

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ І ЖОРСТКІСТЬ  
ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсової роботи з дисципліни  
“Опір матеріалів”

Київ  
“Політехніка”  
2002

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

## **РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ І ЖОРСТКІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ**

**Методичні вказівки до виконання курсової роботи  
з дисципліни “Опір матеріалів”**

для студентів теплоенергетичного факультету всіх форм навчання

*Затверджено Методичною радою НТУУ “КПІ”*

• Київ  
“Політехніка”  
2002

Розрахунки на міцність і жорсткість елементів конструкцій: Метод. вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Опір матеріалів" для студ. теплоенергетичного ф-ту всіх форм навчання / Уклад.: А.О. Шемеган, М.І. Бобир, С.І. Трубачев, Ф.Ф. Гігняк. – К.: ВНД "Видавництво «Політехніка»", 2002. – 28 с.

*Гриф надано Методичною радою НТУУ "КПІ"  
(Протокол № 4 від 20.12.2001 р.)*

На в ч а л ь н е в и д а н н я

## Розрахунки на міцність і жорсткість елементів конструкцій

Методичні вказівки до виконання курсової роботи  
з дисципліни "Опір матеріалів"

для студентів теплоенергетичного факультету всіх форм навчання

Укладачі:

*Шемеган Аліна Олександрівна  
Бобир Микола Іванович  
Трубачев Сергій Іванович  
Гігняк Фелікс Федорович*

Відповідальний  
редактор

*О. М. Чемерис*

Рецензент

*О. О. Заховайко*

Редактор *Т. В. Каміньська*  
Комп'ютерна  
верстка *Г. С. Дем'яненко*

Темплан 2001 р., поз.143

Пілд. до друку 30.03.2002. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офс. Спосіб друку - ризографія.  
Ум. друк. арк. 1,86. Обл.-вид. арк. 2,70. Зам. №117. Наклад 150 пр.

Інформаційно-видавничий центр "Видавництво «Політехніка»" НТУУ "КПІ"  
Свідчення про держреєстрацію ДК № 211 від 09.10.2000  
03056, Київ-56, просп. Перемоги, 37.

## Загальні вказівки

Мета курсової роботи – закріпити та поглибити знання студентів з курсу "Опір матеріалів", опанувати методику розрахунків на міцність і жорсткість елементів конструкцій.

Студент виконує курсову роботу відповідно до вказаного викладачем варіанта. Номер варіанта складається з двох цифр: перша відповідає номеру розрахункової схеми, друга – номеру рядка чи графи в таблиці числових даних. Розв'язуючи задачу, слід дотримуватися таких правил:

1. Якщо в таблиці навантаження має від'ємний знак, на рисунку необхідно виправити його на протилежний і надати знак "–" не брати до уваги.
2. Якщо в таблиці значення одного із заданих навантажень дорівнює нулеві, у схемі для розв'язання задачі це навантаження не беруть до уваги, не вважаючи на наявність його на рисунку.
3. Якщо на схемі немає одного із заданих навантажень, при розрахунках його належить вважати рівним нулеві, навіть якщо в таблиці подано якесь його значення.

При порушенні цих правил роботу не буде зараховано.

Курсову роботу оформляють згідно з державними стандартами на аркушах формату А4, зшитих у зошит. На титульному аркуші треба вказати назву інституту, факультету, номер групи, прізвище студента та його шифр, прізвище та ініціали викладача.

## Задача 1

### Розрахунок стрижневої системи на розтягнення-стиснення

Розрахувати зовнішнє навантаження ділянки трубопровода виходячи з умови міцності за допустимим напруженням підвісок трубопроводів 1 та 2 (рис. 1), які зазнають розтягання чи стиснення від статичного навантаження  $P$  або  $q$ . Сам трубопровід вважати абсолютно жорстким брусом.

#### Зміст роботи

1. Накреслити розрахункову схему конструкції, зазначаючи розміри (рис. 1); необхідні для розв'язання задачі дані взяти з табл. 1 (стрижні 1 і 2 вважати нахиленими; кути нахилу – узяти з таблиці).
2. Розділити конструкцію на дві частини, застосовуючи метод перерізів, замінити дії стрижнів на абсолютно жорсткі бруси поздовжніми зусиллями, що діють у цих стрижнях.
3. Скласти рівняння рівноваги окремо для кожної частини конструкції та визначити невідомі внутрішні зусилля, виражені через зовнішнє навантаження ( $P, q$ ).
4. Записати умову міцності для найбільш навантаженого стрижня та визначити з неї допустиме зовнішнє навантаження всієї конструкції.
5. Визначити напруження в усіх стрижнях при навантаженні, що дорівнює допустимому. Проаналізувати результати (тобто визначити недовантаження чи перевантаження). Узяти:  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ;  $[\sigma]_{\pm} = 100 \text{ МПа}$ , стрижні сталеві.

