_y
	МПа	МПа		МПа	МПа		МПа		МПа
1	10	-30	6	25	-60	1	-20	6	10
2	20	45	7	30	-30	2	35	7	-25
3	-40	30	8	-60	45	3	-40	8	25
4	0	60	9	-15	-45	4	-50	9	-15
5	-50	-45	10	15	30	5	20	10	30

План розв'язання задачі

1. Для плоского напруженого стану аналітично визначити значення головних напружень та положення головних площинок.

2. Для графічного розв'язання задачі слід побудувати круг Мора.

3. Правильність аналітичних розрахунків підтверджуються результатами, отриманими за допомогою графічного методу.

Задача 3. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ У ТОЧЦІ

Сталевий елемент знаходиться під дією сил, що утворюють плоский напружений стан (табл. 10). Необхідно визначити:

1. Головні напруження і положення головних площинок.
2. Екстремальні дотичні напруження.
3. Відносні деформації в напрямку головних осей.
4. Відносну зміну об'єму.
5. Питому потенціальну енергію.
6. Перевірити міцність елемента за еквівалентними напруженнями.

Значення напружень σ_x , σ_y , τ_x , задані у таблиці 10 відповідно до індивідуального варіанту студента.

Таблиця 10

Варіант	σ_x , МПа	τ_x , МПа	Варіант	σ_y , МПа
1	100	-50	1	-40
2	200	120	2	60
3	-50	100	3	-50
4	45	-80	4	-100
5	150	200	5	80
6	0	120	6	70
7	250	-70	7	-100
8	-250	-60	8	60
9	-120	0	9	-80
10	0	-140	10	90

План розв'язання задачі

1. Для плоского напруженого стану аналітично визначити значення головних напружень та положення головних площинок.

2. Для графічного розв'язання задачі побудувати круг Мора.

3. Правильність аналітичних розрахунків підтверджуються результатами, отриманими за допомогою графічного методу.

4. Визначити значення екстремальних дотичних напружень.

5. За узагальненим законом Гука розрахувати деформації у напрямку головних осей.

6. Визначити відносну зміну об'єму..

7. Розрахувати питому потенціальну енергію деформації.

8. Перевірити міцність елемента на основі критеріїв міцності з використанням III та IV теорій.

Задача 4. ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ПЛАСТИНКИ

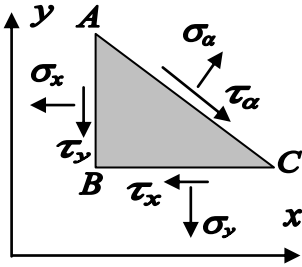


Рис. 8

За відомими значеннями нормальних та дотичних напружень (рис. 8) визначити деформації сталеві пластинки.

Значення нормальних та дотичних напружень задані у таблиці 11 відповідно до індивідуального варіанту студента.

Таблиця 11

Варіант	σ_x , МПа	τ_x , МПа	AB, см	Варіант	σ_α , МПа	BC, см
1	100	-50	2	1	-40	3
2	60	120	3	2	60	4
3	-50	100	4	3	-50	5
4	45	-80	5	4	-100	6
5	80	200	4	5	80	4
6	70	120	3	6	70	2
7	-100	-70	2	7	-100	4
8	-250	-60	4	8	60	3
9	-120	80	5	9	-80	2
10	90	-140	3	10	90	4

План розв'язання задачі

1. Використовуючи співвідношення у прямокутному трикутнику ABC, визначити кут α нахилу площинки.
2. На основі залежностей для визначення напружень на нахилених площинках, розрахувати невідомі напруження.
3. За узагальненим законом Гука визначити деформації пластинки.

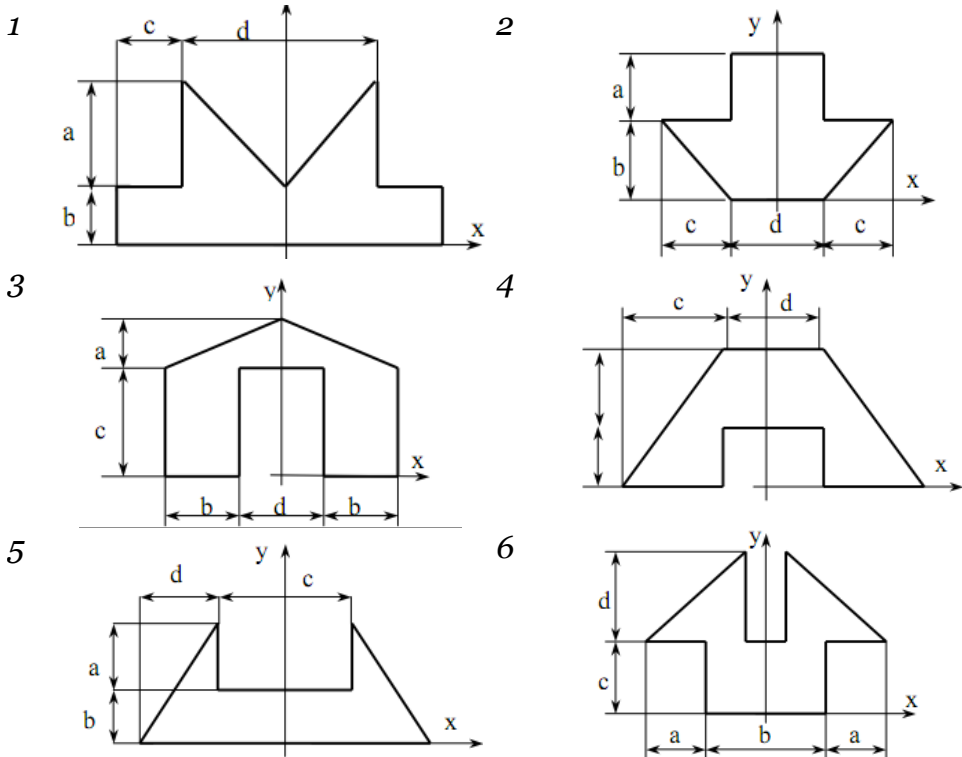
Тема: «Геометричні характеристики плоских перерізів»

Задача 1. Визначення геометричних характеристик симетричних перерізів

Для складеного перерізу (рис. 9, а та 9, б), що має вісь симетрії, знайти аналітичним способом значення головних моментів інерції та положення головних центральних осей.

При розрахунках для схеми а використовувати дані таблиці 12,а, а для схеми б — дані таблиці 12,б та таблиць сортаменту, що наведені у додатках.

Схема а



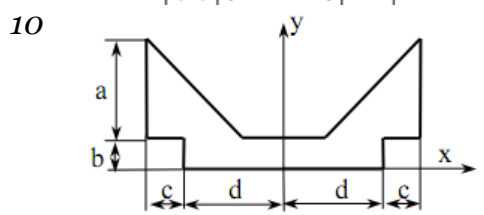
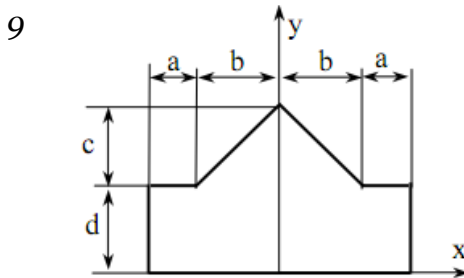
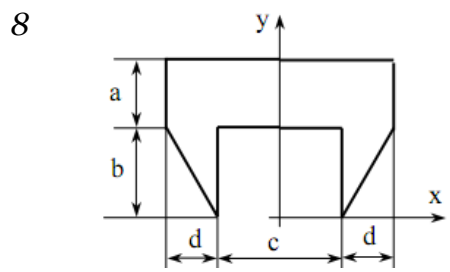
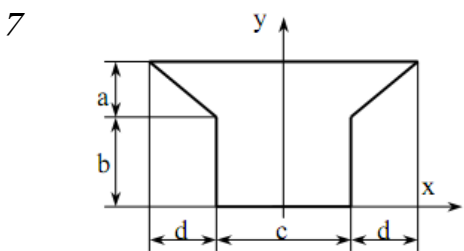
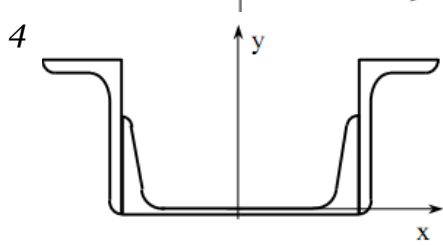
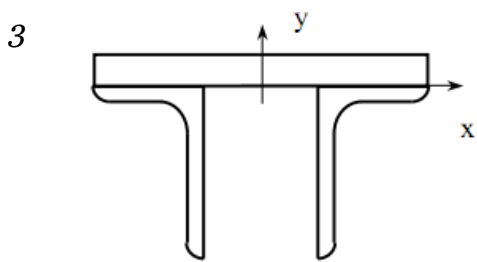
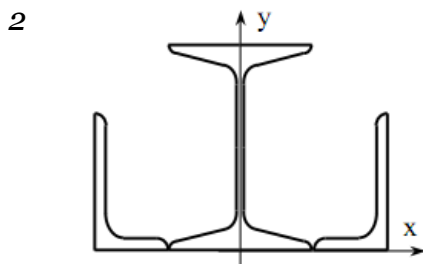
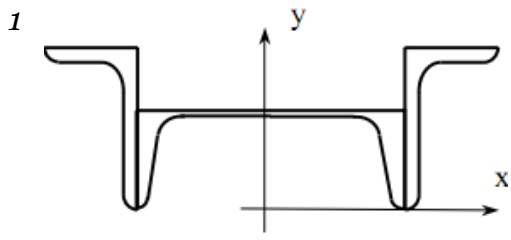


