

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



Опір матеріалів

Методичні вказівки до самостійної роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Агроінженерія»
галузі знань Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна
медицина
спеціальності Н7 Агроінженерія
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2026

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 «__» _____ 2026 року.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри прикладної математики та механіки

протокол № __ від «__» _____ 2026 року.

Завідувача кафедри _____ О. МІКУЛІЧ

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

Рецензент: _____ А. СЯСЬКИЙ, 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.

Опір матеріалів. Методичні вказівки до самостійної роботи для здобувачів 034 першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Агроінженерія» денної та заочної форми навчання. / уклад. О.А. Мікуліч – Луцьк: ЛНТУ, 2026. – 40 с.

Методичні вказівки до самостійної роботи містять перелік задач для самостійної роботи студентів з основних тем курсу. Туту також наведено основні необхідні для розв'язання задач додатки. Видання призначене для студентів галузі знань Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина спеціальності Н7 Агроінженерія освітньої програми «Агроінженерія» денної та заочної форми навчання.

© Мікуліч О.А., 2026

Зміст

ВСТУП.....	4
Тема 1. Осьове навантаження	5
Задача 1.....	5
Задача 2.....	6
Задача 3.....	8
Задача 4.....	12
Тема 2. Зріз	16
Задача 5.....	16
Задача 6.....	17
Тема 3. Кручення	19
Задача 7.....	19
Задача 8.....	20
Тема 4. Плоский згин	22
Задача 9.....	22
Задача 10.....	23
Задача 11.....	24
Задача 12.....	26
Тема 5. Стійкість	27
Задача 13.....	27
Тема 6. Динамічне навантаження	28
Задача 14.....	28
Задача 15.....	30
Список літератури.....	32
Додатки.....	33

Вступ

У зв'язку з істотними змінами та оновлення у системі вищої освіти, актуальним стає питання про організацію самостійної роботи студентів під час вивчення дисциплін природничого циклу, а особливо опору матеріалів.

Тому актуальним є видання методичних вказівок до самостійної роботи студентів, що міститиме перелік розрахункових робіт, необхідних до виконання студентами спеціальності Н7 Агроінженерія денної та заочної форм навчання, що сприятимуть поглибленню знань з таких важливих під час вивчення опору матеріалів тем як «Осьове навантаження», «Зріз», «Кручення», «Плоский поперечний згин», «Стійкість», «Динамічне навантаження».

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

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

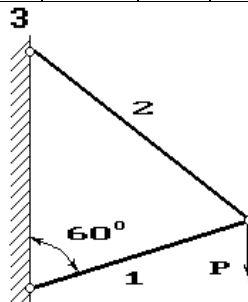
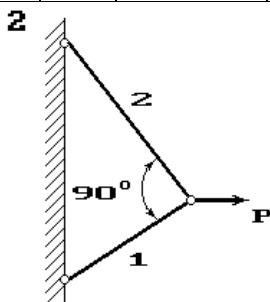
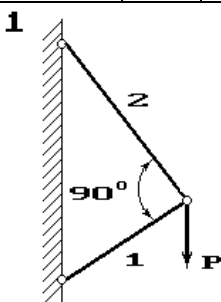
Два сталеві стрижні (1 і 2), які шарнірно сполучені в точці, знаходяться під дією сили P (рис. 1). Перший стрижень має довжину c і площу поперечного перерізу A , другий - довжину a і площу - $2A$.

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



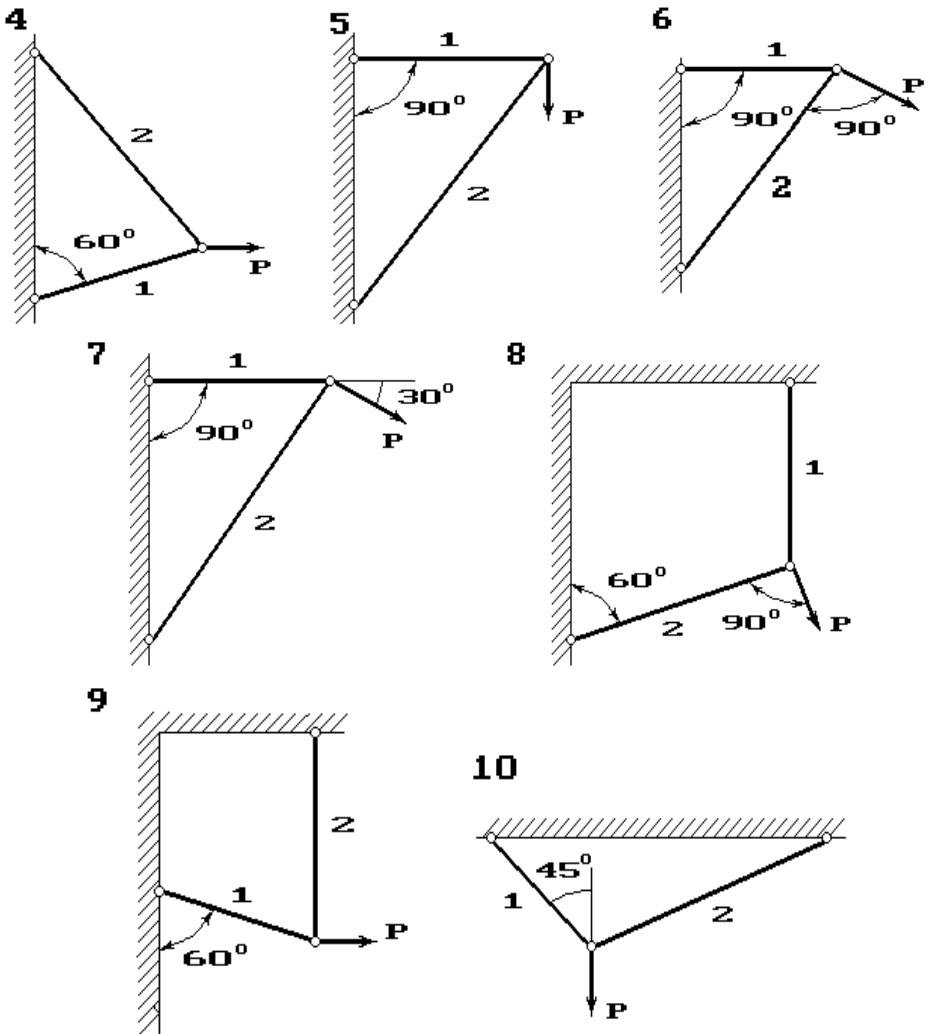


Рис. 1.

Задача 2. СХІДЧАСТИЙ СТРИЖЕНЬ

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

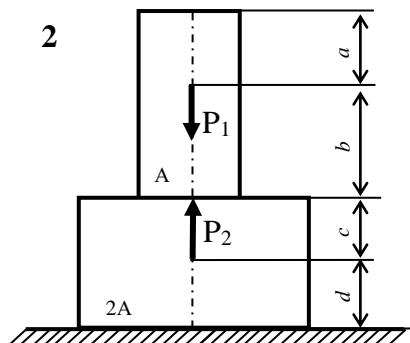
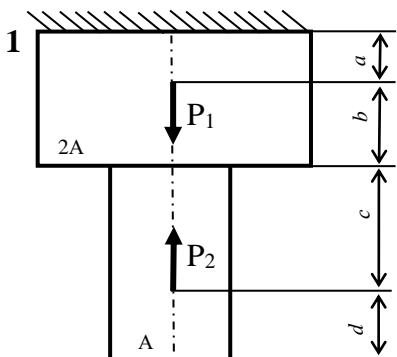
1) побудувати епюру поздовжніх сил;

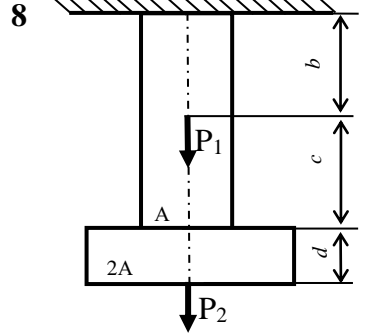
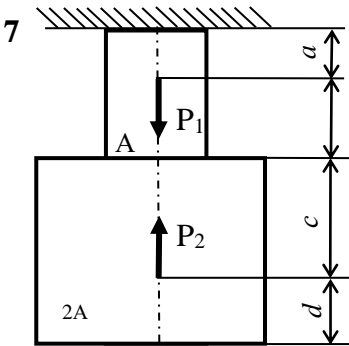
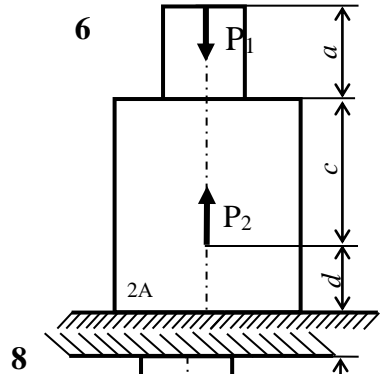
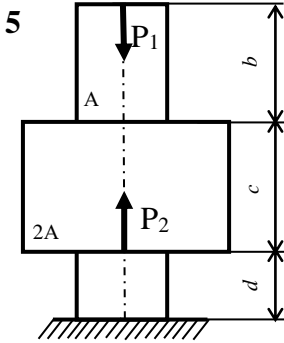
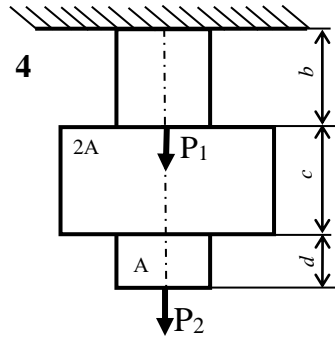
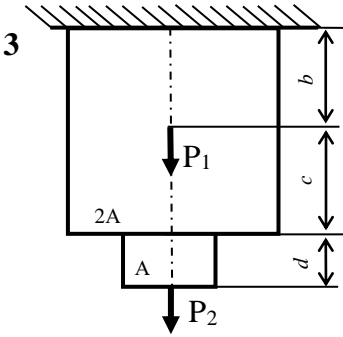
- 2) підібрати розміри поперечного перерізу бруса згідно критерію міцності (форма перерізу зазначена в таблиці).
- 3) визначити напруження, що виникають в поперечних перерізах бруса та побудувати їх епюру;
- 4) визначити переміщення поперечних перерізів та побудувати їх епюру;