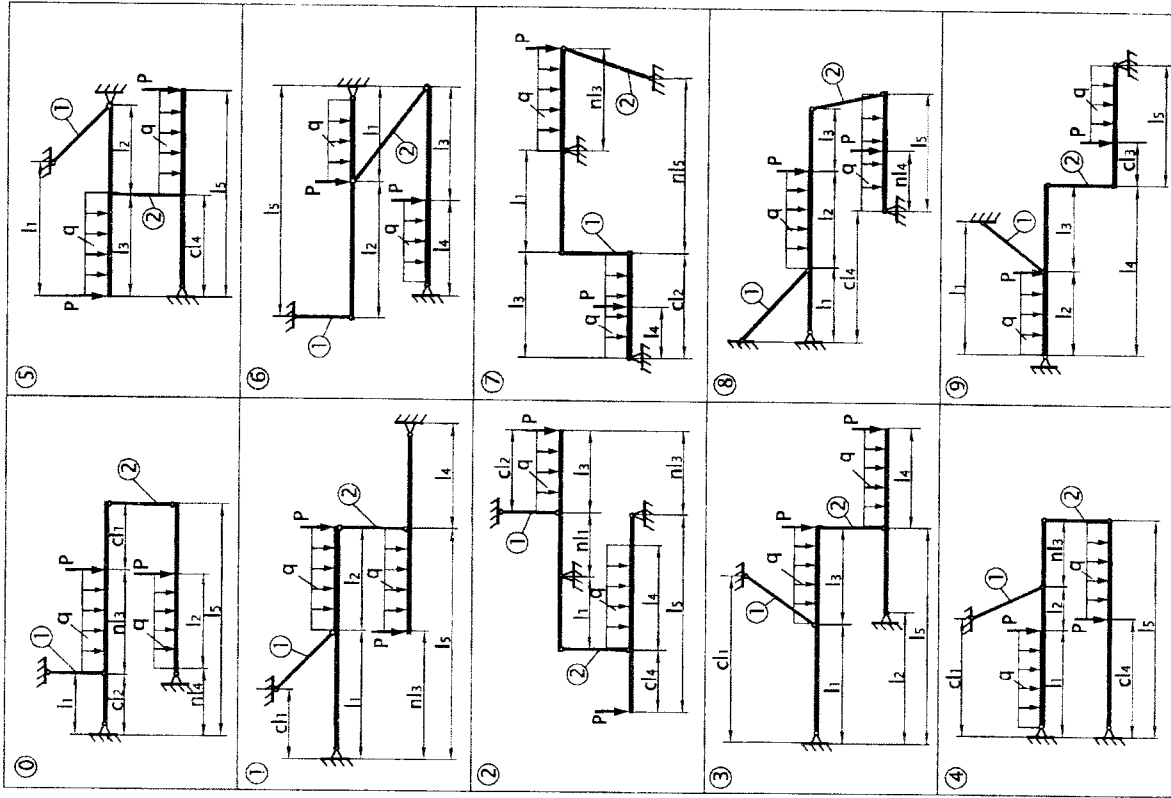


Рис. 1

Таблиця 1

Варіант	c	n	$l_{1,m}$	$l_{2,m}$	$l_{3,m}$	$l_{4,m}$	$l_{5,m}$	$\alpha^\circ$	$\beta^\circ$	P	q	Переріз стрижнів
0	0,5	1,5	1,8	1	1,2	1,4	3,8	20	25	0		Л №5
1	1,3	1,2	1	1,5	1,3	1,5	3,0	30	40		0	Л №10
2	1,2	0,6	1,2	2,5	1,5	1,1	4,0	40	50	0		Л №14
3	0,5	0,8	2	1,4	1,1	1,6	2,0	50	55		0	Л №8/5
4	0,6	0,9	1,1	1,3	1,6	1,0	4,5	60	65	0		Л №12
5	0,7	0,5	1,5	2,0	2,2	2,1	2,5	35	20		0	Л №16/10
6	0,4	1,1	2,0	2,5	0,5	1,8	3,2	45	35	0		Л №10
7	0,9	1,3	2,4	1,2	1,4	2,0	4,2	55	60		0	Л №12
8	0,6	0,5	2,2	2,4	2,0	1,5	2,8	65	45	0		Л №11/7
9	0,8	1,4	1,4	2,0	0,5	1,2	2,6	25	30		0	Л №12

### Задача 2

#### Розрахунок вала на кручення

У задачі необхідно розрахувати східчастий вал, що передає задані потужності та має задану частоту обертання, попередньо вибравши найбільш раціональну послідовність розташування шківів на валу (рис. 2).

Замінивши переріз третьої ділянки вала на прямокутний, а потім на кільцевий, визначити його розміри на цій ділянці й порівняти витрати матеріалу. Співвідношення  $h/b$  для прямокутного перерізу і  $d/d_0$  для кільцевого взяти з табл. 2.

#### Зміст роботи

1. Накреслити розрахункову схему вала, зазначити на ній усі необхідні для розв'язання дані.
2. Визначити обертальні моменти, що діють на кожний із шківів, через відповідну потужність і кутову швидкість (табл.2), користуючись співвідношенням  $M=N/\omega$ .
3. Визначити невідомий обертальний момент  $M_4$ , нехтуючи моментами тертя в підшипниках і виходячи з умови рівномірності обертання вала (при цьому алгебрична сума прикладених до нього обертальних моментів дорівнює нулеві).
4. Побудувати епюру крутних моментів  $M_{кр}$ .
5. Визначити для зазначеного у варіанті (табл.2) матеріалу допустимі значення допустимого напруження  $[\tau]$ , знайшовши для нього в довіднику  $\sigma_n$  чи  $\tau_n$  і вибравши з рекомендованих значень коефіцієнт запасу міцності  $n_\tau$  чи  $n_\sigma$ .
6. Обчислити діаметр вала на кожній ділянці виходячи з умови міцності та жорсткості, узяти більший з них та округлити значення до стандартного розміру.
7. Визначити абсолютні кути закручування  $\varphi$  на окремих ділянках і для всього вала.
8. Обчислити розміри прямокутної ( $b$  та  $h$ ) і кільцевої ( $d$  та  $d_0$ ) ділянок вала та порівняти витрати матеріалу.