Рис. 9, а

Таблиця 12,а

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>a, см</i>	4	8	5	6	3	7	5	9	4	6
<i>b, см</i>	5	6	7	8	4	10	9	7	6	8
<i>c, см</i>	4	6	5	4	6	7	8	3	9	5
<i>d, см</i>	5	7	9	6	4	3	6	8	5	8

Схема б



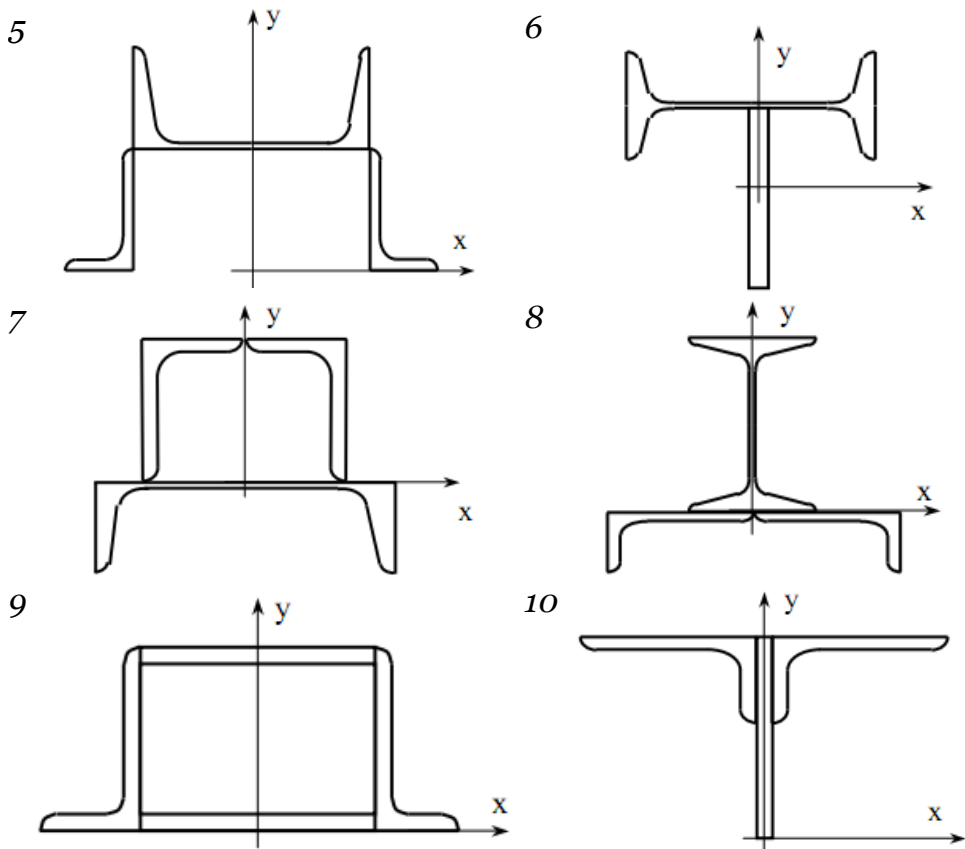


Рис. 9,б

Таблиця 12,б

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Двотавр	10	12	14	16	18	10	20	18	16	14
Швелер	18	16	14	12	10	12	14	16	18	10
Смуга b , см	15	17	20	17	22	16	24	23	19	18
h , см	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,2	4	2,6	3
Кутник	100×63×8	50×32×4	63×40×6	75×50×8	100×63×8	160×100×12	180×110×10	200×125×14	125×80×10	250×160×18

Задача 2. Визначення геометричних характеристик несиметричних перерізів

Для складеного перерізу (рис. 10), що не має осі симетрії, знайти аналітичним способом значення головних моментів інерції та положення головних центральних осей.

При розрахунках використовувати дані таблиці 13 та таблиць сортаменту, що наведені у додатках.

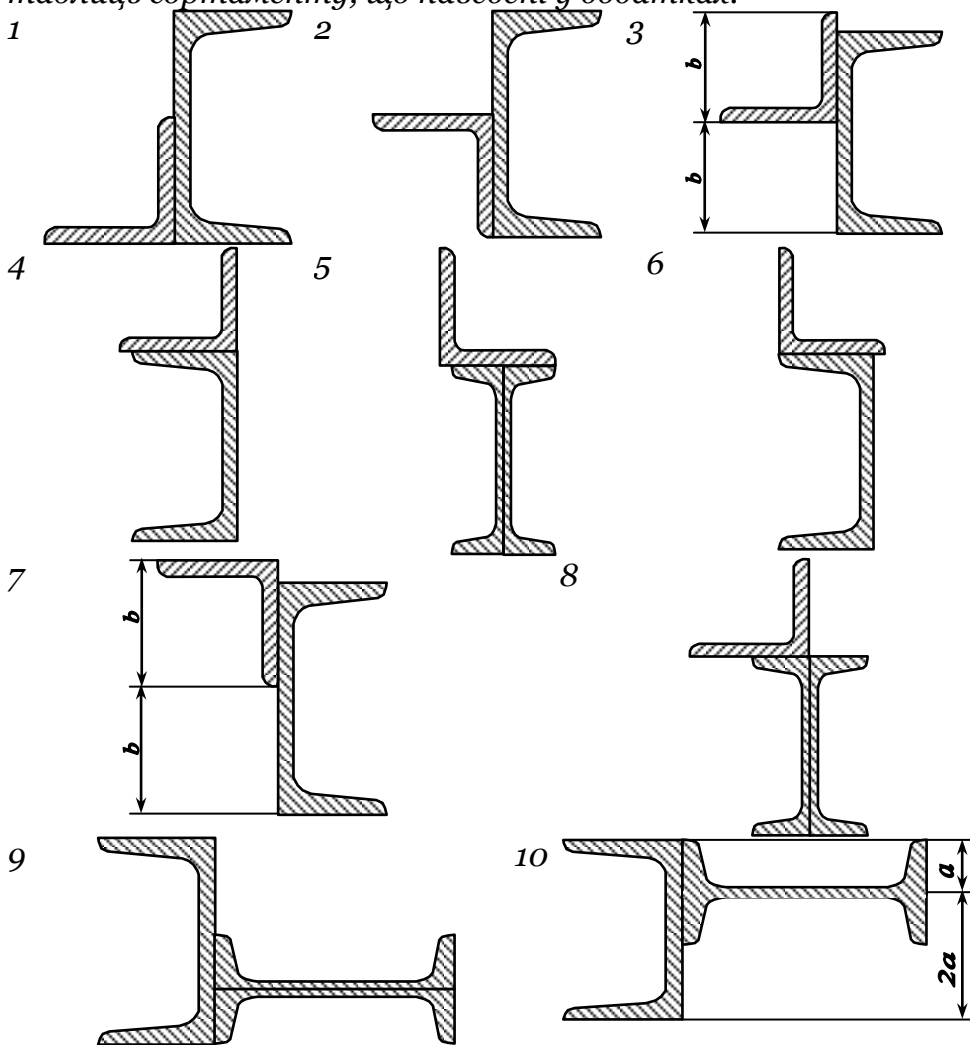


Рис. 10

Таблиця 13

<i>Варіант</i>	<i>Швелер</i>	<i>Рівнобокий кутник</i>	<i>Двотавр</i>
<i>1</i>	<i>14</i>	<i>8(8)</i>	<i>12</i>
<i>2</i>	<i>16</i>	<i>8(6)</i>	<i>14</i>
<i>3</i>	<i>18</i>	<i>9(8)</i>	<i>16</i>
<i>4</i>	<i>20</i>	<i>9(7)</i>	<i>18</i>
<i>5</i>	<i>22</i>	<i>9(6)</i>	<i>20a</i>
<i>6</i>	<i>24</i>	<i>10(8)</i>	<i>20</i>
<i>7</i>	<i>27</i>	<i>10(10)</i>	<i>22a</i>
<i>8</i>	<i>30</i>	<i>10(12)</i>	<i>22</i>
<i>9</i>	<i>33</i>	<i>12,5(10)</i>	<i>24a</i>
<i>10</i>	<i>36</i>	<i>12,5(12)</i>	<i>24</i>

Тема: «Плоский поперечный изгиб»

Задача 1. Визначення нормальних та дотичних напружень у балках-консолях

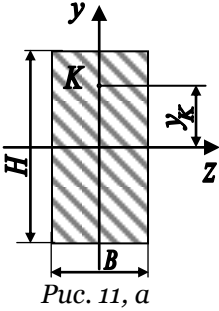


Рис. 11, а

Для балки-консолі прямокутного поперечного перерізу (рис. 11, а), схема навантаження якої представлена на рис. 11, б, у небезпечному перерізі для точки К визначити дотичні та нормальні напруження. Розміри балки та значення навантаження вибрати з таблиці 14 згідно індивідуального варіанту студента.