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 $d/h = 2$





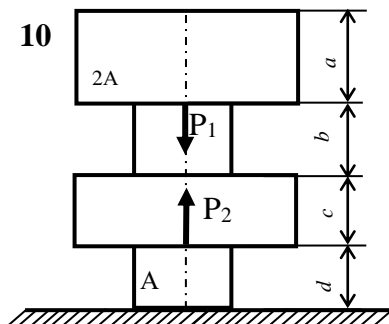
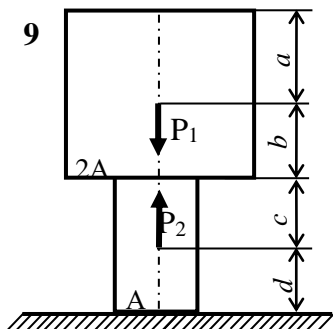


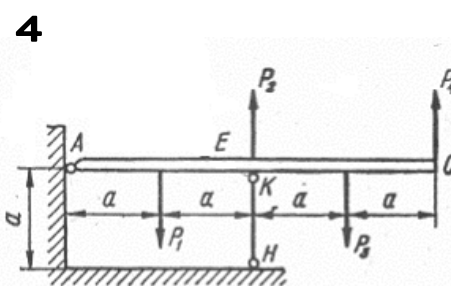
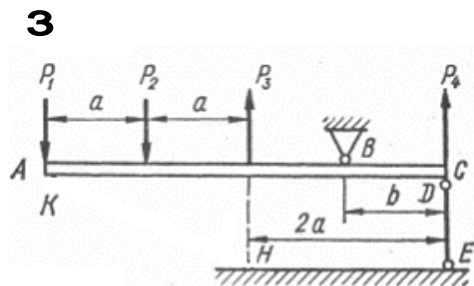
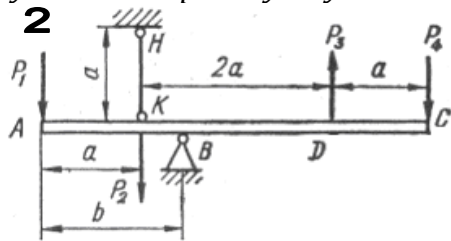
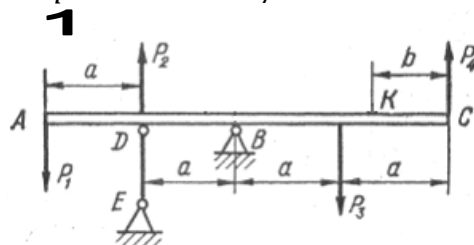
Рис. 2

Задача 3. СТАТИЧНО ВИЗНАЧУВАНА СТРИЖНЕВА СИСТЕМА

Схема а.

Абсолютно жорсткий брус АС опирається на шарнірно нерухому опору і прикріплений до сталевого стрижня з допомогою шарнірів (рис. 3а). Визначити переміщення точок А і С, враховуючи, що стрижень має форму швелера, номер профілю та марку сталі якого вказано у таблиці 3а.

Розміри стрижневої конструкції та значення навантаження вибрати з таблиці 3 згідно індивідуального варіанту студента.



5

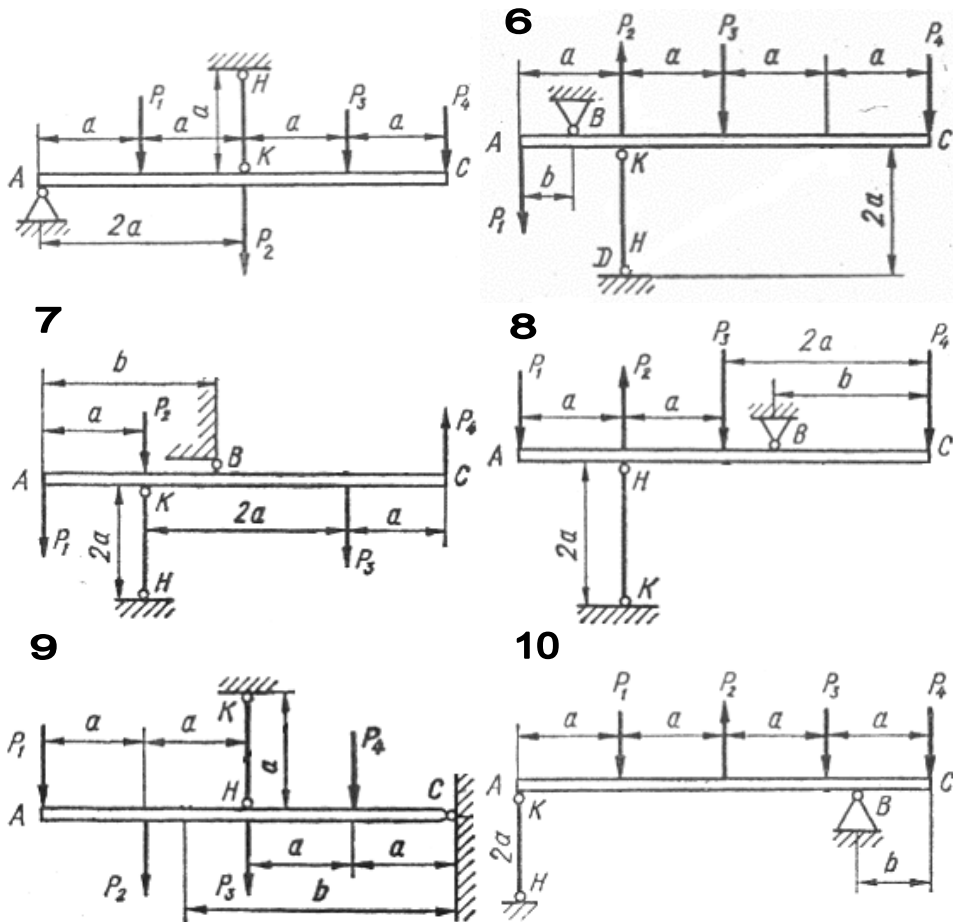


Рис. 3а

Таблиця 3а

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

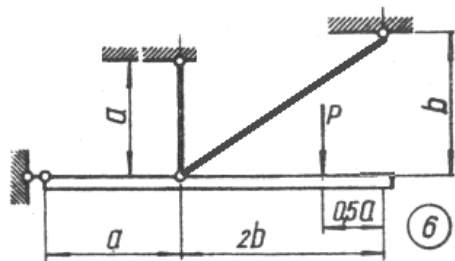
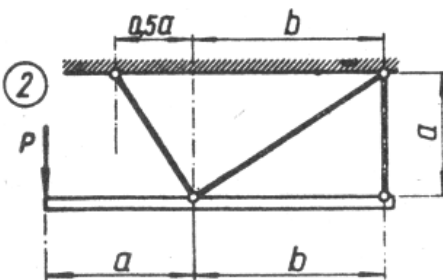
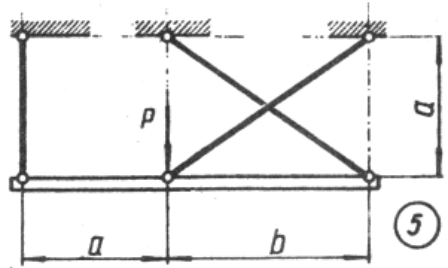
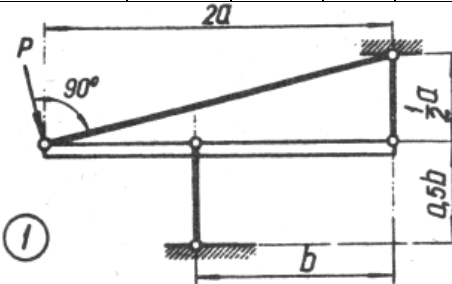
8	0	0	-50	0	22a	0,6	0,35	Сталь 20Г
9	0	-50	0	0	27	0,2	0,7	Сталь 50Г
10	-50	0	0	0	18	0,8	0,6	Сталь 60

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 3б.