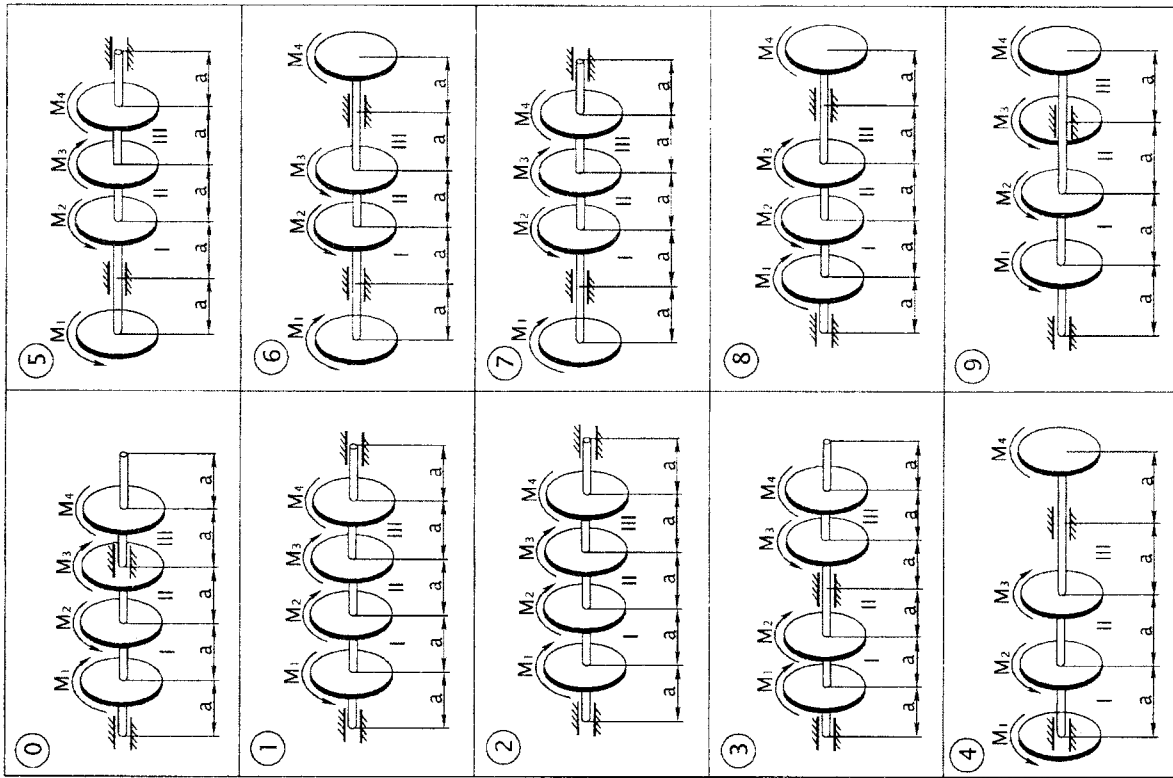


Рис. 2

Таблиця 2

Варіант	$N_1, \text{кВт}$	$N_2, \text{кВт}$	$N_3, \text{кВт}$	$\omega, \text{с}^{-1}$	Матеріал	$h/b$	$d/d_0$	$a, \text{м}$
0	-25	20	40	20	Сталь 10	2,00	1,2	0,5
1	35	-15	10	30	Сталь 35	2,50	1,3	0,8
2	20	65	-25	40	Сталь 45	2,40	1,4	0,4
3	-40	30	20	50	Сталь 60	1,75	1,5	0,9
4	50	-25	30	60	Сталь 50	2,50	1,5	0,7
5	30	10	-35	55	Сталь 20	1,80	1,7	1,3
6	-25	40	60	45	Сталь 40	1,40	1,8	1,1
7	75	-60	40	35	Сталь 55	1,60	1,9	1,4
8	60	50	-25	25	Сталь 25	1,30	2,0	0,6
9	15	-55	45	65	Сталь 30	1,50	2,1	1,2

### Задача 3

#### Розрахунок на міцність та жорсткість балок при згинанні

У задачі (рис. 3) подано розрахункові моделі елементів каркасів котлоагрегатів, наземних переходів трубопроводів, кронштейнів опорних пристроїв та їх перерізів, виконаних з прокатних профілів.

До кожної із запропонованих у задачі розрахункових схем необхідно виконати один із розрахунків на міцність: проєктувальний (схема I), перевірний (схема II), визначення вантажопідйомності (схема III). Для балки (схема III) зробити розрахунок на жорсткість.

Для схеми III взяти:  $M_1 = k_1 qa^2$ ;  $M_2 = k_2 qa^2$ ;  $P_1 = k_1 qa$ ;  $P_2 = k_2 qa$ , якщо вони не дорівнюють нулеві.

### Зміст роботи

1. Накреслити розрахункові схеми балок, зазначивши розмір та значення навантажень.
2. Визначити опорні реакції (крім балки із защемленням).
3. Записати аналітичні вирази поперечних сил  $Q(x)$  та згинальних моментів  $M(x)$  на кожній ділянці й за ними побудувати епюри.
4. Перевірити побудовані епюри за допомогою диференціальних залежностей.
5. Записати умову міцності за нормальними напруженнями в небезпечному перерізі балки, де  $M=M_{\max}$ .
6. Визначити моменти опору перерізів (схеми I і II) відносно головних центральних осей; за їх значеннями розташувати переріз раціонально.
7. Записати умову міцності за нормальними напруженнями для небезпечного перерізу балки схеми I, підібрати двотавровий, прямокутний та круглий перерізи та порівняти витрати матеріалу.
8. Визначити  $\sigma$  в небезпечному перерізі для балки схеми II і, порівнявши з  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ , підрахувати перевантаження та недоваження.
9. Для балки схеми III з умови міцності за нормальними напруженнями обчислити зовнішнє допустиме навантаження на балку по  $M_{\max}$ , узятому з епюри  $M$ .
10. Визначити значення прогину (посередині прогону чи на консолі) способом Верещагіна та кут повороту одного з опорних перерізів за Мором для балки схеми III.

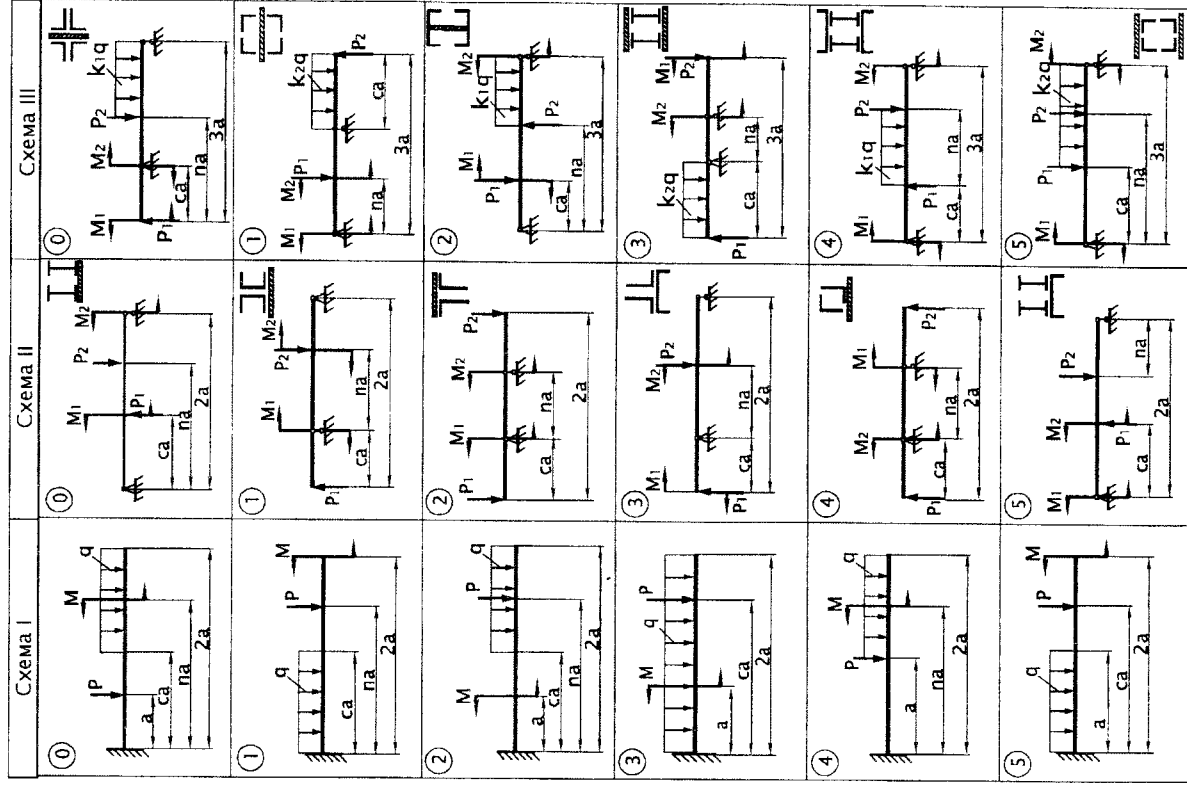


Рис. 3. (Див. також с. 12)