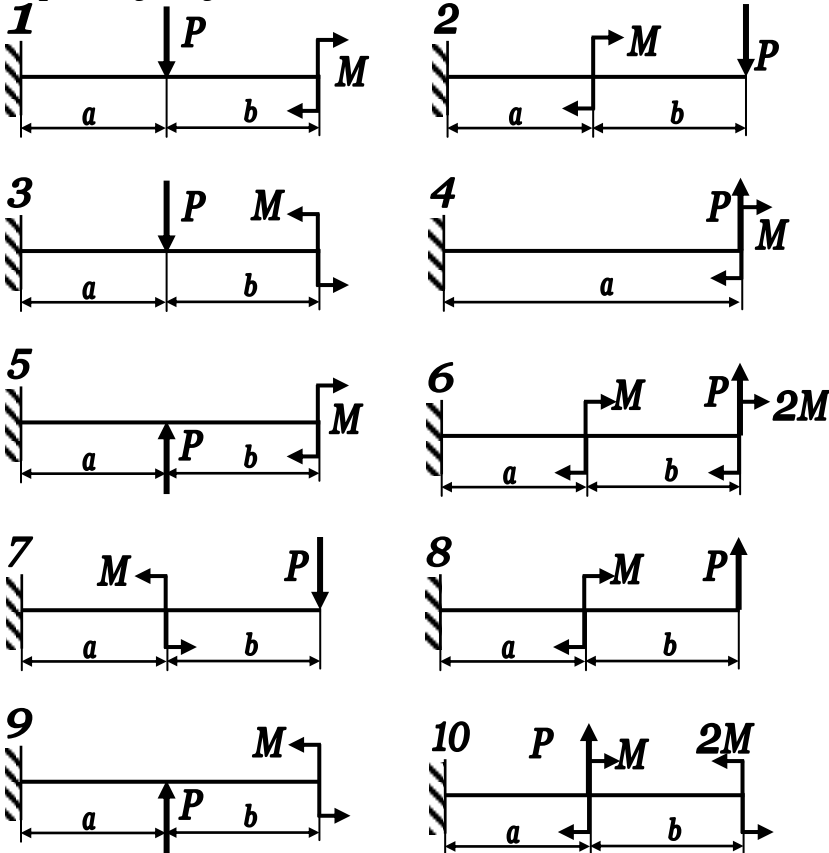


Рис. 11, б

Таблиця 14

Схема	a, м	b, м	M, кН·м	P, кН	B, см	H, см	y _K , см
0	1	1	20	20	10	20	4
1	1,5	1	30	10	12	18	5
2	1	1,5	40	20	8	20	6
3	1,5	0,5	20	10	12	22	10
4	1,5	1,5	20	15	10	24	11
5	1	2,5	40	20	14	20	7
6	1,5	1,5	30	30	12	16	3
7	1,5	0,5	20	20	10	14	2
8	2	1	40	25	12	20	9
9	1	1,5	40	30	8	18	8

План розв'язання задачі

1. Поділити балку на ділянки, починаючи з вільного кінця (або з допомогою рівнянь рівноваги визначити опорні реакції у точці защемлення — тоді поділ на ділянки можна здійснювати довільним чином).

2. Побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів для балки-консолі.

3. Визначити небезпечний переріз (переріз (u), у яких згинальний момент досягає максимального значення). У небезпечному перерізі знайти значення згинального моменту M^* та поперечної сили Q^* .

4. Використовуючи форму формулу Нав'є:

$$\sigma = \frac{M^*}{J_z} y_K,$$

визначити нормальні напруження. Тут J_z — момент інерції перерізу (у випадку прямокутника $J_z = \frac{B \cdot H^3}{12}$), y_K — відстань від точки, у якій слід розрахувати напруження до нейтральної осі.

5. За допомогою формули Журавського:

$$\tau = \frac{Q^* \cdot S'}{J_z \cdot B},$$

розрахувати дотичні напруження у небезпечному перерізі. Тут S' — статичний момент площі відсіченої частини перерізу, B — ширина перерізу.

Задача 2. Перевірка міцності за нормальними напруженнями простої балки

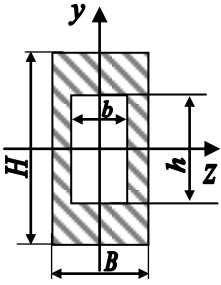


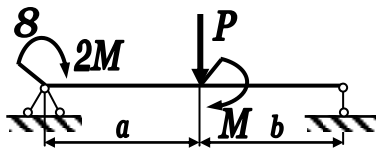
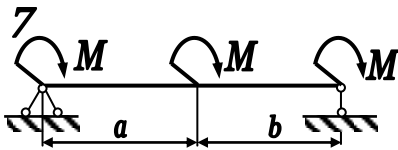
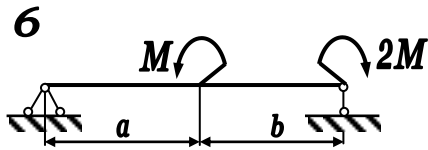
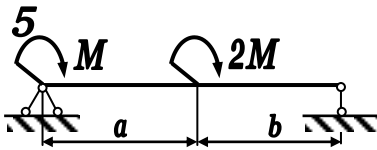
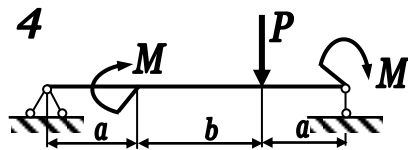
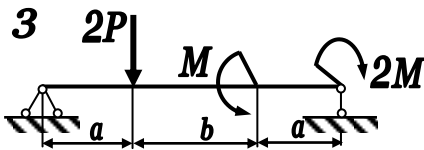
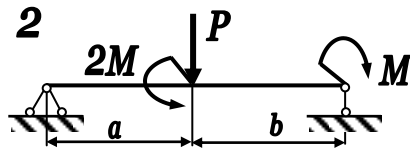
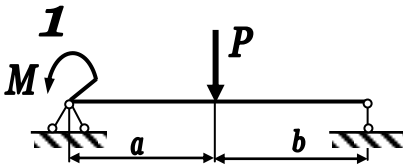
Рис. 12, а

Перевірити сталеву просту балку коробчастого поперечного перерізу (рис. 12, а), що навантажена згідно схеми (рис. 12, б), на міцність за нормальними напруженнями.

Розміри балки та значення навантаження вибрати з таблиці 15 згідно індивідуального варіанта студента.

При розрахунках враховувати, що $b = \frac{B}{2}$, $h = \frac{H}{2}$. Значення допустимих напружень

вибрати на основі додатку 1 для відповідної марки сталі.



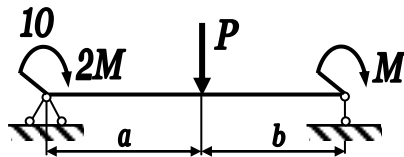
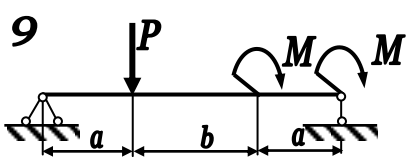


Рис. 12, б

Таблиця 15

Схема	<i>a</i> , м	<i>c</i> , м	<i>M</i> , кН·м	<i>P</i> , кН	<i>B</i> , см	<i>H</i> , см	Матеріал
0	1	1	20	20	10	20	Сталь 10
1	1,2	1	25	10	12	18	Сталь 20
2	1,3	1,7	30	25	8	20	Сталь 25
3	1,4	0,7	35	15	12	22	Сталь 30
4	1,5	1,5	40	35	10	24	Сталь 35
5	1,6	2,4	45	40	14	20	Сталь 40
6	1,2	0,6	40	45	12	16	Сталь 45
7	1,6	0,8	35	50	10	14	Сталь 20Г
8	2	1	30	25	12	20	Сталь 50Г
9	1	1,2	35	30	8	18	Сталь 60

План розв'язання задачі

1. За допомогою рівнянь рівноваги визначити опорні реакції.
2. Поділити балку на ділянки, на кожній з яких визначити поперечну силу та згинальний момент.
3. Побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів для простої балки.
4. Визначити небезпечний переріз та значення максимального згинального моменту M_{\max} .
5. Використовуючи умову міцності за нормальними напруженнями:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma],$$

перевірити міцність балки. Тут W_z — момент опору перерізу; допустимі напруження визначаються: $[\sigma] = \sigma_m / n_m$, де σ_m — напруження, що відповідають площинці текучості

(вибирається на основі додатку 1), n_m – коефіцієнт запасу ($n_m=1,5$).

Задача 3. Повна перевірка на міцність консольної балки

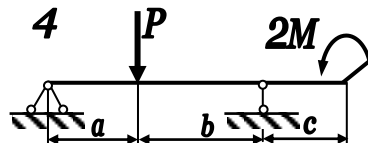
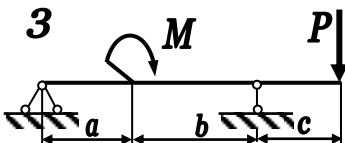
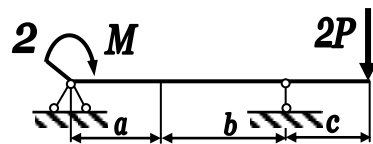
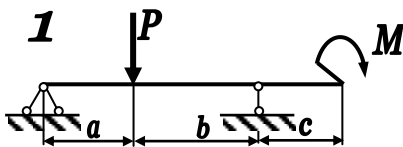
Для двотаврової сталеві балки, номер профілю якої вказаний у таблиці 16, виконати повну перевірку міцності, застосувавши третю теорію міцності. Схема навантаження балки вказана на рис. 13.

З таблиці 16 для вказаного індивідуального варіанта студента підібрати розміри балки, матеріал, з якого вона виготовлена та значення навантаження.

Значення допустимих напружень вибрати на основі додатка 1 для відповідної марки сталі.