Таблиця 3б

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



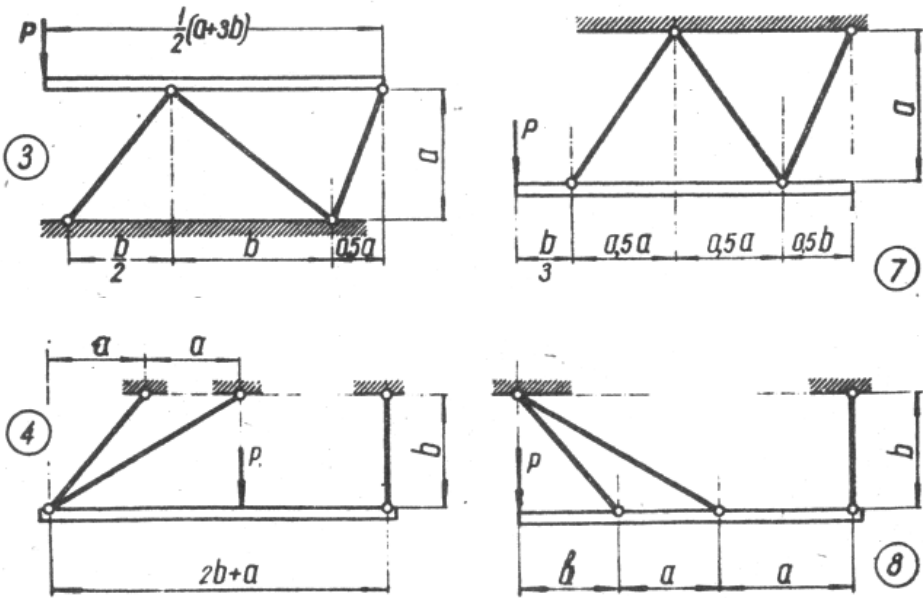


Рис. 3б

Задача 4. СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧУВАНА СТРИЖНЕВА СИСТЕМА

Схема а.

Абсолютно жорсткий брус спирається на шарнірно нерухому опору і прикріплений до двох стрижнів за допомогою шарнірів (рис. 4а). Потрібно знайти:

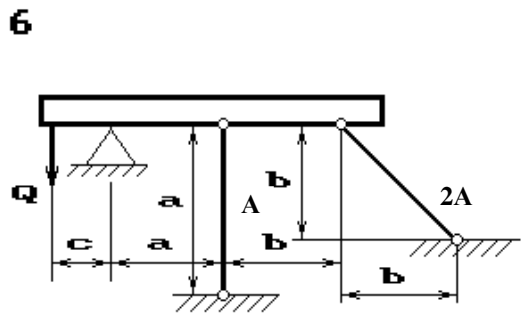
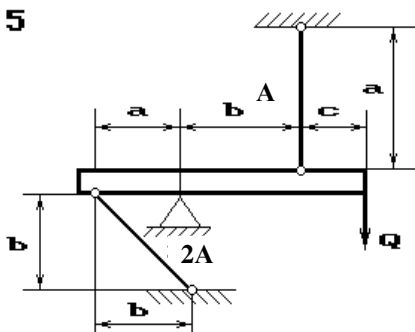
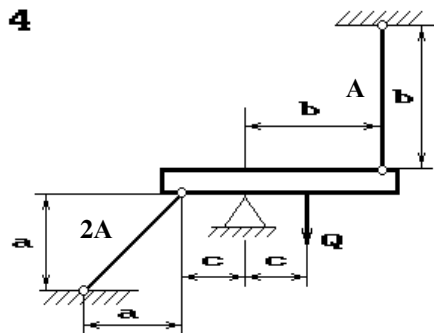
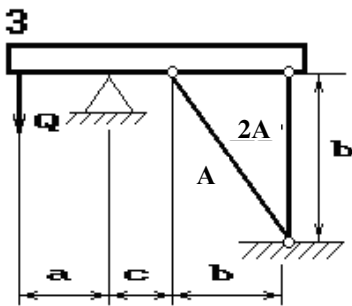
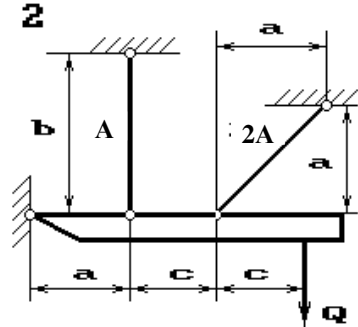
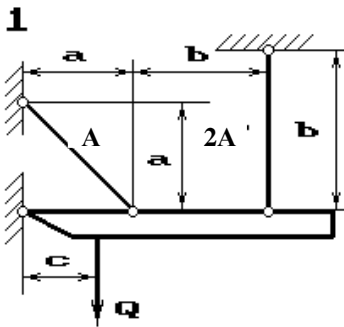
- 1) зусилля і напруження в стрижнях, виразивши їх через силу Q ;
- 2) допустиме навантаження $[Q]$, якщо $[\sigma] = 160$ МПа;
- 3) граничну вантажопідйомність системи $Q_{пр}$ і граничнодопустиме навантаження $[Q_{гр}]$, що допускаються, якщо межа текучості становить 240 МПа і запас міцності $k=1,5$;
- 4) порівняти величини допустимих навантажень $[Q]$ і граничнодопустимих $[Q_{гр}]$.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 4а.

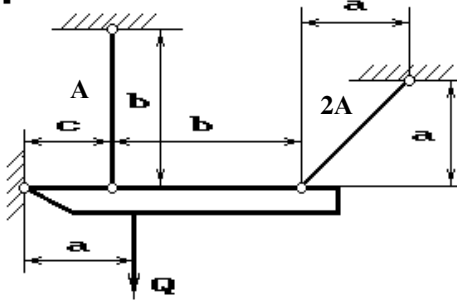
Таблиця 4а

Варіант	A,	a, м	b, м	c, м	Варіант	A,	a, м	b, м	c, м
---------	----	------	------	------	---------	----	------	------	------

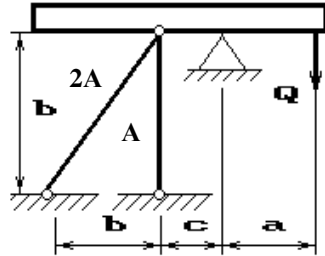
	CM^2					CM^2			
1	6	3.0	2.5	2.6	6	1,5	3.6	3.3	2.3
2	3,6	3.1	3.2	2.2	7	2,6	3.6	2.5	1.5
3	1,8	2.1	3.2	3.9	8	3,2	3.4	4.1	2.2
4	2,0	3.6	3.8	1.9	9	2,9	3.6	1.3	3.1
5	5,4	3.0	4.0	2.0	10	2,4	3.0	2.5	2.0



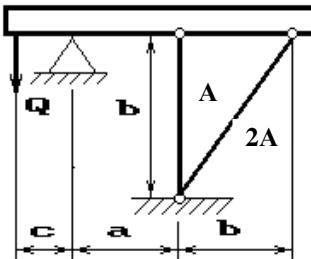
7



8



9



10

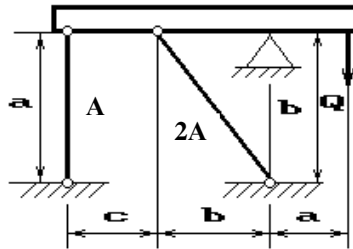


Рис. 4а

Схема б.

Жорсткий брус, вагою і деформаціями якого нехтуємо, підтримується системою шарнірно закріплених сталевих стрижнів (рис. 4б). Приймаючи, що площі поперечних перерізів стрижнів однакові і рівні A , зробити розрахунок системи на міцність.