Таблиця 3

Варіант	$P$ , кН	$M$ , кН·м	$q$ , кН/м	$a$ , м	$h/b$	$n$	$c$	Матеріал
0	0	40	5	1,6	1,5	1,2	0,5	Сталь 40
1	20	0	9	1,7	1,4	0,8	1,4	Сталь 20
2	30	25	0	1,0	1,8	1,1	0,6	Сталь 25
3	0	15	7	1,5	2,0	1,3	0,7	Сталь 35
4	50	0	10	1,3	1,7	0,7	1,3	Сталь 40
5	15	35	0	1,8	2,5	0,6	1,6	Сталь 10
6	0	20	12	1,1	1,3	0,9	1,5	Сталь 60
7	35	0	15	1,2	1,8	1,4	0,8	Сталь 20
8	45	24	0	0,9	2,2	1,5	0,9	Сталь 45
9	0	30	18	1,4	2,4	1,6	0,4	Сталь 50

Таблиця 4

Варіант	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$M_1$ , кН·м	$M_2$ , кН·м	$a$ , м	Номер				$D$ , мм	$n$	$c$
						$C$	$I$	$L$	$L$			
0	0	10	40	20	1,4	18a	22a	16,0	9/5,6	20×220	0,6	1,1
1	30	0	20	15	1,6	20	16	11,0	16/10	10×160	0,4	1,3
2	40	15	0	20	1,5	12	10	8,0	11/7	20×120	1,5	0,9
3	25	35	30	0	1,8	24	20	10,0	12,5/8	20×160	0,6	1,1
4	0	40	10	45	1,6	18	14	9,0	14/9	20×180	1,5	0,8
5	35	0	25	30	1,3	16	12	7,5	10/6,3	10×160	0,8	0,4
6	30	25	0	10	1,7	24a	20a	8,0	14/9	22×220	1,6	0,7
7	15	20	45	0	1,9	22	18	7,0	11/7	30×240	1,2	0,5
8	0	30	40	20	2,0	20a	24	14,0	16/10	30×250	0,4	1,2
9	10	0	25	35	1,8	22a	22	12,5	18/11	10×220	0,9	1,5

Таблиця 5

Вариант	$a$ , м	$k_1$	$k_2$	Номер		$b$ , мм	Номер		Матеріал	$c$	$n$	$M_1$	$M_2$	$P_1$	$P_2$
				$I$	$L$		$L$	$L$							
0	0,9	1,3	1,5	30	27	330×30	16,0	16/10	Сталь 20	1,2	1,9	0	0	0	0
1	0,8	1,8	1,3	10	14	110×10	5,0	5,6/3,6	Сталь 60	0,9	1,4	0	0	0	0
2	0,7	1,5	2,1	12	16	120×15	6,3	6,3/4	Сталь 10	1,0	1,3	0	0	0	0
3	1,3	1,9	1,6	14	12	140×15	7,0	4/2,5	Сталь 25	0,6	0,8	0	0	0	0
4	1,4	1,2	1,4	16	20	160×20	8,0	8/5	Сталь 20	0,5	0,7	0	0	0	0
5	1,5	1,6	2,3	18	22	180×20	9,0	9/5,6	Сталь 30	1,8	0,6	0	0	0	0
6	0,6	2,5	2,4	20	24	200×25	10,0	10/6,3	Сталь 50	1,4	1,3	0	0	0	0
7	1,2	2,0	2,6	22	27	220×25	11,0	11/7	Сталь 35	1,6	0,7	0	0	0	0
8	1,1	2,1	0,7	24	12	240×20	12,5	12,5/8	Сталь 40	0,9	1,2	0	0	0	0
9	1,4	2,2	1,2	27	30	270×30	14,0	14/9	Сталь 45	1,1	0,9	0	0	0	0

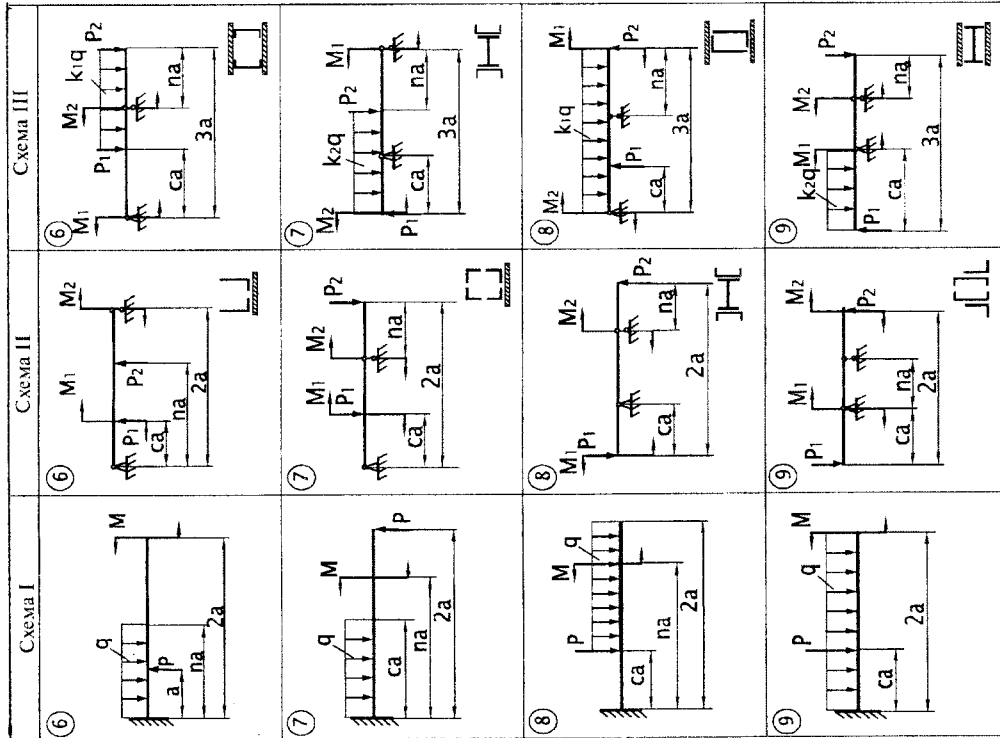


Рис. 3. (Закінчення)



## Задача 4

### Розрахунок статично невизначених систем методом сил

У роботі слід застосувати канонічні рівняння методу сил, щоб розкрити статичну невизначеність, після цього можна виконувати розрахунок на міцність (проектувальний, перевірний, визначення вантажопідйомності).

#### А. Розтягнення - стиснення

1. На рис. 4 подано розрахункову модель навантаженого трубопроводу, шарнірно закріпленого одним кінцем і підтримуваного двома сталевими стрижнями. Визначити напруження в стрижневих опорах трубопроводу від дії навантажень  $q$  та підвищення температури  $t$  і площі їх перерізів.
2. Узяти:  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;  $[\sigma] = 160$  МПа;  $\alpha = 125 \cdot 10^{-7}$ . Дані взяти з табл.6.