Таблиця 16

Схема	$a, м$	$b, м$	$c, м$	$M, кН \cdot м$	$P, кН$	Двотавр	Матеріал
0	1	1,5	0,5	20	20	20	Сталь 10
1	1,2	1,4	0,4	25	10	20а	Сталь 20
2	1,3	0,7	1	30	25	22	Сталь 25
3	1,4	0,9	0,7	35	15	22а	Сталь 30
4	0,5	0,5	1	40	35	24	Сталь 35
5	1,6	1	0,4	45	40	24а	Сталь 40
6	1,2	0,6	1,2	40	45	27	Сталь 45
7	1,6	0,8	0,6	35	50	27а	Сталь 20Г
8	0,5	1	0,5	30	25	30	Сталь 50Г
9	0,8	0,8	0,4	35	30	30а	Сталь 60



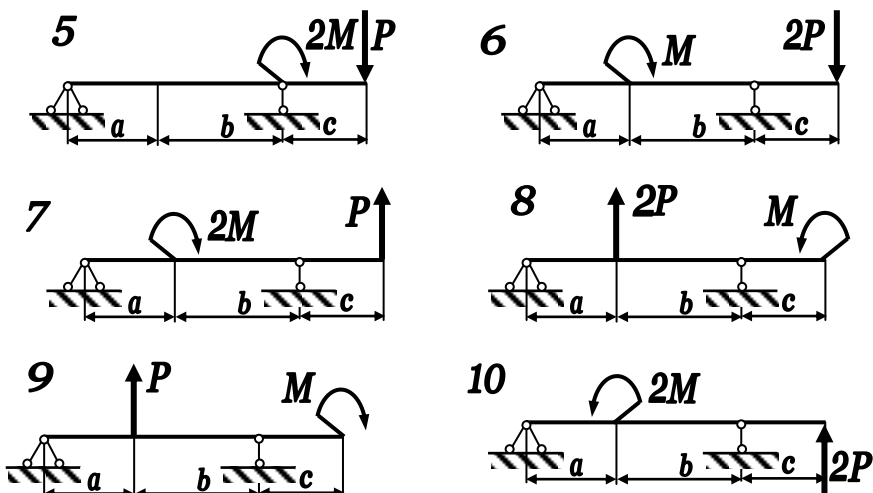


Рис. 13

План розв'язання задачі

1. За допомогою рівнянь рівноваги визначити опорні реакції.

2. Поділити балку на ділянки, на кожній з яких визначити значення поперечної сили та згинального моменту.

3. Побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів для консольної балки.

4. Визначити небезпечний переріз.

5. Встановити значення максимального згинального моменту M_{\max} та максимальної поперечної сили Q_{\max} .

6. Використовуючи умову міцності за нормальними напруженнями:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma],$$

перевірити міцність балки. Тут W_z – момент опору перерізу; допустимі напруження визначаються: $[\sigma] = \sigma_m / n_m$, де σ_m – нормальні напруження, що відповідають площинці текучості (вибирається на основі додатку 1), n_m – коефіцієнт запасу ($n_m = 1,5$).

7. Використовуючи умову міцності за дотичними

напруженнями:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S'_y}{J_z \cdot d} \leq [\tau],$$

перевірити міцність балки. Тут J_z — момент інерції перерізу, S'_y — статичний момент півсечення, d — товщина стінки; допустимі дотичні напруження визначаються: $[\tau] = \tau_m / n_m$, де τ_m — дотичні напруження, що відповідають площинці текучості (вибирається на основі додатку 1), n_m — коефіцієнт запасу ($n_m = 1,5$).

8. Перевірити міцність балки за еквівалентними напруженнями. Для цього, у перерізі, де поперечна сила та згинальний момент досягають максимальних (достатньо великих) значень розрахувати головні:

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \left(\sigma_* \pm \sqrt{\sigma_*^2 + 4\tau_*^2} \right)$$

та еквівалентні напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sigma_1 - \sigma_3.$$

Тут σ_* , τ_* — нормальні та дотичні напруження у перерізі, де згинальний момент та поперечна сила досягають максимальних (достатньо великих) значень.

Якщо $\sigma_{\text{екв}} \leq [\sigma]$, то результати повної перевірки міцності балки відповідатиме встановленим вимогам.

Задача 4. Проектний розрахунок балки

Для заданої балки, схема навантаження якої показана на рис. 14:

1) визначити максимальні дотичні τ_{\max} та нормальні σ_{\max} напруження, якщо переріз балки — квадрат зі стороною 20 см;

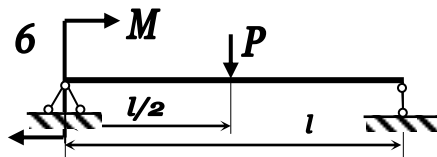
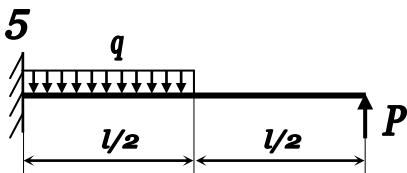
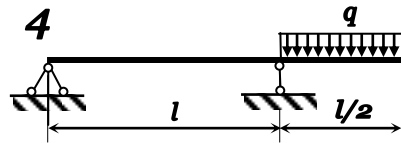
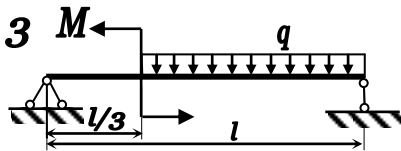
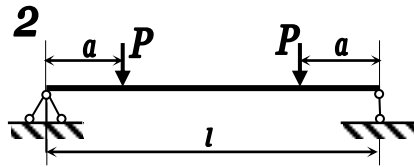
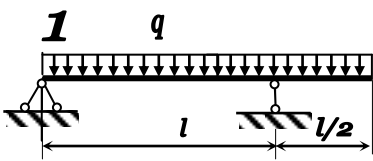
2) підібрати прямокутний переріз з умови міцності за нормальними напруженнями, якщо $h/b=2$ та перевірити виконання умови міцності за дотичними напруженнями;

3) підібрати двотавровий переріз з умови міцності за нормальними напруженнями та перевірити виконання умови міцності за дотичними напруженнями.

З таблиці 17 вибрати розміри балки, значення навантаження та допустимих напружень відповідно до індивідуального варіанту студента.

Таблиця 17

Номер	$M, \text{кН м}$	$[\sigma], \text{МПа}$	$[\tau], \text{МПа}$	$P, \text{кН}$	$l, \text{м}$	$a, \text{м}$	$q, \text{кН/м}$
1	40	160	100	10	4	1	2
2	25	140	80	12	6	2	1,6
3	35	165	95	14	8	1,5	2,2
4	45	200	115	15	10	2,5	0,4
5	30	195	110	16	9	1,3	2,4
6	20	175	90	19	6	2,6	1,2
7	60	180	85	28	11	2,4	0,8
8	55	185	75	17	7	1,4	1,8
9	65	150	85	11	9	2,1	1,0
10	50	180	70	13	3	0,5	0,6



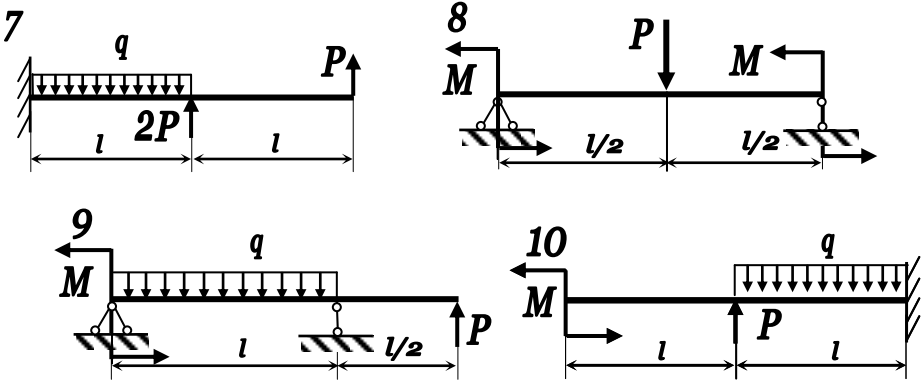


Рис. 14

План розв'язання задачі

1. За допомогою рівнянь рівноваги визначити опорні реакції (для простих (варіанти 2, 3, 6, 8) та консольних (варіанти 1, 4, 9) балок).

2. Поділивши балку на ділянки, визначити поперечну силу та згинальний момент на кожній з них.

3. Побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів.

4. Визначити небезпечний переріз.

5. Встановити значення максимального згинального моменту M_{\max} та максимальної поперечної сили Q_{\max} .

6. Використовуючи умову міцності за нормальними напруженнями:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma], \quad (*)$$

перевірити міцність балки квадратного поперечного перерізу. Тут $W_z = d^3/6$ — момент опору перерізу (d — сторона квадрата).

7. Використовуючи умову міцності за дотичними напруженнями:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S'_y}{J_z \cdot d} \leq [\tau], \quad (**)$$

перевірити міцність квадратної балки. Тут $J_z = d^4/12$ — момент інерції перерізу, $S'_z = d^3/8$ — статичний момент півсічення.

8. Використовуючи умову міцності за нормальними напруженнями (*), підібрати прямокутний та двотавровий переріз.

9. Перевірити міцність балки за дотичними напруженнями, використовуючи умову (**).

Задача 5. Проектний розрахунок консольної балки

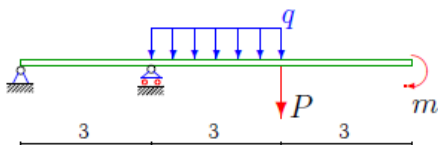
Для сталевої консольної балки, що навантажена згідно схеми, представленої на рис. 15, підібрати розміри поперечного перерізу, форма якого вказана у таблиці 18.

При розрахунках враховувати значення навантаження, що наведено у таблиці 18 (вибирається згідно індивідуального варіанта студента).