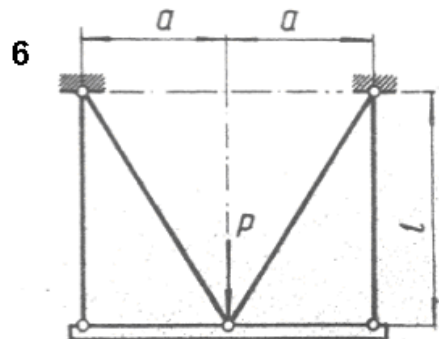
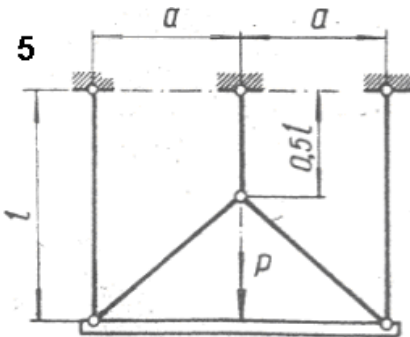
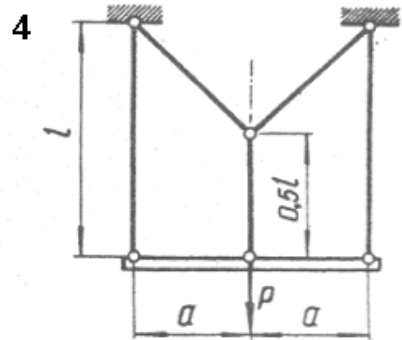
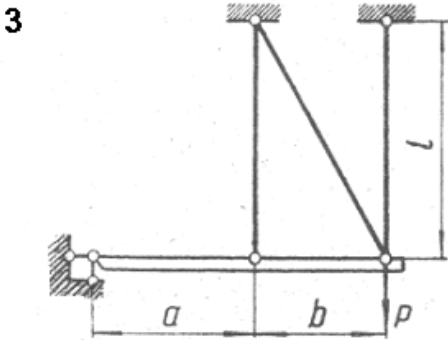
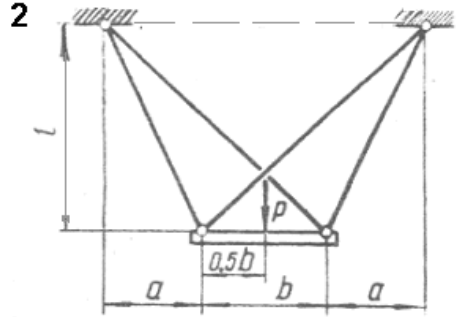
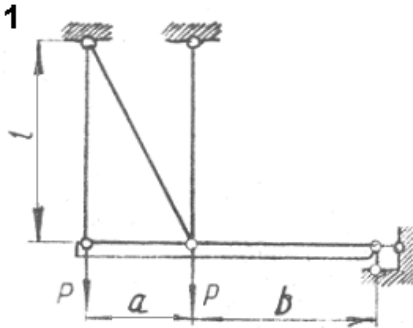
Розміри стрижневої конструкції та значення навантаження вибрати з таблиці 4б згідно індивідуального варіанту студента.

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

Таблиця 4б

Варіант	P , кН	A , см ²	a , м	b , м	l , 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



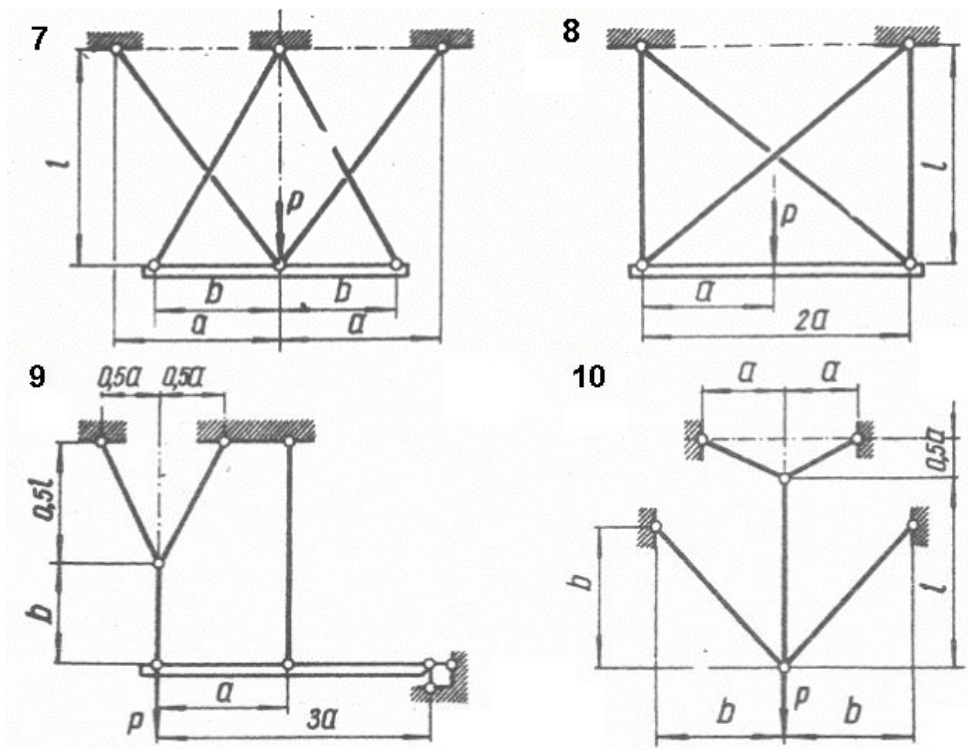


Рис. 46

Тема: «Зріз»

Задача 5. РОЗРАХУНОК ЗАКЛЕПКОВИХ З'ЄДНАНЬ.

З умов міцності на зріз і зминання підібрати кількість заклепок діаметром d , якщо відомі значення допустимих напружень на зріз та зминання, та вказати їх розміщення. Перевірити на міцність листи, якщо їх ширина b . Необхідні для розрахунку дані наведені у таблиці 5.

Таблиця 5.

№	d , мм	t , мм	δ , мм	b , мм	P , кН	$[\sigma_{зм}]$, МПа	$[\tau_{зр}]$, МПа	Матеріал листа
---	-------------	-------------	------------------	-------------	-------------	-----------------------	------------------------	-------------------

1	10	6	5	220	100	300	65	Сталь 30
2	16	8	4	200	90	310	75	Сталь 40
3	8	4	5	240	95	320	70	Сталь 45
4	12	6	3	200	65	340	85	Сталь 50
5	20	10	4	220	60	350	80	Сталь 55
6	8	4	3	240	75	360	90	Сталь 60
7	8	4	2	220	85	370	100	Сталь 30Г
8	12	6	4	260	80	300	60	Сталь 50Г
9	10	5	3	200	105	340	70	Сталь 35

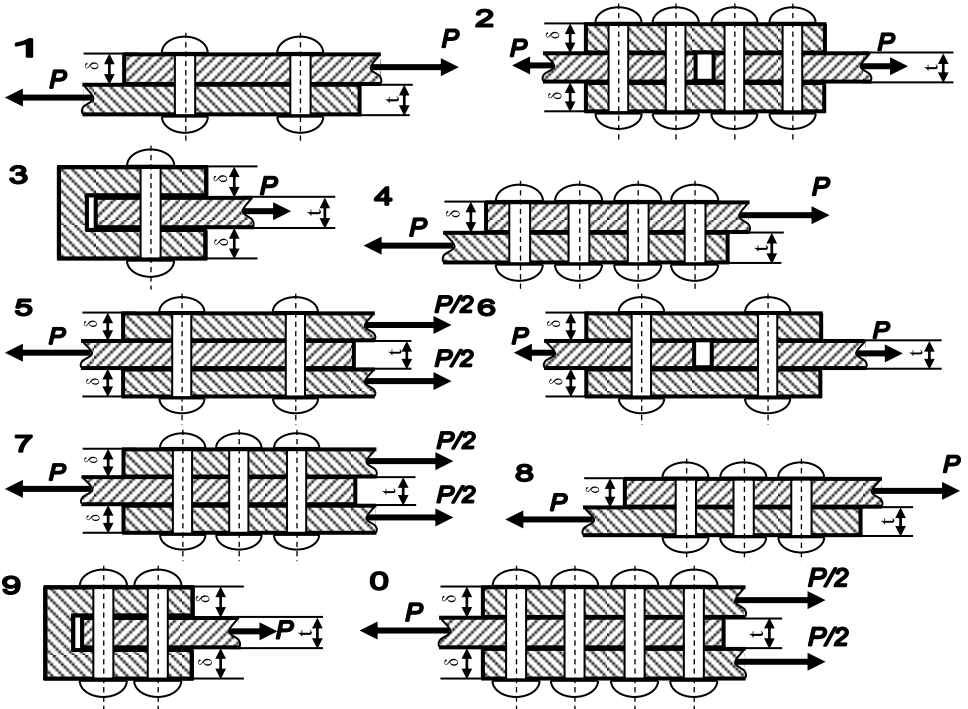
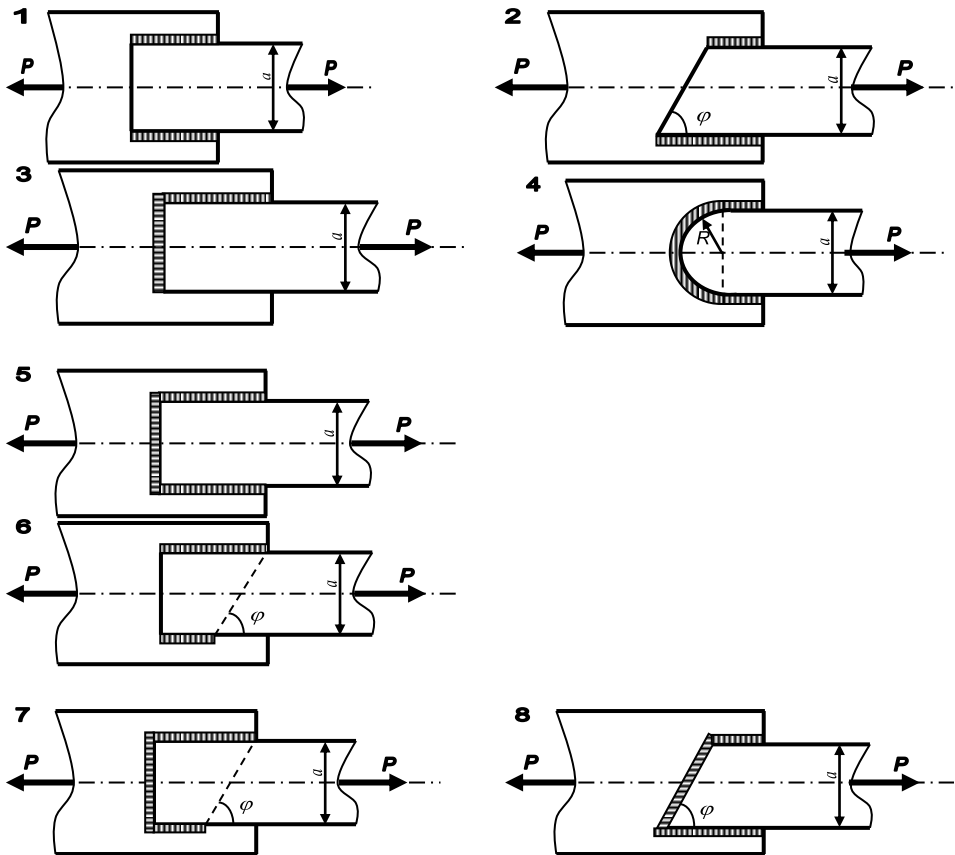