#### Зміст роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначеності, тобто кількість зайвих зв'язків.
2. Вибрати основну систему, відкинувши зайві зв'язки й усунувши зовнішнє навантаження (тобто задану статично невизначену систему перетворити на статично визначену).
3. Навантажити основну систему зовнішнім навантаженням і реакціями відкинутих зв'язків, тобто отримати еквівалентну систему.
4. Записати в канонічній формі умову еквівалентності заданої статично невизначеної системи.
5. Визначити коефіцієнти, що входять у канонічне рівняння. Для цього необхідно навантажити основну систему зовнішнім навантаженням і побудувати епюру  $M$ , потім навантажити одиничною силою і побудувати епюру  $M_1$ .
6. Знайти переміщення, зумовлене зміною температури.

7. Розв'язати рівняння відносно невідомої реакції, підставивши в нього знайдені коефіцієнти. (При цьому невідому реакцію слід виразити через площу перерізу  $F$ .)

8. Визначити другу опорну реакцію із рівняння рівноваги, записаного для еквівалентної статично визначеної системи.

9. Записати умову міцності для найбільш навантаженого стрижня й визначити площі перерізів стрижнів, що задовольняють їх співвідношення та умову міцності. Якщо не видно, яке із зусиль у стрижнях (виражене через площу перерізу) найбільше, треба записати умову міцності для двох стрижнів, визначити площу  $F$  кожного з них і вибрати найбільшу.

10. Знайти  $\sigma_{\max}$  у стрижнях і проаналізувати, чи правильно вибрано співвідношення їх площ.

Таблиця 6

Параметр	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
метр	20,0	18,0	15,0	14,0	16,0	13,0	19,0	17,0	10,0	12,0
$q, \text{кН/м}$	1,5	1,4	1,7	1,5	1,4	1,6	1,2	1,0	1,1	1,3
$a, \text{м}$	30,0	40,0	50,0	30,0	40,0	50,0	45,0	35,0	45,0	25,0
$\Delta t, \text{град}$	1,5	1,9	2,0	2,1	1,6	1,3	1,8	1,4	1,7	1,3
$c$	1,3	1,6	1,1	0,9	1,4	0,8	1,2	0,9	1,3	1,1
$n$										

## Б. Кручення

Сталевий стрижень східчастої форми круглого перерізу жорстко закріплено на кінцях і навантажено парами сил, як показано на схемі (рис. 5).

З розрахунку на міцність визначити допустимий момент  $M$  і напруження на ділянках стрижня.

Узяти:  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа. Дані взяті з табл. 7.

### Зміст роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначеності.
2. Відкинути зайвий зв'язок, щоб отримати основну систему.
3. Скласти еквівалентну систему.
4. Записати в канонічній формі умову еквівалентності основної і заданої системи, тобто що кут закручування у відкинутому зв'язку дорівнює нулеві.
5. Визначити коефіцієнти канонічного рівняння, для цього побудувати епюри  $M_{кр}$  від заданого зовнішнього навантаження  $X_1 = 1$ .
6. Обчислити коефіцієнти рівняння способом Верещагіна, розв'язати рівняння та знайти невідомий реактивний момент, що діє у відкинутому защемленні.
7. Побудувати епюру  $M_{кр}$  для стрижня, записати умову міцності для небезпечного перерізу й визначити допустиме значення  $M$ .
8. Визначити дотичні напруження на кожній ділянці стрижня при знайденому значенні  $M$ .

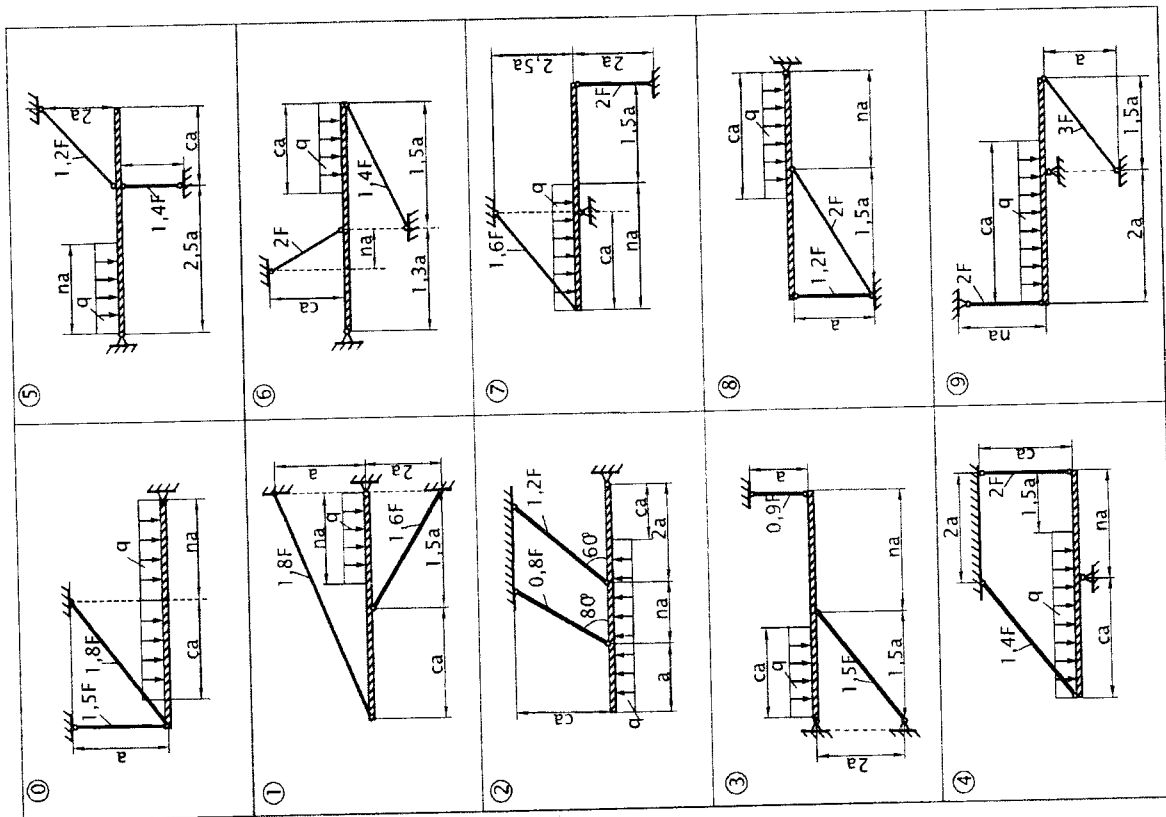


Рис. 4.