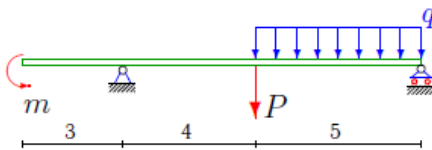
Таблиця 18

Номер	P , кН	q , кН/м	M , кН м	Матеріал	Форма поперечного перерізу
1	2	12	20	Сталь 10	Квадрат
2	18	36	40	Сталь 20	Прямокутник $h/b=2$
3	7	40	36	Сталь 25	Круг
4	21	32	30	Сталь 30	Швелер
5	8	8	30	Сталь 35	Двотавр
6	9	20	24	Сталь 40	Квадрат
7	1	12	20	Сталь 45	Прямокутник $h/b=3$
8	6	28	20	Сталь 20Г	Круг
9	16	24	10	Сталь 50Г	Швелер
10	10	16	42	Сталь 60	Двотавр

1



2



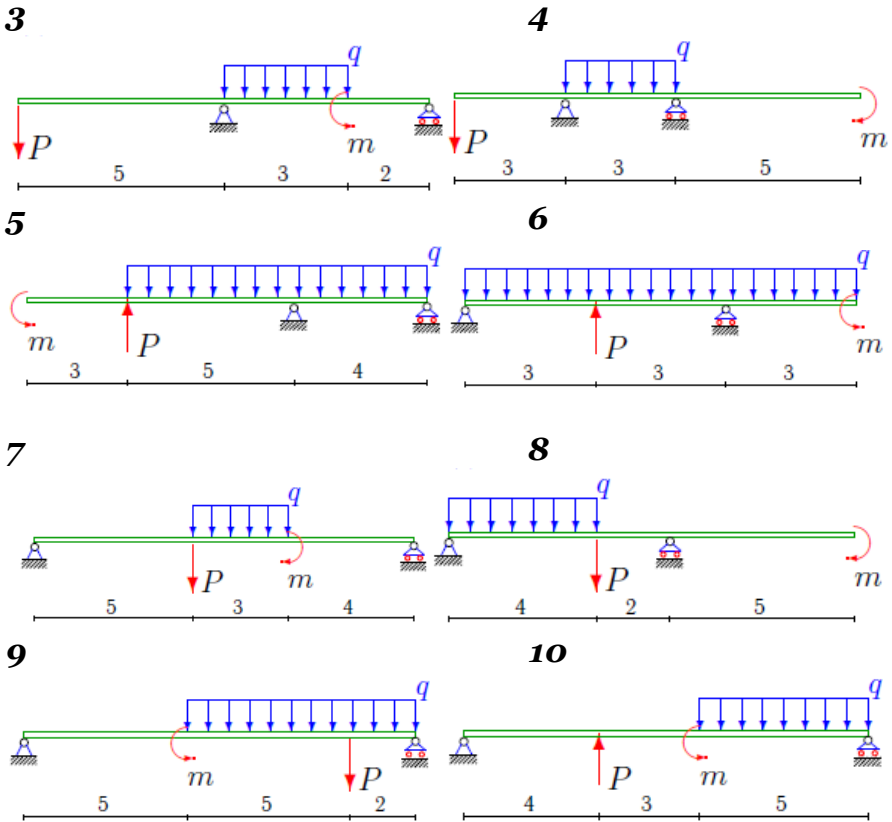


Рис. 15

План розв'язання задачі

1. За допомогою рівнянь рівноваги визначити опорні реакції.
2. Поділивши балку на ділянки, визначити значення поперечної сили та згинального моменту на кожній з них.
3. Побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів.
4. Визначити небезпечний переріз.
5. Встановити значення максимального згинального моменту M_{\max} та максимальної поперечної сили Q_{\max} .
6. Використовуючи умову міцності за нормальними напруженнями:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma],$$

підібрати розміри поперечного перерізу. Тут W_z — момент опору перерізу.

7. Використовуючи умову міцності за дотичними напруженнями:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S'_y}{J_z \cdot d} \leq [\tau],$$

перевірити міцність розрахованої балки. Тут J_z — момент інерції перерізу, S'_y — статичний момент півсічення.

Задача 6. Визначення прогинів та кутів повороту

Для заданої балки-консолі, схема навантаження якої показана на рис. 16, потрібно визначити значення прогину вільного її кінця та кут повороту у середині прольоту.

При розрахунках значення навантажень вибрати з таблиці 19а, а форму та розміри поперечного перерізу — з таблиці 19б відповідно до індивідуального варіанту студента.

Таблиця 19а

Номер	$l, м$	$a_1, м$	$a_2, м$	$M, кНм$	$P, кН$	$q, кН/м$
1	4	1,1	1,0	10	2	2
2	2	1,2	1,1	11	4	4
3	3	1,3	1,2	12	6	6
4	5	1,4	1,3	13	8	8
5	4	1,5	1,4	14	5	10
6	6	1,6	1,5	15	3	12
7	5	1,7	1,6	16	6,4	10
8	4	1,8	1,7	17	7	8
9	3	1,9	1,8	19	9	6
10	3	2,0	1,9	18	10	4

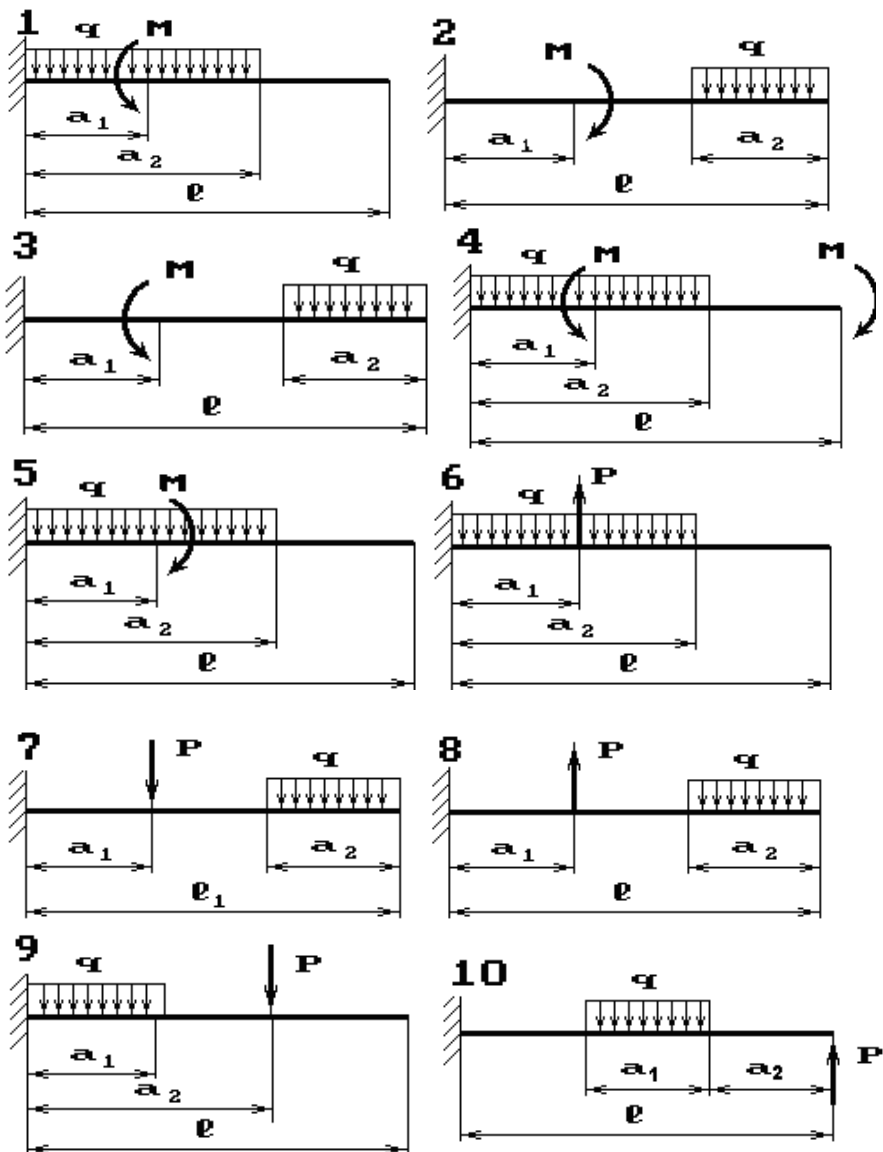


Рис. 16

План розв'язання задачі

1. Записати універсальне рівняння пружної лінії осі балки.
2. Визначити статичні та геометричні початкові

параметри.

3. Визначити осьовий момент інерції перерізу.

4. Про диференціювати універсальне рівняння пружної лінії балки та отримати представлення для визначення кутів повороту.

5. Визначити значення прогину та кута повороту у вказаних в умові задачі точках.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Динамічні задачі в опорі матеріалів* [Навчальний посібник для студентів механічних та матеріалознавчих спеціальностей] / В.І. Шваб'юк, В.М. Максимович, О.А. Мікуліч, М.І. Морозов. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. 220 с.
2. *Корнілов О.А.* Опір матеріалів. Київ: Лотос, 2000. 551 с.
3. *Мошинський С.І., Примак О.П., Гуртовий О.Г.* Задачі і приклади з опору матеріалів. Навчальний посібник. К.: «Освіта України», 2009. 400 с.
4. *Огородніков В.А.* Опір матеріалів. Розрахунково-графічні завдання з прикладами розрахунків. Частина 1 : Навчальний посібник / В.А. Огородніков, О.В. Грушко, М.І. Побережний. Вінниця : ВНТУ, 2003. 158 с
5. *Огородніков В. А.* Опір матеріалів. Розрахунково-графічні завдання з прикладами розрахунків. Частина 2 : навчальний посібник / В. А. Огородніков, О. В. Грушко, І. Ю. Кириця. Вінниця : ВНТУ, 2011. 146 с.
6. *Огородніков В.А.* Опір матеріалів. Теоретичні відомості і контрольні завдання. / В. А. Огородніков, І. О. Сивак, Г. О. Лебедева; Під загальною редакцією В.А. Огороднікова. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 75 с.
7. *Ольховий І.М., Стасюк Б.М., Станкевич В .З.* Короткий курс опору матеріалів: Навчальний посібник. Львів: Вид-во «Національний університет "Львівська політехніка"», 2004. 196 с.
8. *Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С.* Опір матеріалів, К., “Вища школа”. 2003.
9. *Шваб'юк В.І.* Опір матеріалів. Навч. посіб. К.: Знання, 2015. 380 с.
10. *Шваб'юк В.І.* Основи опору матеріалів. Навчальний посібник. Луцьк: Вид-во ЛДТУ, 2005. 280 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Механічні характеристики конструкційних сталей