Рис. 5

Задача 6. РОЗРАХУНОК ЗВАРНОГО ШВА.

З умови міцності розрахувати довжину флангових швів для кріплення швелера, кутника чи пластини (в залежності від вибраного варіанту), що виготовлені зі сталі 20, до фасонного

листа вузла ферми (рис. 6) для різних типів зварювання. Для випадку кутника висоту шва прийняти рівною товщині полицки, для швелера — товщині стінки, а для пластини — її висоті. Необхідні для розрахунку дані використати з таблиці 6.



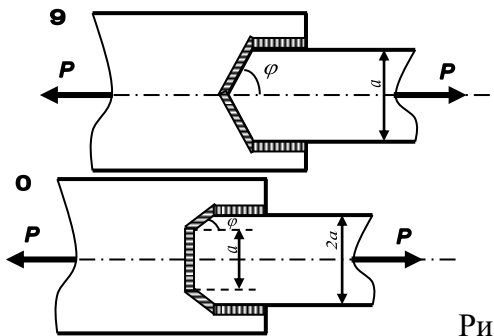


Рис. 6

Таблиця 6.

№	Вид кріплення	Тип зварювання	a , мм
1	кутник № 5(5)	Ручне, електроди з тонкою обмаскою	-
2	швелер №10	Ручне, електроди з товстою обмаскою	-
3	Пластина $t=3$ мм	Автоматичне зварювання	200
4	кутник № 7(6)	Ручне, електроди з тонкою обмаскою	-
5	пластина $t=5$ мм	Ручне, електроди з товстою обмаскою	220
6	кутник № 5,6(4)	Автоматичне зварювання	-
7	пластина $t=4$ мм	Ручне, електроди з тонкою обмаскою	160
8	швелер № 12	Ручне, електроди з товстою обмаскою	-
9	кутник № 4(4)	Автоматичне зварювання	-
10	швелер №14	Ручне, електроди з тонкою обмаскою	-

Тема: «Кручення»

Задача 7. КРУЧЕННЯ ВАЛІВ

Вал, що обертається з кутовою швидкістю ω , через чотири шківні 1, 2, 3, 4 передаються потужності N_1, N_2, N_3, N_4 (рис. 7). Необхідно: 1) визначити з умови рівноваги невідому потужність, 2) побудувати епюру крутних моментів, 3) з умови міцності та жорсткості підібрати діаметр вала, 4) побудувати епюру кутів закручування відносно лівого шківні.

Необхідні для розрахунку дані використати з таблиці 7.

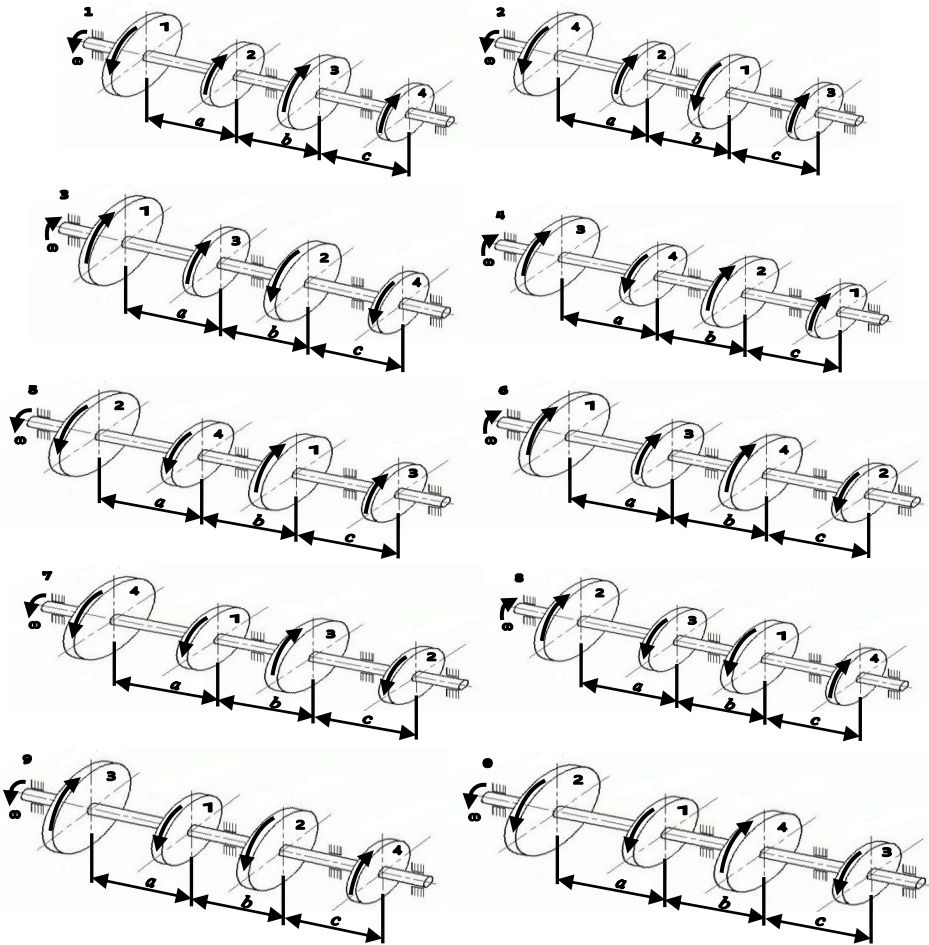


Рис. 7

Таблица 7.

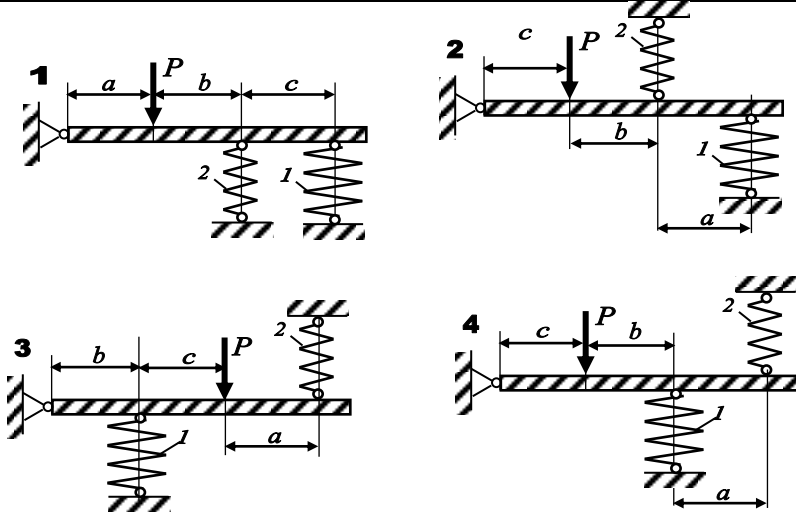
N_0	$N_1, \text{кВт}$	$N_2, \text{кВт}$	$N_3, \text{кВт}$	$N_4, \text{кВт}$	$\omega, \text{рад/с}$	$a, \text{м}$	$b, \text{м}$	$c, \text{м}$	$[\tau], \text{мПа}$	$[\theta], \text{°/м}$
1	20	-	18	38	20	0,5	0,2	0,3	40	2
2	44	20	-	12	29	0,1	0,3	0,6	45	1,7
3	-	52	26	12	22	0,2	0,7	0,1	50	2
4	60	40	18	-	30	0,5	0,2	0,3	55	2,2
5	-	22	14	46	24	0,4	0,1	0,5	60	1,8
6	28	16	-	26	26	0,3	0,4	0,3	65	2
7	36	-	24	14	23	0,1	0,6	0,3	70	1,7
8	46	12	-	22	21	0,2	0,4	0,4	75	1,9
9	22	48	16	-	25	0,5	0,4	0,1	80	1,5
0	18	46	10	-	28	0,6	0,2	0,2	85	1,6

Задача 8. РОЗРАХУНОК ГВИНТОВИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРУЖИН

Для заданої статично невизначної конструкції (рис. 8), що складається з абсолютно жорсткого бруса та системи сталевих гвинтових циліндричних пружин, визначити напруження та деформації у пружинах. Розміри конструкції, діаметри пружин та дроту, з яких вони звиті, кількість витків, навантаження задані у таблиці 8.