Таблиця 7

Варіант	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	$d, \text{ м}$	Матеріал	$d_1, \text{ мм}$	$d_2, \text{ мм}$	$c$	$n$	$k$
0	0,5	1,0	0,4	0,7	Сталь 10	40	30	0,0	-1,1	1,6
1	0,4	0,6	0,8	1,0	Сталь 50	80	70	-0,7	0,0	1,8
2	0,6	0,8	1,0	0,6	Сталь 30	50	40	0,6	-1,2	0,0
3	0,3	0,5	0,6	1,2	Сталь 20	40	30	0,0	2,0	-0,8
4	0,4	0,8	0,9	0,5	Сталь 45	30	20	-1,4	0,0	0,7
5	0,7	1,2	0,5	0,9	Сталь 20	40	20	0,8	-1,5	0,0
6	0,2	0,5	0,9	1,1	Сталь 40	60	50	0,0	1,6	-1,3
7	0,7	0,4	0,9	1,2	Сталь 30	50	40	-0,9	0,0	1,1
8	0,8	0,8	0,4	1,3	Сталь 45	70	80	1,2	-0,9	0,0
9	0,3	0,5	0,7	0,8	Сталь 60	70	80	0,0	1,3	-1,0

### В. Згинання

Розкрити статичну невизначеність і визначити допустиме навантаження  $[P]$  або  $[q]$  для вказаних нерозрізних балок (рис. 6), що являють собою розраховкові схеми плоского прямого магістрального трубопроводу. Для спрощення кільцевий переріз трубопроводу замінити прокатним профілем, геометричні характеристики якого дано в таблицях сортаменту.

Узяти  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ . Дані взяті з табл. 8.

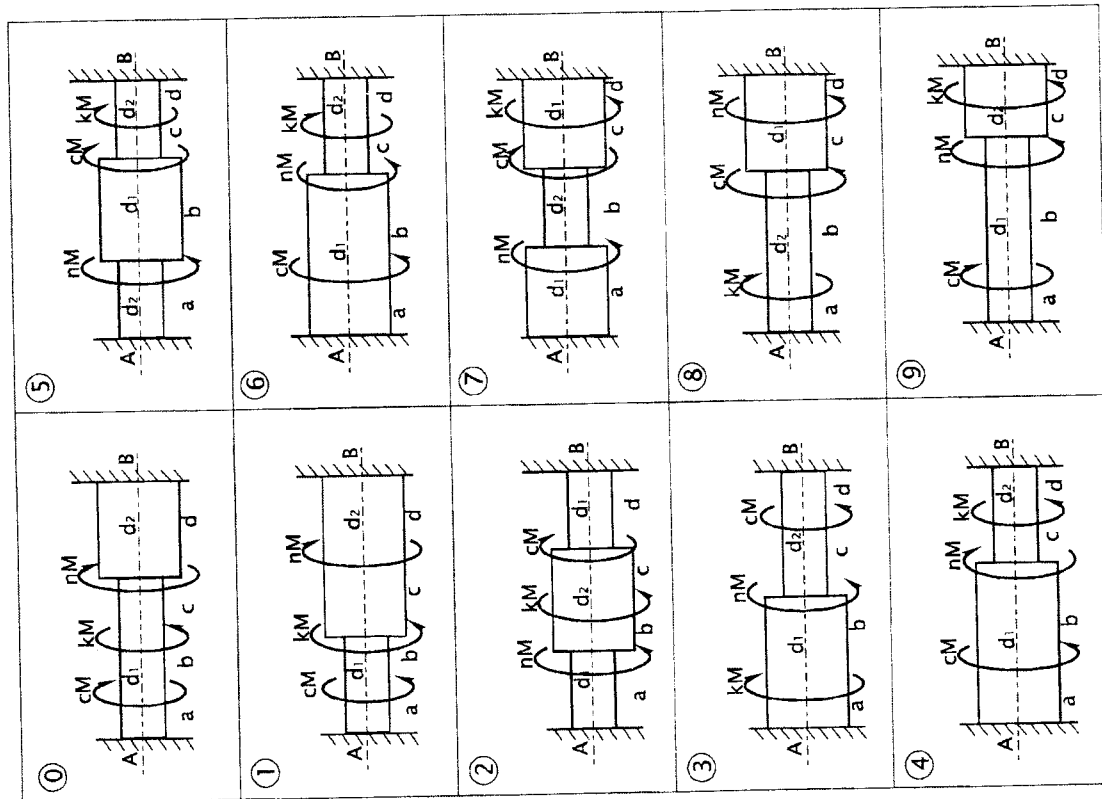


Рис. 5

### Зміст роботи

1. Визначити ступінь статичної невизначеності.
2. Вибрати раціональну основу, а потім і еквівалентну систему.
3. Записати систему канонічних рівнянь метода сил.
4. Визначити коефіцієнти рівнянь способом Верещагіна, для чого побудувати епюри згинальних моментів ( $M_p$ ;  $M_f$ ) для основної системи, навантаживши її зовнішніми навантаженнями (епюри  $M_p$ ) і одиничними навантаженнями ( $X_i = 1$ ) в напрямку невідомих реакцій відкинутих зв'язків. При цьому, будуючи всі епюри ( $M_p$ ;  $M_f$ ), визначити опорні реакції.
5. Розв'язати систему рівнянь і визначити реакції відкинутих зв'язків  $X_i$ .
6. Визначити з рівнянь статички, складених для еквівалентної статично визначеної системи, решту реакцій у заданій системі.
7. Побудувати епюри  $M$  і  $Q$  для еквівалентної системи (ординати епор вивражено через невідоме зовнішнє навантаження  $P$ ).
8. Записати умову міцності за нормальними напруженнями для небезпечно-го перерізу, де  $M = M_{\max}$ , і визначити  $P$ .

Таблиця 8

Варіант	$k_1$	$k_2$	$c$	$n$	Номер двогва	Номер швелера	$a$ , м
0	1,5	0,0	0,5	1,8	10	14	1,0
1	0,0	0,9	0,4	1,6	12	16	0,8
2	0,7	0,0	1,2	0,5	14	20	1,2
3	0,0	1,4	1,3	0,7	16	30	1,4
4	2,2	0,0	0,9	0,8	22	10	0,9
5	0,0	1,5	0,8	1,7	24	18	0,6
6	0,8	0,0	1,6	0,5	18	27	0,4
7	0,0	0,5	1,7	0,3	27	12	1,1
8	1,6	0,0	0,6	1,4	30	22	0,7
9	0,0	0,7	0,7	1,3	20	24	1,3