Марка сталі	σ_M	σ_T	τ_T	Відносне видовження δ , %	Ударна в'язкість КС, КДж/м ²	Границя витривалості, МПа		
	не менше					Згин σ_{-1}	Розтяг-стиск σ_{-1p}	Кручення τ_{-1}
	МПа							
10	340	210	140	31	2400	160-220	120-150	80-120
20	420	250	160	25	-	170-220	120-160	100-130
25	460	280	-	23	900	190-250	-	-
30	500	300	170	21	800	200-270	170-210	110-140
35	540	320	190	20	700	220-300	170-220	130-180
40	580	340	-	10	600	230-320	180-240	140-190
45	610	360	220	16	500	250-340	190-250	150-200
50	640	380	-	14	400	270-350	200-260	160-210
55	660	390	-	13	-	-	-	-
60	690	410	-	12	-	310-380	220-280	180-220
20Г	460	280	-	24	-	-	-	-
30Г	550	320	-	20	800	220-320	-	-
50Г	660	400	-	13	400	290-360	-	-
20Х	800	650	-	11	600	380	-	170-320
40Х	1000	800	-	10	600	350-380	250	225
45Х	1050	850	-	9	500	400-500	-	-
30ХМ	950	750	-	11	800	310-410	370	230
35ХМ	1000	850	-	12	800	470-510	-	-
40ХН	1000	800	390	11	700	400	290	240
50ХН	1100	900	-	9	500	550	-	-
40ХФА	900	750	-	10	900	380-490	-	-
38ХМЮА	1000	850	-	14	900	420-550	-	-
12ХН3А	950	700	400	11	900	390-470	270-320	220-260
20ХН3А	950	750	-	12	1000	430-450	300-320	245-255
30ХН3А	1000	800	-	10	800	520-700	-	320-400
40ХНМА	1000	950	-	12	1000	500-700	-	270-380
30ХГСА	1100	850	-	10	500	510-540	500-535	220-245

Примітка: При використанні сталей за ГОСТ 380-71 необхідно врахувати приблизну відповідність марок: Ст.3 відповідає сталі 20; Ст.4 – сталі 25; Ст.5 – сталі 35; Ст.6 – сталі 45.

Механічні характеристики чавуну

Марка чавуну	Границя міцності, МПа				Твердість по Бринелю НВ	Границя витривалості, МПа	
	При розтягу $\sigma_{\text{мр}}$	При стиску $\sigma_{\text{мс}}$	При згині $\sigma_{\text{м}}$	При крученні $\tau_{\text{м}}$		Згин σ_{-1}	Кручення τ_{-1}
СЧ 12	120	500	380	-	143-229	-	-
СЧ 15	150	650	320	240	163-229	70	50
СЧ 18	180	700	360	-	170-229	-	-
СЧ 21	210	750	400	280	173-241	100	80
СЧ 24	240	850	440	300	187-217	120	100
СЧ 28	280	1000	480	350	170-241	140	110
СЧ 32	320	1100	520	390	187-255	140	110
СЧ 35	350	1200	560	400	198-269	160	115
СЧ 38	380	1400	600	460	207-269	150	115
ВЧ 40-10	400	1600-1700	-	480-510	156-197	250-280	198
ВЧ 50-1,5	500	1860-2000	-	740-790	187-255	200-220	170-210
ВЧ 60-2	600	2040-2290	-	660-810	197-269	170-230	150-160

Питома вага γ деяких матеріалів

Матеріал	$\gamma, \text{кН/м}^3$	Матеріал	$\gamma, \text{кН/м}^3$
Сталь (СТ 3)	78,5	Сосна, ялина, тополя, осика	5
Чавун	70		
Мідь	88	Дуб, береза, бук клен, ясен, граб	7
Бронза	83		
Дюралюміній	27	Пробка	2,2-2,6
Титан	45	Кладка цегляна	19-20
Сплави манію	18	Кладка кам'яна	20-22
Склопластик	14-19	Бетон	22-24
текстоліт	13-14	Базальт	27-33
Скло органічне	11,8	Пісковик	21-28
Пінопласти	0,2-2,2	СВАМ 1:1	19
Каучук	9,1	Лід (при 0°C)	9,17

Орієнтовні значення основних допустимих напружень на розтяг та стиск

Матеріали	Допустимі напруження, МПа	
	На розтяг	На стиск
Чавун сірий	28-30	120-150
Сталь: Ст. 2	140	
Ст..3	160	
Машинобудівельна (конструкційна) - вуглецева	60-250	
Машинобудівельна (конструкційна) - легована	110-400 і більше	
Мідь	30-120	
Латунь	70-140	
Бронза	60-120	
Алюміній	30-80	
Алюмінієва бронза	80-120	
Дюралюміній	80-150	
Текстоліт	30-40	
Сосна вздовж волокон	7-10	10-12
Сосна впоперек волокон	-	1,5-2
Дуб вздовж волокон	9-13	13-15
Дуб впоперек волокон	-	2-3,5
Кам'яна кладка	до 0,3	0,5-4
Цегляна кладка	до 0,2	0,6-2,5
Бетон	0,1-0,7	1-9
Фанера бакелізована	30-32	25-28
Фанера клеєна березова	12-14	10-12

Модулі пружності і коефіцієнт Пуассона

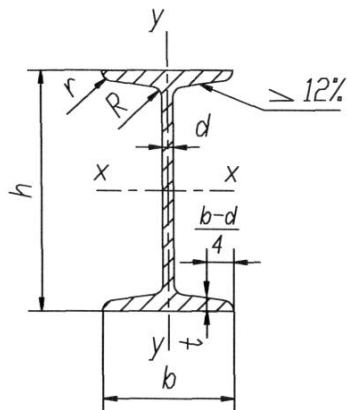
Матеріал	Модуль пружності, МПа		Коефіцієнт Пуассона, μ
	E	G	
Чавун сірий, білий	$(1,15-1,60) \times 10^5$	$4,5 \times 10^4$	0,23-0,27
Чавун ковкий	$1,55 \times 10^5$	-	-
Сталі вуглецеві	$(2,0-2,1) \times 10^5$	$(8,0-8,1) \times 10^4$	0,24-0,28
Сталі леговані	$(2,1-2,2) \times 10^5$	$(8,0-8,1) \times 10^4$	0,25-0,30
Мідь прокатна	$1,1 \times 10^5$	$4,0 \times 10^4$	0,31-0,34
Мідь холоднотягнута	$1,3 \times 10^5$	$4,9 \times 10^4$	-
Мідь лита	$0,84 \times 10^5$	-	-
Бронза фосфориста катана	$1,15 \times 10^5$	$4,2 \times 10^4$	0,32-0,35
Бронза марганцевиста катана	$1,1 \times 10^5$	$4,0 \times 10^4$	0,35
Бронза алюмінієва лита	$1,06 \times 10^5$	$4,2 \times 10^4$	-
Латунь холоднотягнута	$(0,91-0,99) \times 10^5$	$(3,5-3,7) \times 10^4$	0,32-0,42
Латунь катана	$1,0 \times 10^5$	-	0,36
Алюміній канатний	$0,69 \times 10^5$	2,6-2,7	0,32-0,36
Дріт алюмінієвий тягнутий	$0,7 \times 10^5$	-	-
Дюралюміній катаний	$0,71 \times 10^5$	$2,7 \times 10^4$	-
Цинк катаний	$0,84 \times 10^5$	$3,2 \times 10^4$	0,27
Свинець	$0,17 \times 10^5$	$0,70 \times 10^4$	0,42
Скло	$0,56 \times 10^5$	22×10^4	0,25
Каучук	$0,49 \times 10^5$	-	-
Текстоліт	$(0,06-0,1) \times 10^5$	-	0,47
Гетинакс	$(0,1-0,17) \times 10^5$	-	-
Деревина вздовж волокон	$(0,1-0,12) \times 10^5$	$0,55 \times 10^3$	-
Деревина впоперек волокон	$(5-10) \times 10^2$	-	-
Вапняк щільний	$0,42 \times 10^5$	-	-
Мармур	$0,56 \times 10^5$	-	-
Пісковик середньої міцності	$0,18 \times 10^5$	-	-
Кам'яна кладка: з граніту	$0,1 \times 10^5$	-	-
з вапняку	$0,6 \times 10^4$	-	-
з цегли	$(27-30) \times 10^2$	-	-
Бетон: класу В20	$(0,18-0,24) \times 10^5$	-	0,16-0,18
класу В15	$(0,16-0,21) \times 10^5$	-	0,16-0,18
класу В10	$(0,14-0,18) \times 10^5$	-	0,16-0,18
Пінопласт	$(0,37-2) \times 10^2$	$0,15 \times 10^2$	

Границі міцності σ_m деяких матеріалів

Матеріал	Границі міцності, МПа	
	При розтягу σ_{mp}	При стиску σ_{mc}
Чавун сірий звичайний	140-180	600-1000
Чавун сірий дрібнозернистий	210-250	до 1400
Сталь (Ст. 3)	380-470	-
Сталь вуглецева конструкційна	330-750	-
Сталь легована конструкційна	430-1050	-
Латунь м'яка	320	-
Латунь тверда	660	-
Бронза алюмінієва Бр45 (м'яка)	280	-
Алюміній та сплав АЛ1	200	-
Дюралюміній Д1	240	-
Д6	380	-
Д16	500	-
Титан та сплави	610-1200	-
Сосна вздовж волокон	80	40
Сосна впоперек волокон	-	5
Дуб вздовж волокон	95	50
Дуб впоперек волокон	-	15
Ялина вздовж волокон	65	35
Ялина впоперек волокон	-	4
Кам'яна кладка на розчині	0,2-0,5	2,5-9
Цегла	0,7-3	7,4-30
Бетон	0,25-1,75	5-35
Пісковик	2	40-150
Граніт	3	120-260
Фанера бакелізована	130	115
Текстоліт	85-100	130-250
Гетинакс	150-170	150-180
Бакеліт	20-30	80-100
Целулоїд	50-70	-
Пінопласти	0,4-4,2	0,17-4,5
Склопластики	260-400	100-300
СВАМ 1:1	480	420
Скло органічне	71-92	120