Таблиця 8.

№	$P, \text{кН}$	$a, \text{м}$	$b, \text{м}$	$c, \text{м}$	n_1	$D_1, \text{см}$	$d_1, \text{мм}$	n_2	$D_2, \text{см}$	$d_2, \text{мм}$
1	10	1	0,8	0,6	6	26	25	10	15	30
2	15	0,8	0,6	0,8	8	17	20	10	18	20
3	20	0,6	0,4	0,8	10	16,5	23	8	16	18
4	25	0,4	1,2	1,4	12	15	24	10	10	16
5	30	1,2	0,8	1	14	24	23	15	15	26
6	20	1,4	0,6	1	10	23	26	8	15,5	24
7	25	1,6	0,4	0,8	12	22,5	24	10	16	25
8	15	0,8	1,2	0,6	6	28	20	12	17	21
9	10	0,6	1	0,4	8	26,5	22	12	18	26
10	20	1,2	1	1,2	10	26	30	6	17	40



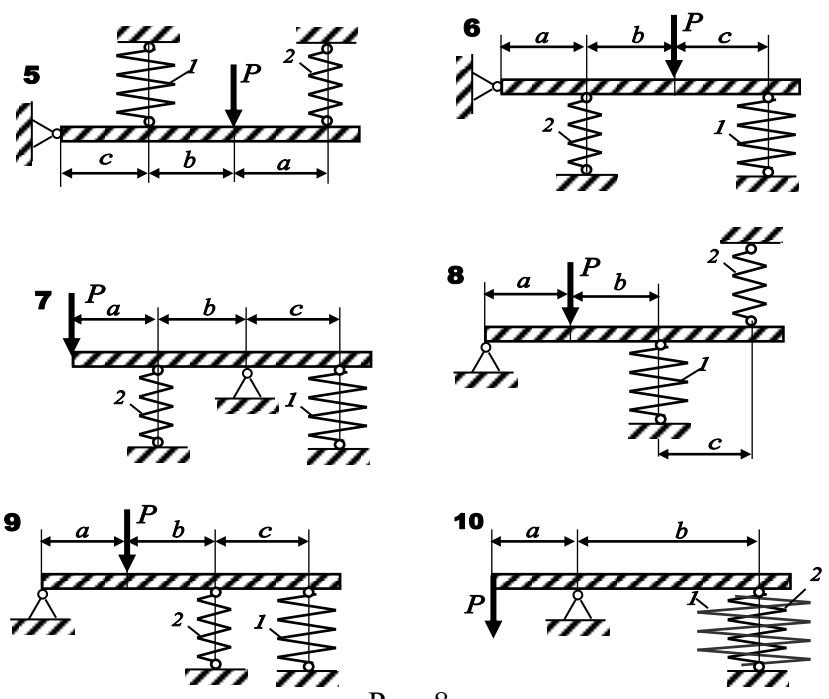


Рис. 8

Тема: «Плоский поперечный изгиб»

Задача 9. ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ТА ДОТИЧНИХ НАПРУЖЕНЬ У БАЛКАХ-КОНСОЛЯХ

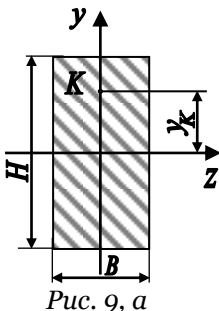


Рис. 9, а

Для балки-консоли прямокутного поперечного перерізу (рис. 9, а), схема навантаження якої представлена на рис. 9, б, у небезпечному перерізі для точки К визначити дотичні та нормальні напруження. Розміри балки та значення навантаження вибрати з таблиці 9 згідно індивідуального варіанту студента.

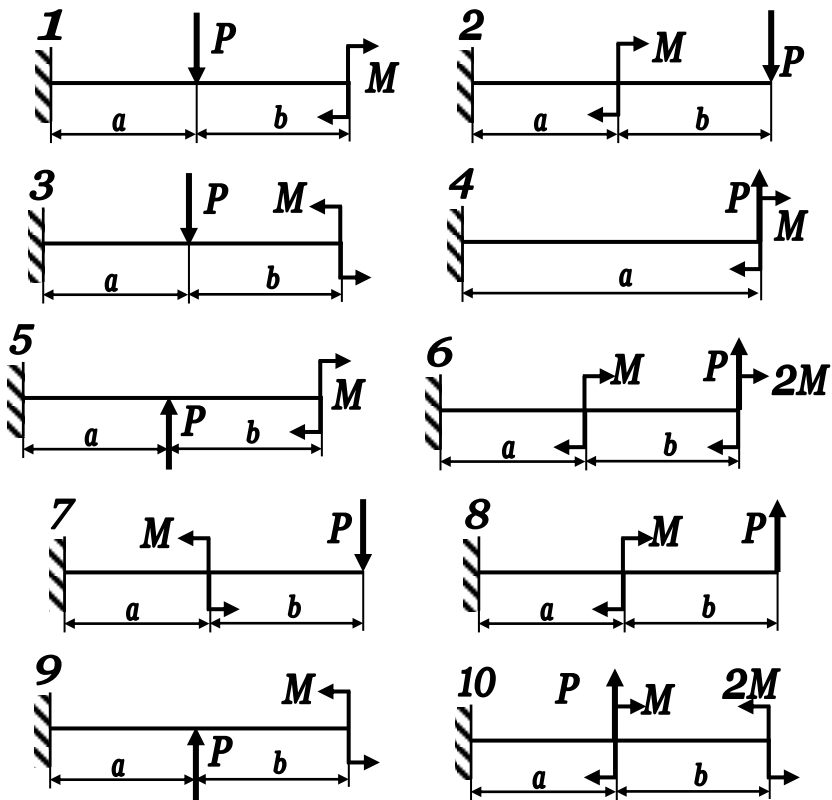


Рис. 9, б

Таблица 9

Схема	$a, м$	$b, м$	$M, кН·м$	$P, кН$	$B, см$	$H, см$	$у_к, см$
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

Задача 10. ПЕРЕВІРКА МІЦНОСТІ ЗА НОРМАЛЬНИМИ НАПРУЖЕННЯМИ ПРОСТОЇ БАЛКИ

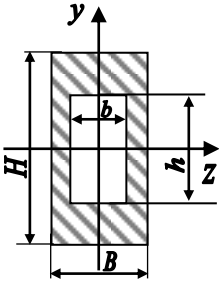


Рис. 10, а

Перевірити сталеву просту балку коробчастого поперечного перерізу (рис. 10, а), що навантажена згідно схеми (рис. 10, б), на міцність за нормальними напруженнями.

Розміри балки та значення навантаження вибрати з таблиці 10 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.

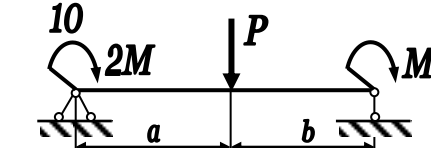
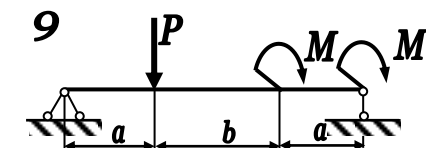
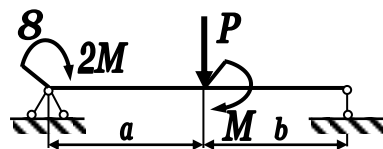
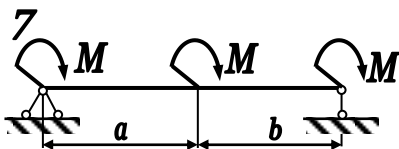
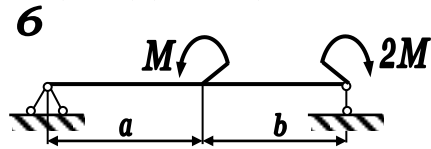
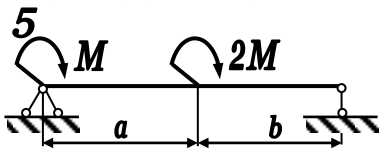
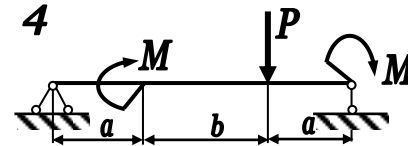
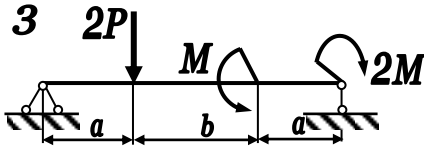
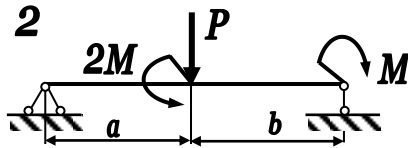
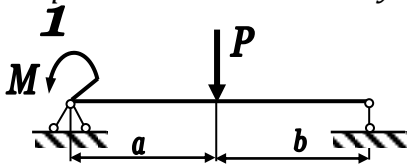


Рис. 10, б

Таблиця 10

Схема	а, м	с, м	М, кН·м	Р, кН	В, см	Н, 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

Задача 11. ПОВНА ПЕРЕВІРКА НА МІЦНІСТЬ КОНСОЛЬНОЇ БАЛКИ

Для двотаврової сталевий балки, номер профілю якої вказаний у таблиці 11, виконати повну перевірку міцності, застосувавши третю теорію міцності. Схема навантаження балки вказана на рис. 11.