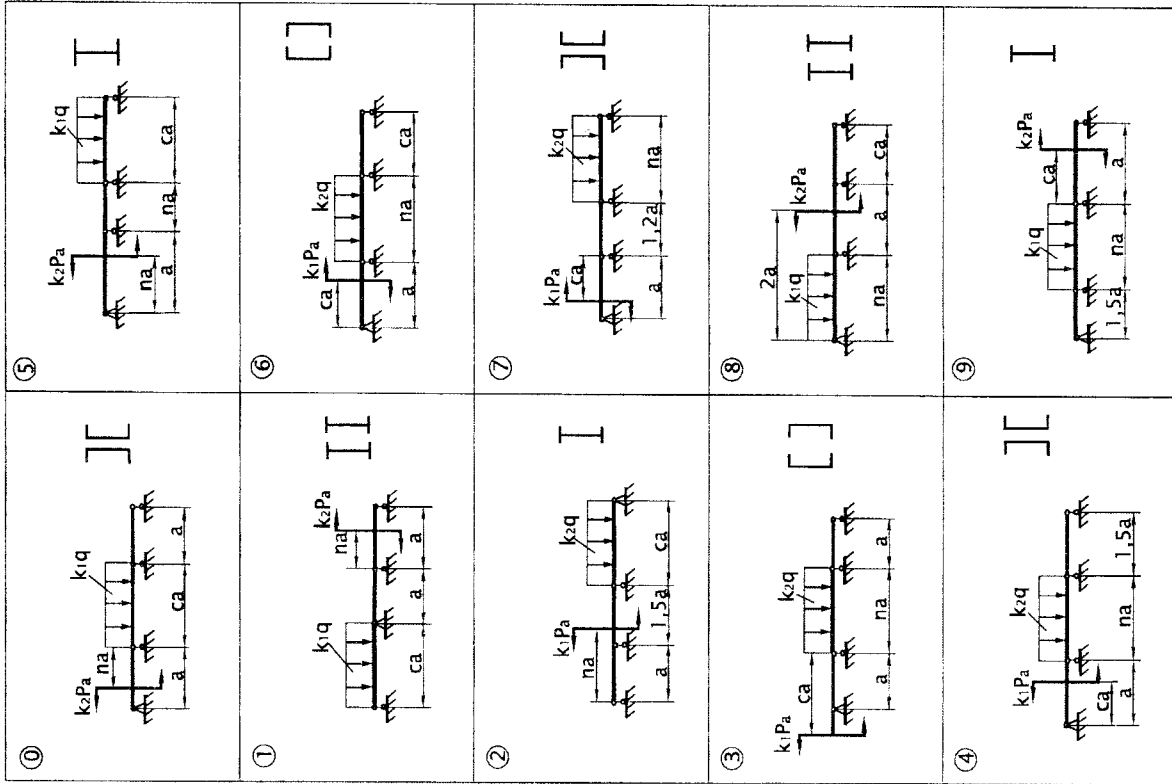


Рис. 6

## Задача 5

### Складний опір

У задачі (рис. 7, табл. 9) треба виконати проєктувальний розрахунок елементів системи в загальному випадку просторової дії сил.

При цьому в різних стрижнях системи виникає як окремий, так і загальний випадок складного опору.

Форми перерізів: стрижень 1 – прямокутний, 2 – квадратний, 3 – круглий.

Узяти  $[\sigma]^{III} = 160 \text{ МПа}$ .

### Зміст роботи

1. Побудувати епюри внутрішніх зусиль  $N$ ;  $M_{sp}$ ;  $M_y$ ;  $M_z$ .
2. Визначити найбільш навантажений переріз для кожного стрижня системи, зобразити його і показати внутрішні силові фактори, що діють у цьому перерізі. Звернути увагу на раціональне розташування прямокутного перерізу.
3. З'ясувати, який вид складного опору виникає в небезпечному перерізі, побудувати епюри напружень від внутрішніх зусиль, що діють у небезпечному перерізі, і за допомогою їх визначити найбільш напружені (небезпечні) точки.
4. Відповідно до виду напруженого стану в небезпечних точках записати умову міцності.
5. Визначити необхідні розміри перерізів зазначеної форми, заокруглити їх у бік більших розмірів. Остаточні розміри перевірити за допомогою умови міцності, нехтуючи силовими факторами, що дають менші складові напружень.

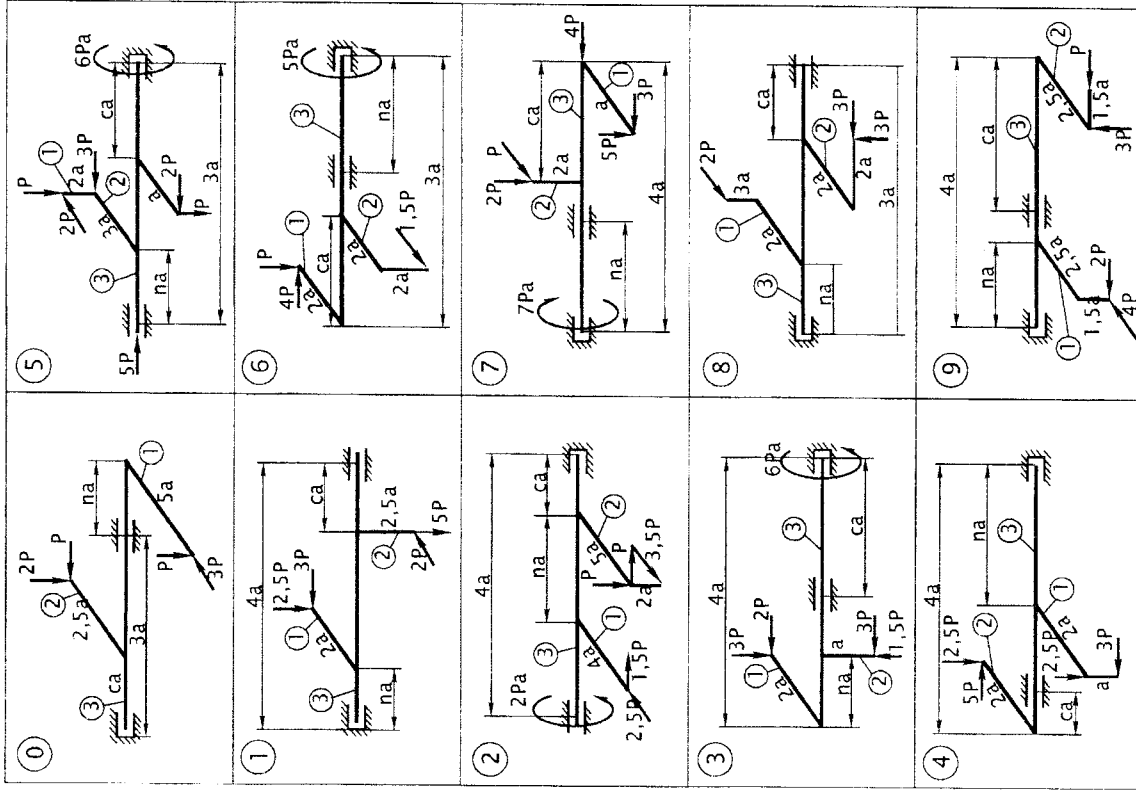


Рис. 7

Таблиця 9

Параметр	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a$ , м	0,6	0,9	0,8	0,4	0,5	0,4	0,8	0,8	0,9	0,5
$P$ , кН	10,0	15,0	18,0	11,0	12,0	13,0	16,0	16,0	17,0	14,0
$h/b$	1,1	1,7	1,6	1,5	1,4	1,8	1,2	1,2	1,3	1,9
$c$	1,7	0,8	1,9	0,9	1,7	1,2	1,3	1,3	0,9	0,8
$n$	0,9	1,4	0,7	1,5	0,6	0,8	0,9	0,9	1,8	1,7