СОРТАМЕНТ ПРОКАТНОЇ СТАЛІ

БАЛКИ ДВОТАВРОВІ (за ГОСТ 8239 - 72)



Позначення:

h – висота балки;
 b – ширина полки;
 d – товщина стінки;
 t – середня товщина полки;

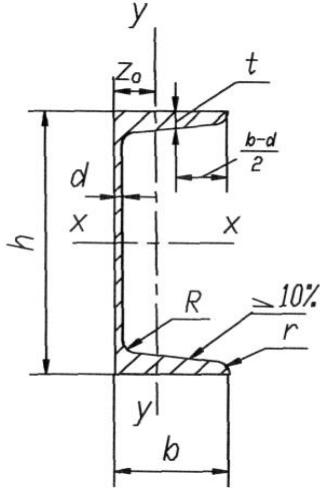
J – момент інерції;
 W – момент опору;
 i – радіус інерції;
 S – статичний момент напіввісчення.

Номер профілю	Розміри, мм				Площа перерізу F , см^2	J_x , см^4	W_{x3} , см^3	i_x , см	S_{x3} , см^3	J_y , см^4	W_{y3} , см^3	i_y , см	Маса 1 м, кг
	h	b	d	t									
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
10	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22	9,46
12	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38	11,5
14	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55	13,7
16	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70	15,9
18	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88	18,4
18a	180	100	5,1	8,3	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12	19,9

Додаток 7 (продовження)

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
20	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07	21,0
20a	200	110	5,2	8,6	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32	22,7
22	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27	24,0
22a	220	120	5,4	8,9	32,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50	25,8
24	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37	27,3
24a	240	125	5,6	9,8	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63	29,4
27	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54	31,5
27a	270	135	6,0	10,2	43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80	33,9
30	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69	36,5
30a	300	145	6,5	10,7	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95	39,2
33	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79	42,2
36	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89	48,6
40	400	155	8,0	13,0	71,4	18930	947	16,3	540	666	85,9	3,05	56,1
45	450	160	8,6	14,2	83,0	27450	1220	18,2	699	807	101	3,12	65,2
50	500	170	9,5	15,2	97,8	39290	1570	20,0	905	1040	122	3,26	76,8
55	550	180	10,3	16,5	114	55150	2000	22,0	1150	1350	150	3,44	89,8
60	600	190	11,1	17,8	132	75450	2510	23,9	1450	1720	181	3,60	104
65	650	200	12,0	19,2	153	101400	3120	25,8	1800	2170	217	3,77	120
70	700	210	13,0	20,8	176	134600	3840	27,7	2230	2730	260	3,94	138
70 a	700	210	15,0	24,0	202	152700	4360	27,5	2550	3240	309	4,01	158
70 б	700	210	17,5	28,2	234	175370	5010	27,4	2940	3910	373	4,09	184

ШВЕЛЕРИ (за ГОСТ 8240 - 72)



Позначення:

 h – висота балки; b – ширина полки; d – товщина стінки; t – середня товщина полки; J – момент інерції; W – момент опору; i – радіус інерції; S – статичний момент напівісчення. Z_0 – відстань від осі y до зовнішньої грані стінки.

Номер профілю	Розміри, мм				Площа перерізу F , см^2	J_x , см^4	W_{x3} , см^3	i_x , см	S_x , см^3	J_y , см^4	W_y , см^3	i_y , см	Z_0 , см	Маса 1 м, кг
	h	b	d	t										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16	4,84
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24	5,90
8	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31	7,05
10	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44	8,59
12	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54	10,4
14	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67	12,3

Додаток 8 (продовження)

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
14a	140	62	4,9	8,7	17,0	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87	13,3
16	160	64	5,0	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80	14,2
16a	160	68	5,0	9,0	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00	15,3
18	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94	16,3
18a	180	74	5,1	9,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13	17,4
20	200	76	5,2	9,0	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07	18,4
20a	200	80	5,2	9,7	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28	19,8
22	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21	21,0
22a	220	87	5,4	10,2	28,8	2330	212	8,99	121	187	30,0	2,55	2,46	22,6
24	240	90	5,6	10,0	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42	24,0
24a	240	95	5,6	10,7	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67	25,8
27	270	95	6,0	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47	27,7
30	300	100	6,5	11,0	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52	31,8
33	330	105	7,0	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59	36,5
36	360	110	7,5	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68	41,9
40	400	115	8,0	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75	48,3

КУТНИКИ РІВНОБІЧНІ (за ГОСТ 8509 - 72)

Позначення:

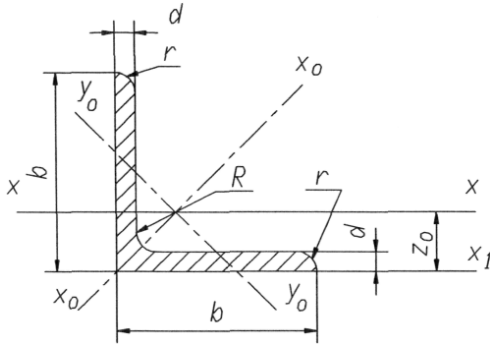
b - ширина полки;

d - товщина полки;

J - момент інерції;

i - радіус інерції;

Z_0 - віддаль від центра ваги до зовнішньої грані полки.



Номер профілю	Розміри, мм		Площа перерізу F , см^2	J_x , см^4	i_x , см	$J_{x0 \max}$, см^4	$i_{x0 \max}$, см	$J_{y0 \min}$, см^4	$i_{x0 \min}$, см	J_{x1} , см^4	Z_0 , см	Маса 1 м, кг
	b	d										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	20	3	1,13	0,40	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,81	0,60	0,89
		4	1,46	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	1,09	0,64	1,15
2,5	25	3	1,43	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	1,57	0,73	1,12
		4	1,86	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	2,11	0,76	1,46
2,8	28	3	1,62	1,16	0,85	1,84	1,07	0,48	0,55	2,20	0,80	1,27
3,2	32	3 4	1,86	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	3,26	0,89	1,46
			2,43	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	4,39	0,94	1,91
3,6	36	3 4	2,10	2,56	1,10	4,06	1,39	1,06	0,71	4,64	0,99	1,65
			2,75	3,29	1,09	5,21	1,38	1,36	0,70	6,24	1,04	2,16

Додаток 9 (продовження)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	40	3	2,35	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09	1,85
		4	3,08	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	8,53	1,13	2,42
4,5	45	3	2,65	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21	2,08
		4	3,48	6,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	12,1	1,26	2,73
		5	4,29	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	15,3	1,30	3,37
5	50	3	2,96	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33	2,32
		4	3,89	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38	3,05
		5	4,80	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42	3,77
5,6	56	3,5	3,86	11,6	1,73	18,4	2,18	4,80	1,12	20,3	1,50	3,03
		4	4,38	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52	3,44
		5	5,41	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57	4,25
6,3	63	4	4,96	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69	3,90
		5	6,13	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74	4,81
		6	7,28	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50,0	1,78	5,72
7	70	4,5	6,20	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88	4,87
		5	6,86	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90	5,38
		6	8,15	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94	6,39
		7	9,42	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99	7,39
		8	10,7	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,9	2,02	8,37
7,5	75	5	7,39	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02	5,80
		6	8,78	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06	6,89
		7	10,1	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10	7,96
		8	11,5	59,8	2,28	94,6	2,87	24,8	1,47	113	2,15	9,02
		9	12,8	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18	10,1

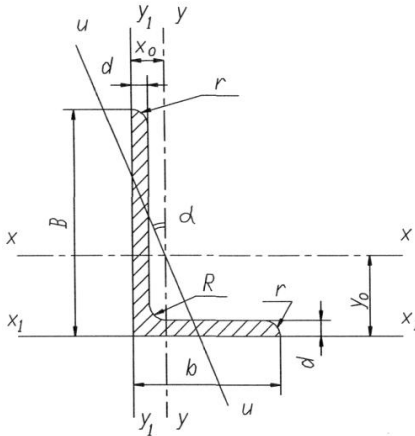
Додаток 9 (продовження)

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
8	80	5,5	8,63	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17	6,78
		6	9,38	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19	7,36
		7	10,8	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23	8,51
		8	12,3	73,4	2,34	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27	9,65
9	90	6	10,6	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	145	2,43	8,33
		7	12,3	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47	9,64
		8	13,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51	10,9
		9	15,6	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55	12,2
10	100	6,5	12,8	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68	10,1
		7	13,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71	10,8
		8	15,6	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75	12,2
		10	19,2	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83	15,1
		12	22,8	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91	17,9
		14	26,3	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99	20,6
11	110	7	15,2	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96	11,9
		8	17,2	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00	13,5
12,5	125	8	19,7	294	3,37	467	4,87	122	2,49	516	3,36	15,5
		9	22,0	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40	17,3
		10	24,3	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45	19,1
		12	28,9	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53	22,7
		14	33,4	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61	26,2
14	140	16	37,8	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68	29,6
		9	24,7	466	4,34	739	5,47	192	2,79	818	3,78	19,4
		10	27,3	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82	21,5
16	160	12	32,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,90	25,5
		10	31,4	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,30	24,7
		11	34,4	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,35	27,0