З таблиці 11 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 11

Схема	а, м	в, м	с, м	М, кН·м	Р, 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	27a	Сталь 20Г
8	0,5	1	0,5	30	25	30	Сталь 50Г
9	0,8	0,8	0,4	35	30	30a	Сталь 60

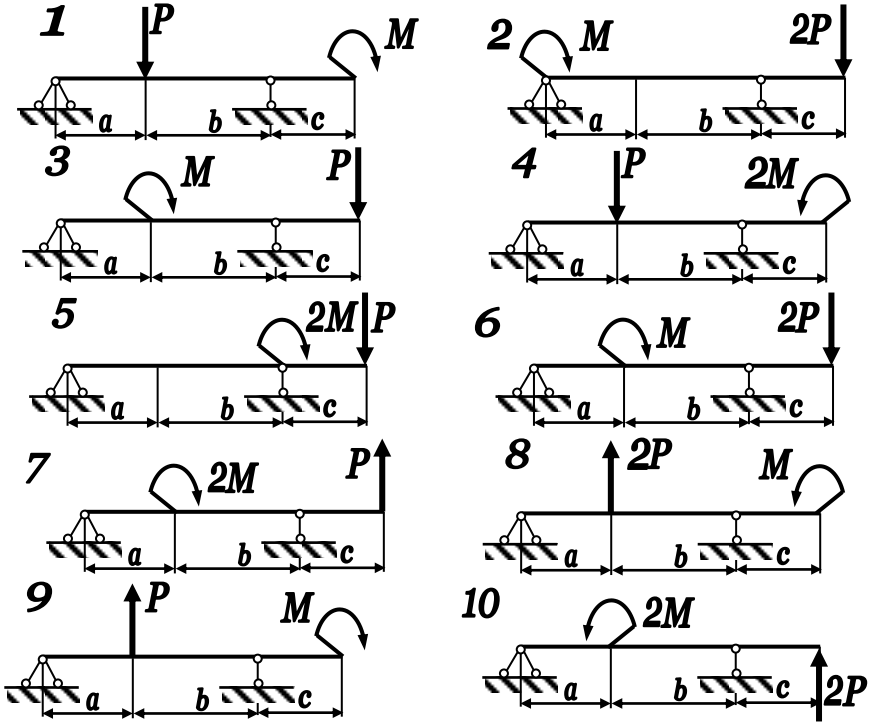


Рис. 11

Задача 12. РОЗРАХУНОК ПЛОСКИХ РАМ

Для статично визначної рами, поданої на рис. 12, побудувати епюри внутрішніх силових факторів та підібрати прямокутний переріз з заданим відношенням розмірів для вказаної марки сталі. З таблиці 12 для вказаного індивідуального варіанта студента підібрати розміри рами, матеріал, з якого вона виготовлена та значення навантаження.

Таблиця 12

№	P_1 , кН	P_2 , кН	M_1 , кНм	h_1 , м	h_2 , м	l_1 , м	l_2 , м	h/b	Матеріал
1	20	40	10	1,2	$0,5 h_1$	2,2	$0,4 l_1$	2,1	Сталь 20
2	55	15	40	1,4	$0,4 h_1$	2,4	$0,3 l_1$	2,2	Сталь 25
3	40	30	30	1,6	$0,3 h_1$	2,6	$0,4 l_1$	2,3	Сталь 30
4	35	25	45	1,8	$0,4 h_1$	2,8	$0,6 l_1$	2,4	Сталь 35

5	20	30	50	2,0	0,5 h_1	3,0	0,7 l_1	1,5	Сталь 40
6	-15	35	35	1,8	0,6 h_1	2,8	0,5 l_1	1,6	Сталь 45
7	-20	40	25	1,6	0,7 h_1	2,6	0,3 l_1	1,7	Сталь 20Г
8	-30	20	15	1,4	0,8 h_1	2,4	0,4 l_1	1,8	Сталь 50Г
9	-35	45	20	1,2	0,6 h_1	2,0	0,6 l_1	1,9	Сталь 60
10	15	25	20	1,0	0,6 h_1	2,0	0,5 l_1	2,0	Сталь 10

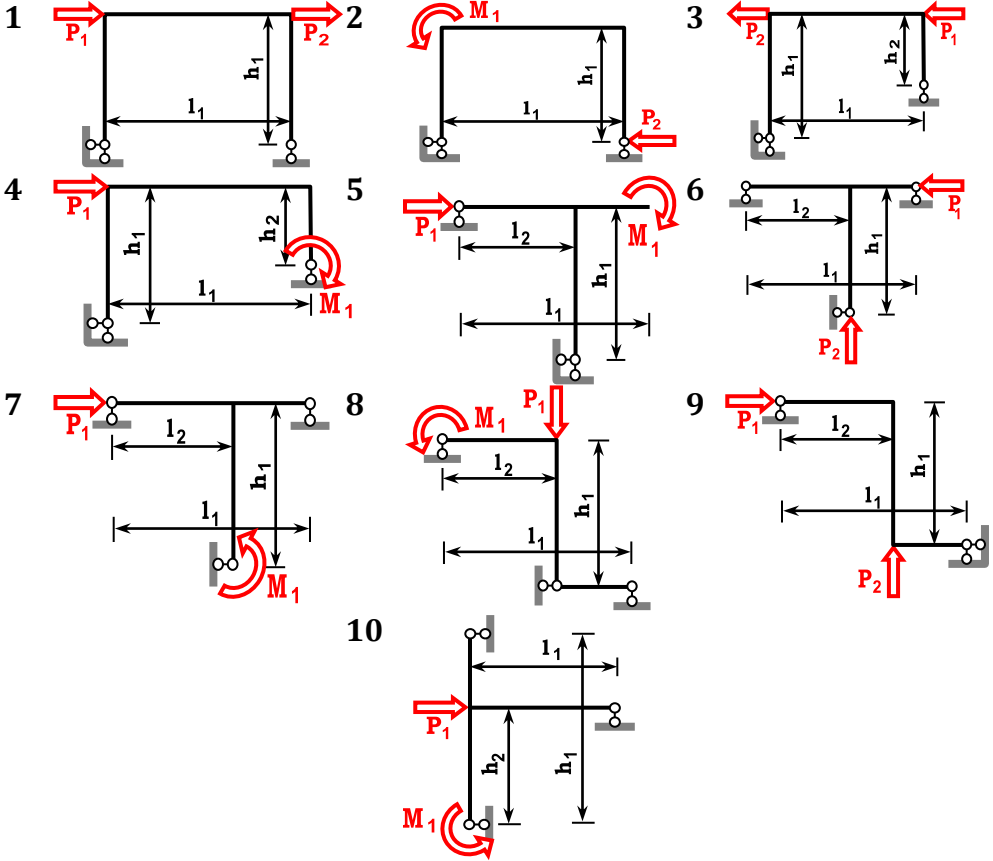


Рис. 12

Тема: «Стійкість»

Задача 13. СТІЙКІСТЬ

Сталевий стрижень завдовжки l стискається силою P . Потрібно знайти:

- розміри поперечного перерізу при допустимих напруженнях на стиск $[\sigma]=160$ МПа (розрахунок проводити послідовними наближеннями, для початкового наближення вважати $\phi=0,5$);
 - величину критичної сили і коефіцієнт запасу стійкості.
- Дані узяті з табл. 13.