### Задача 6

#### Розрахунок тонкостінної посудини на опорах

Сталеву тонкостінну циліндричну посудину з днищами встановлено на чотирьох симетрично розташованих опорах (рис. 8). Посудина перебуває під внутрішнім тиском  $P$ , її заповнено на  $2/3$  висоти  $H$  рідиною з питомою вагою  $\gamma$ . Допустиме напруження на розтяг для матеріалу посудини  $[\sigma] = 100$  МПа. Підбрати переріз стоек з умови стійкості. Узяти для стоек  $[\sigma] = 160$  МПа.

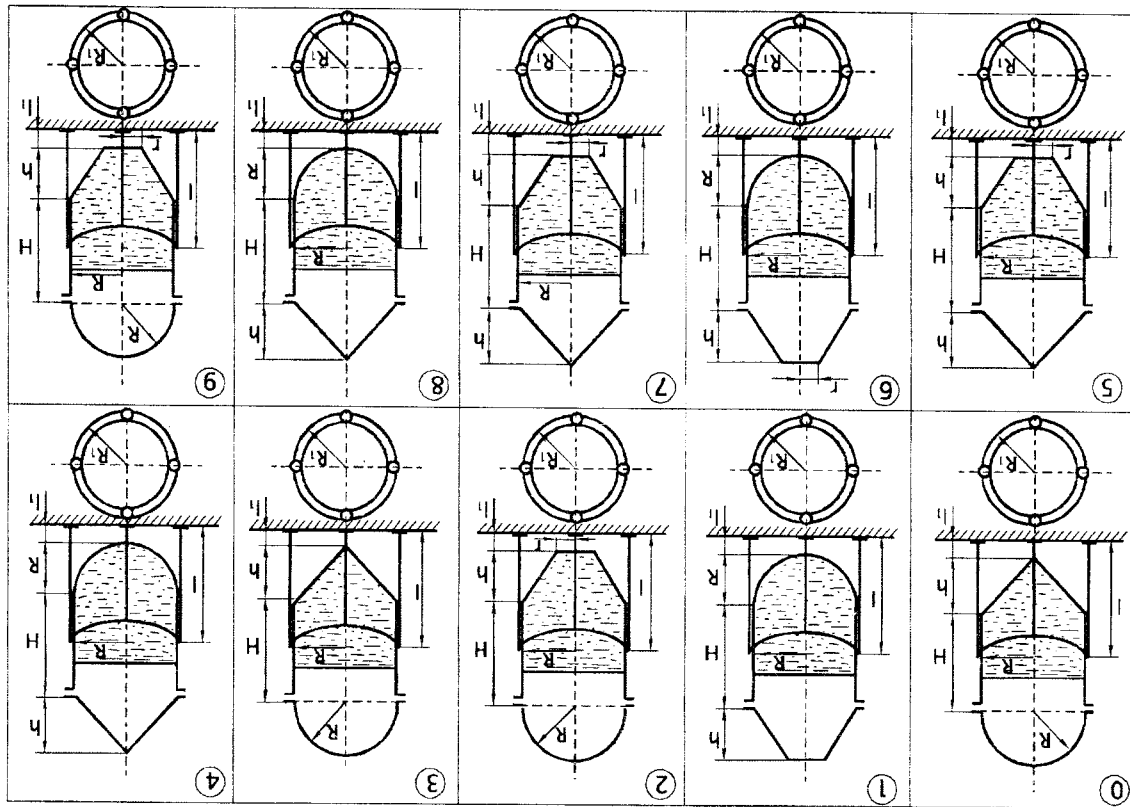


Рис. 8

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ицкович Г.М., Винокуров А.И., Милин Л.С.* Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. – М.: Высш. шк., 1999. – 480 с.
2. *Ицкович Г.М.* Сопротивление материалов. – М.: Высш. шк. 1976. – 351 с.
3. *Опір матеріалів / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський та ін.* – К.: Вища шк., 1993. – 654 с.
4. *Пособие к решению задач по сопротивлению материалов / И.Н. Миролубов, С.А. Ентальчев, Н.Д. Сергиевский и др.* – М.: Высш. шк., 1985. – 399 с.

## Зміст роботи

1. Обчислити товщину стінки посудини в безпечному перерізі за безмоментною теорією, урахувавши похибку на корозію.
2. Визначити навантаження на стяж, урахувавши вагу рідини, оболонки та днищ посудини.
3. Підібрати переріз стяжка з розрахунку на стійкість, вважаючи, що стяж на одному кінці (верхньому) закріплено шарнірно, на другому – жорстко.

Узяти:  $R_1 = R$ ;  $l_1 = 0,2 l$ ;  $r = 1/3 R$ .

Таблиця 10

Варіант	$P$ , МПа	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	$H$ , м	$H_1$ , м	$R$ , м	$l_1$ , м	Переріз стяжка
0	1,5	20	4,5	1,3	1,3	2,5	C
1	1,2	30	3,5	1,0	1,2	2,2	I
2	2,1	35	3,0	0,8	1,0	1,8	L
3	1,9	25	3,6	0,6	1,1	2,0	L
4	1,6	30	3,5	0,5	0,9	1,9	I
5	1,8	40	2,8	0,7	0,8	2,0	C
6	1,4	25	4,0	1,1	1,1	3,0	L
7	2,0	20	3,8	0,9	1,0	2,5	L
8	1,7	40	2,6	0,5	0,6	2,1	C
9	1,3	25	4,0	1,2	1,3	2,4	I

## Зміст

Загальні вказівки .....	3
Задача 1. Розрахунок стрижневої системи на розтягнення-стиснення .....	4
Задача 2. Розрахунок вала на кручення .....	6
Задача 3. Розрахунок на міцність та жорсткість балок при згинанні .....	9
Задача 4. Розрахунок статично невизначених систем методом сил .....	14
А. Розтягнення - стиснення .....	14
Б. Кручення .....	17
В. Згинання .....	19
Задача 5. Складний опір .....	22
Задача 6. Розрахунок тонкостінної посудини на опорах .....	24
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	27

$$S_{11} Y_1 + A_{17} + A_p = 0$$