		12	37,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39	29,4
		14	43,3	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	1911	4,47	34,0
		16	49,1	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	2191	4,55	38,5
		18	54,8	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,63	43,0
		20	60,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2756	4,70	47,4
18	180	11	38,8	1216	5,60	1933	7,06	500	3,59	2128	4,85	30,5
		12	42,2	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	2324	4,89	33,1
20	200	12	47,1	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,37	37,0
		13	50,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,42	39,9
		14	54,6	2097	6,20	3333	7,81	861	3,97	3722	5,46	42,8
		16	62,0	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4264	5,54	48,7
		20	76,5	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,70	60,1
		25	94,3	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	5,89	74,0
		30	111,5	4020	6,00	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07	87,6
22	220	14	60,4	2814	6,83	4470	8,60	1159	4,38	4941	5,93	47,4
		16	68,6	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02	53,8
25	250	16	78,4	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75	61,5
		18	87,7	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83	68,9
		20	97,0	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91	76,1
		22	106,1	6270	7,69	9961	9,69	2579	4,93	11464	7,00	83,3
		25	119,7	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,11	94,0
		28	133,1	7717	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23	104,5
		30	142,0	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	14753	7,31	111,4

КУТНИКИ НЕРІВНОБІЧНІ (за ГОСТ 8510 - 72)

Позначення:



B – ширина більшої полки;

b – ширина меншої полки;

d – товщина полки;

J – момент інерції;

i – радіус інерції;

X_0, Y_0 – віддалі від центра ваги до зовнішніх граней полкок.

Номер профілю	Розміри, мм			Площа перерізу $F, \text{см}^2$	$J_x, \text{см}^4$	$i_x, \text{см}$	$J_y, \text{см}^4$	$i_y, \text{см}$	$J_{u \min}, \text{см}$	$i_{u \min}, \text{см}$	Кут нахилу осі $u, \text{tg}\alpha$	$J_{x1}, \text{см}^4$	$J_{y1}, \text{см}$	$X_0, \text{см}$	$Y_0, \text{см}$	Маса 1 м, кг
	B	b	d													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2,5/1,6	25	16	3	1,16	0,70	0,78	0,22	0,44	0,13	0,34	0,392	1,56	0,43	0,42	0,86	0,91
3,2/2	32	20	3	1,49	1,52	1,01	0,46	0,55	0,28	0,43	0,382	3,26	0,82	0,49	1,08	1,17
			4	1,94	1,93	1,00	0,57	0,54	0,35	0,43	0,374	4,38	1,12	0,53	1,12	1,52
4/2,5	40	25	3	1,89	3,06	1,27	0,93	0,70	0,56	0,54	0,385	6,37	1,58	0,59	1,32	1,48
			4	2,47	3,93	1,26	1,18	0,69	0,71	0,54	0,381	8,53	2,15	0,63	1,37	1,94

Додаток 10(продовження)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4,5/2,8	45	28	3	2,14	4,41	1,43	1,32	0,79	0,79	0,61	0,382	9,02	2,20	0,64	1,47	1,68
			4	2,80	5,68	1,42	1,69	0,78	1,02	0,60	0,379	12,1	2,98	0,68	1,51	2,20
5/3,2	50	32	3	2,42	6,17	1,60	1,99	0,91	1,18	0,70	0,403	12,4	3,26	0,72	1,60	1,90
			4	3,17	7,98	1,59	2,56	0,90	1,52	0,69	0,401	16,6	4,42	0,76	1,65	2,49
5,6/3,6	56	36	3,5	3,16	10,1	1,79	3,30	1,02	1,95	0,79	0,407	20,3	5,43	0,82	1,80	2,48
			4	3,58	11,4	1,78	3,70	1,02	2,19	0,78	0,406	23,2	6,25	0,84	1,82	2,81
			5	4,41	13,8	1,77	4,48	1,01	2,66	0,78	0,404	29,2	7,91	0,88	1,86	3,46
6,3/4	63	40	4	4,04	16,3	2,01	5,16	1,13	3,07	0,87	0,397	33,0	8,51	0,91	2,03	3,17
			5	4,98	19,9	2,00	6,26	1,12	3,73	0,86	0,396	41,4	10,8	0,95	2,08	3,91
			6	5,90	23,3	1,99	7,28	1,09	4,36	0,86	0,393	49,9	13,1	0,99	2,12	4,63
			8	7,68	29,6	1,96	9,15	1,09	5,58	0,85	0,386	66,9	17,9	1,07	2,20	6,03
7/4,5	70	45	4,5	5,07	25,3	2,23	8,25	1,28	4,88	0,98	0,407	51,0	13,6	1,03	2,25	3,98
			5	5,59	27,8	2,23	9,05	1,27	5,34	0,98	0,406	56,7	15,2	1,05	2,28	4,39
7,5/5	75	50	5	6,11	34,8	2,39	12,5	1,43	7,24	1,09	0,436	69,7	20,8	1,17	2,39	4,79
			6	7,25	40,9	2,38	14,6	1,42	8,48	1,08	0,435	83,9	25,2	1,21	2,44	5,69
			8	9,47	52,4	2,35	18,5	1,40	10,9	1,07	0,430	112	34,2	1,29	2,52	7,43
8/5	80	50	5	6,36	41,6	2,56	12,7	1,41	7,58	1,09	0,387	84,6	20,8	1,13	2,60	4,99
			6	7,55	49,0	2,55	14,8	1,40	8,88	1,08	0,386	102	25,2	1,17	2,65	5,92
9/5,6	90	56	5,5	7,86	65,3	2,88	19,7	1,58	11,8	1,22	0,384	132	32,2	1,26	2,92	6,17
			6	8,54	70,6	2,88	21,2	1,58	12,7	1,22	0,384	145	35,2	1,28	2,95	6,70
			8	11,18	90,9	2,85	27,1	1,56	16,3	1,21	0,380	194	47,8	1,36	3,04	8,77
10/6,3	100	63	6	9,59	98,3	3,20	30,6	1,79	18,2	1,38	0,393	198	49,9	1,42	3,23	7,53
			7	11,1	113	3,19	35,0	1,78	20,8	1,37	0,392	232	58,7	1,46	3,28	8,70
			8	12,6	127	3,18	39,2	1,77	23,4	1,36	0,391	266	67,6	1,50	3,32	9,78
			10	15,5	154	3,15	47,1	1,75	28,3	1,35	0,387	333	85,8	1,58	3,40	12,1

Додаток 10 (продовження)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
11/7	110	70	6,5	11,4	142	3,53	45,6	2,00	26,9	1,53	0,402	286	74,3	1,58	3,55	8,98
			7	12,3	152	3,52	48,7	1,99	28,8	1,53	0,402	309	80,3	1,60	3,57	9,64
			8	13,9	172	3,51	54,6	1,98	32,3	1,52	0,400	353	92,3	1,64	3,61	10,9
12,5/8	125	80	7	14,1	227	4,01	73,7	2,29	43,4	1,76	0,407	452	119	1,80	4,01	11,0
			8	16,0	256	4,00	83,0	2,28	48,8	1,75	0,406	518	137	1,84	4,05	12,5
			10	19,7	312	3,98	100	2,26	59,3	1,74	0,404	649	173	1,92	4,14	15,5
			12	23,4	365	3,95	117	2,24	69,5	1,72	0,400	781	210	2,00	4,22	18,3
14/9	140	90	8	18,0	364	4,49	120	2,58	70,3	1,98	0,411	727	204	2,03	4,49	14,1
			10	22,2	444	4,47	146	2,56	85,5	1,96	0,409	911	245	2,12	4,58	17,5
16/10	160	100	9	22,9	606	5,15	186	2,85	110	2,20	0,391	1221	300	2,23	5,19	18,0
			10	25,3	667	5,13	204	2,84	121	2,19	0,390	1359	335	2,28	5,23	19,8
			12	30,0	784	5,11	239	2,82	142	2,18	0,388	1634	405	2,36	5,32	23,6
			14	34,7	897	5,08	272	2,80	162	2,16	0,385	1910	477	2,43	5,40	27,3
18/11	180	110	10	28,3	952	5,80	276	3,12	165	2,42	0,375	1933	444	2,44	5,88	22,2
			12	33,7	1123	5,77	324	3,10	194	2,40	0,374	2324	537	2,52	5,97	26,4
20/12,5	200	125	11	34,9	1449	6,45	446	3,58	264	2,75	0,392	2920	718	2,79	6,50	27,4
			12	37,9	1568	6,43	482	3,57	285	2,74	0,392	3189	786	2,83	6,54	29,7
			14	43,9	1801	6,41	551	3,54	327	2,73	0,390	3726	922	2,91	6,62	34,4
			16	49,8	2026	6,38	617	3,52	367	2,72	0,388	4264	1061	2,99	6,71	39,1
25/16	250	160	12	48,3	3147	8,07	1032	4,62	604	3,54	0,410	6212	1634	3,53	7,97	37,9
			16	63,6	4091	8,02	1333	4,58	781	3,50	0,408	8308	2200	3,69	8,14	49,9
			18	71,1	4545	7,99	1475	4,56	896	3,49	0,407	9358	2487	3,77	8,23	55,8
			20	78,5	4987	7,97	1613	4,53	949	3,48	0,405	10410	2776	3,85	8,31	61,7

Опір матеріалів. Збірник задач для виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форми навчання / укладач О. МІКУЛІЧ. – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 68 с.

Комп'ютерний набір

О.А. Мікуліч

Редактор

О.А. Мікуліч

Підп. до друку 2025 р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. арк. __. Обл.-вид. арк. 4,25
Тираж __ прим. Зам. 1.

Редакційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – РВВ ЛНТУ