Таблиця 13

№	P , кН	l , м	Схема закріплення стрижня	Форма перерізу стрижня	
1	100	2,1		I	II
2	200	2,2			
3	300	2,3		III	IV
4	400	2,4			
5	500	2,5		V	VI
6	600	2,6			
7	700	2,7		VII	VIII
8	800	2,8			

9	900	2,9			
10	1000	3,0			

Тема: «Динамічне навантаження»

Задача 14. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ В ДВОТАВРОВИХ БАЛКАХ ПРИ УДАРНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

На двотаврову балку, яка закріплена на двох жорстких опорах (рис. 14), з висоти h падає вантаж P . Необхідно:

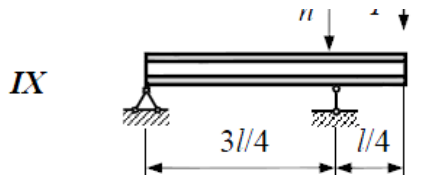
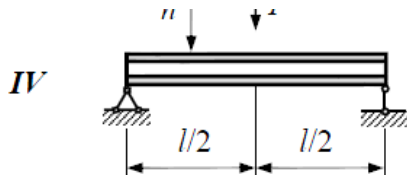
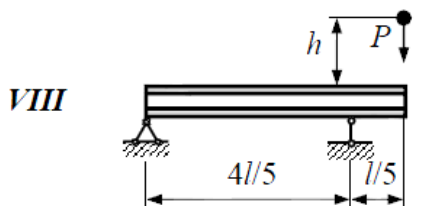
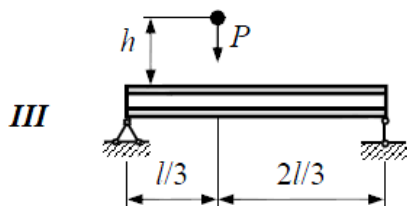
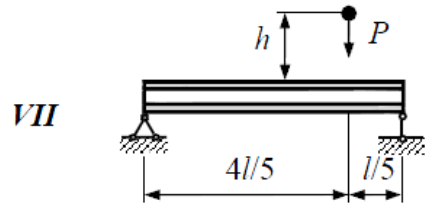
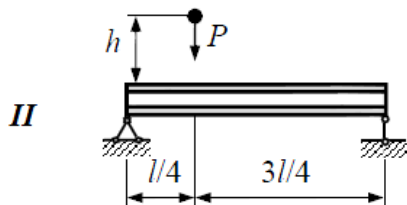
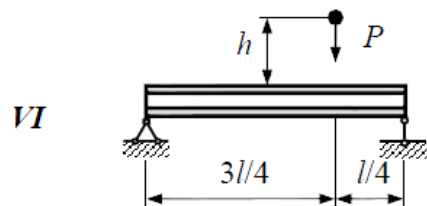
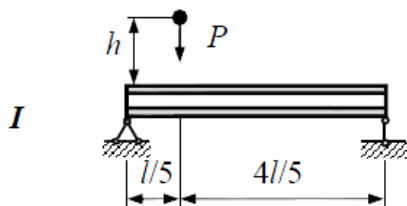
- визначити найбільше напруження в небезпечному перерізі балки;
- розв'язати аналогічну задачу за умови, що праву опору замінено пружиною податливістю α ;
- порівняти отримані результати.

Розрахункові схеми і вихідні дані наведені на рисунку 14 та в таблиці 14.

Таблиця 14

№ рядка	№ двотавра	l , м	P , Н	h , см	$\alpha \cdot 10^3$, м/кН
1	20	2.1	1100	11	21
2	20а	2.2	1200	12	22
3	24	2.3	300	3	23

4	$24a$	2.4	400	4	24
5	27	2.5	500	5	25
6	$27a$	2.6	600	6	26
7	30	2.7	700	7	27
8	$30a$	2.8	800	8	28
9	33	2.9	900	9	29
0	36	3.0	1000	10	30



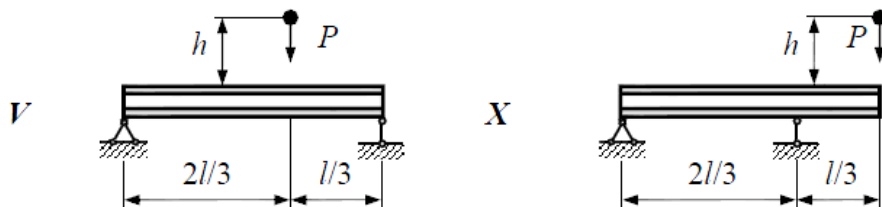


Рис. 14

Задача 15. РОЗРАХУНОК РАМИ НА УДАР

Для заданої сталевий рами двотаврового перерізу сталю жорсткості (рис. 15) визначити значення нормальних напружень, що виникають при ударі вантажу Q , що падає з висоти H , а також величину повного переміщення точки A рами. Дані для розрахунку використати з таблиці 15.

Таблиця 15.

Значення	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, H	100	80	90	110	120	50	60	70	130	140
$H, м$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
t	0,1	0,6	0,4	0,5	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$L, м$	1,4	1,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,6	1,2
$L1/L$	0,2	0,4	0,6	0,8	0,5	0,3	0,7	0,9	1,1	1,2
$L2/L$	0,9	0,8	0,3	0,5	1	0,7	1,4	1,1	0,7	0,6
№ профілю	10	12	14	16	12	14	16	12	10	14
Марка сталі	20Г	45Х	40ХФА	50ХН	30Г	40Х	12ХНЗА	30ХМ	50Г	20Х

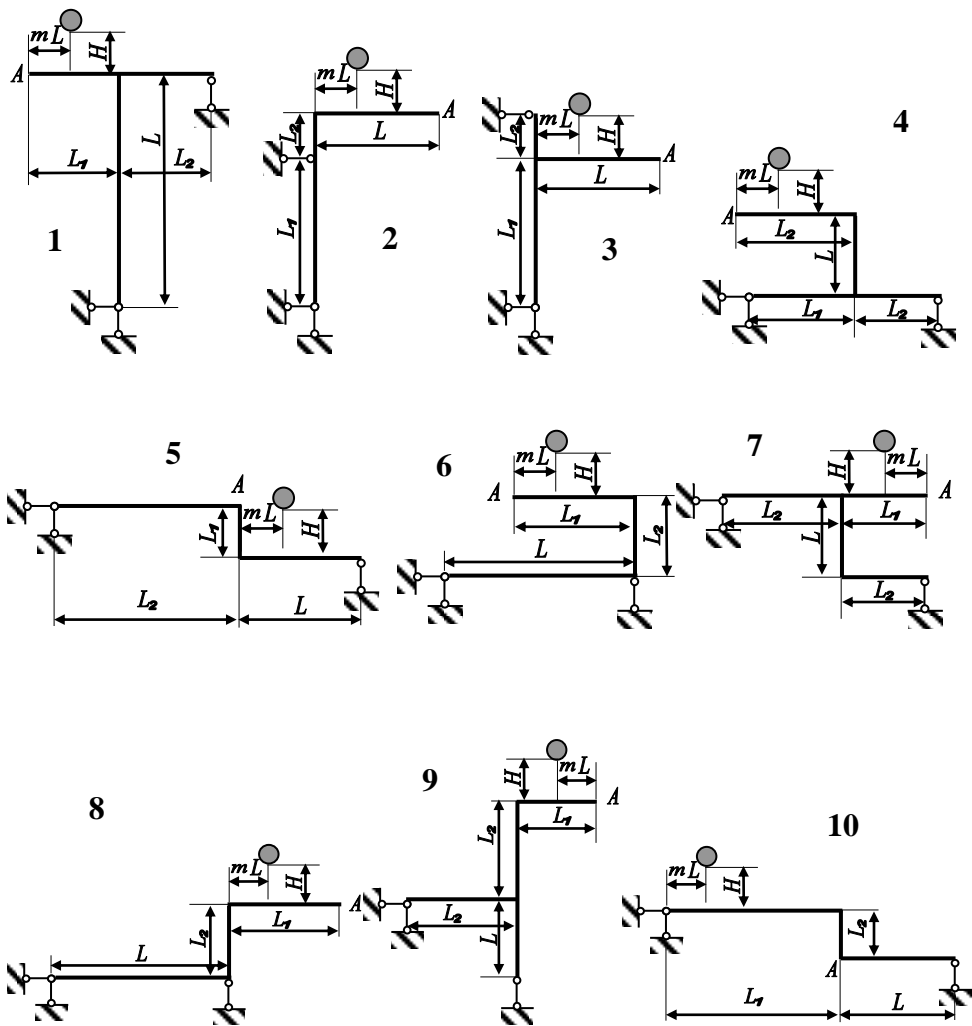


Рис. 15

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 $\delta, \%$	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	-	-
12ХНЗА	950	700	400	11	900	390-470	270-320	220-260
20ХНЗА	950	750	-	12	1000	430-450	300-320	245-255
30ХНЗА	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 Брінелю НВ	Границя витривалості, МПа	
	При розтягу	При стиску	При згині	При крученні		Згин σ_{-1}	Кручення τ_{-1}
	σ_{mp}	σ_{mc}	σ_m	τ_m			
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	γ , кН/м ³	Матеріал	γ , 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

Границі міцності σ_m деяких матеріалів

Матеріал	Границі міцності, МПа	
	При розтягу	При стиску
	σ_{mp}	σ_{ms}
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

Опір матеріалів. Методичні вказівки до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Агроінженерія» денної та заочної форми навчання. / уклад. О.А. Мікуліч – Луцьк: ЛНТУ, 2026. – 40 с.

Комп'ютерний набір
Редактор

О.А. Мікуліч
О.А. Мікуліч

Підп. до друку 2026 р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. арк. __. Обл.-вид. арк. 2,5.
Тираж __ прим. Зам. 1.

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