

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра будівельної механіки та гідравліки

РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТУВАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

з дисциплін
«ОПР МАТЕРІАЛІВ» та
«БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА ЗАЛІЗНИЧНОГО
РУХОМОГО СКЛАДУ»

Харків – 2015

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельної механіки та гідравліки 11 березня 2014 р., протокол № 5.

Розрахунково-проектувальні завдання складено на основі типової програми з дисциплін «Опір матеріалів» та «Будівельна механіка залізничного рухомого складу» для студентів механічних спеціальностей транспортних вишів. Завдання наведено відповідно до робочої програми з опору матеріалів для студентів спеціальності «Локомотиви та локомотивне господарство» денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

доц. М.А. Веревічева,
асист. Д.Г. Петренко

Рецензент

проф. А.П. Фалендиш

РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТУВАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

з дисциплін
«ОПІР МАТЕРІАЛІВ» та
«БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА ЗАЛІЗНИЧНОГО
РУХОМОГО СКЛАДУ»

Відповідальний за випуск Веревічева. М.А.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 15.04.14 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 5,0. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
Частина 1. Опір матеріалів	5
Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 1. Побудова епюр внутрішніх силових факторів у брусах різного обрису з контролем розв'язання на ЕОМ.	
Розрахунки на розтягання і стискання	5
Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 2. Визначення геометричних характеристик плоских перерізів. Розрахунок на міцність і визначення переміщень у балках при згинанні з контролем розв'язання на ЕОМ	24
Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 3. Розрахунок тонкостінного стержня відкритого профілю з використанням ЕОМ	31
Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 4. Розрахунки на складний опір та стійкість з контролем розв'язання на ЕОМ	34
Частина 2. Будівельна механіка	46
Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 1. Розрахунок плоскої статично невизначної рами	46
Задача 1. Розрахунок плоскої статично невизначної рами методом сил	46
Задача 2. Розрахунок плоскої статично невизначної рами методом переміщень методом переміщень	49
Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 2. Розрахунок пластин (тонких плит)	52
Список літератури	57

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для самостійної роботи студентів спеціальності «Локомотиви та локомотивне господарство» денної і заочної (повної та прискореної) форм навчання. До складу методичних вказівок входять завдання для всіх розрахунково-проектувальних та контрольних робіт, які виконують студенти цієї спеціальності в межах вивчення курсу «Опір матеріалів» згідно з робочими програмами для студентів механічних спеціальностей. Зміст та наповнення розрахунково-графічних робіт прийняті згідно з планом підготовки студентів відповідного напрямку.

Частина 1

ОПІР МАТЕРІАЛІВ

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 1

**Побудова епюр внутрішніх силових факторів у брусах різного обрису з контролем розв'язання на ЕОМ.
Розрахунки на розтягання і стискання**

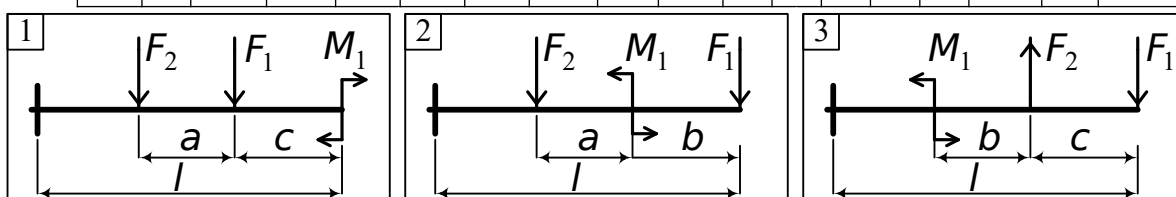
ЗАДАЧА 1

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 1) і розрахункових схем балок і рам (рисунки 1 – 10) визначити опорні реакції і виписати вирази для внутрішніх силових факторів на всіх характерних ділянках.

За результатами виконаних розрахунків побудувати епюри діючих силових факторів – поперечних сил Q , поздовжніх сил N , згинальних моментів M і крутних моментів M_K .

Таблиця 1 – Вихідні дані

Ва-ріант	F_1	F_2	F_3	F_4	M_1	M_2	M_3	M_4	q	l	h	a	b	c	d	R	α
	кН				кНм				$\frac{\text{кН}}{\text{м}}$	м							
1	6	14	24	32	8	25	112	95	5	10	6	4	2	1	0,2	2	30°
2	7	12	25	38	10	38	115	87	6	9	8	6	1	2	0,1	3	45°
3	5	16	22	36	14	26	106	94	8	10	9	5	3	1	0,2	4	60°
4	8	18	26	40	10	22	110	98	7	8	7	4	2	2	0,1	3	45°
5	10	14	28	34	12	35	108	85	9	8	6	5	1	1	0,2	2	30°
6	5	16	24	38	8	40	122	90	6	7	8	3	2	2	0,1	3	60°
7	6	15	22	32	10	24	110	96	7	9	7	4	3	1	0,2	4	30°
8	10	18	25	36	15	38	115	92	5	10	8	5	2	2	0,1	2	45°
9	7	20	28	40	12	40	118	90	9	8	6	3	3	1	0,2	4	60°
10	8	12	30	34	14	35	116	95	8	9	9	4	3	2	0,1	3	45°



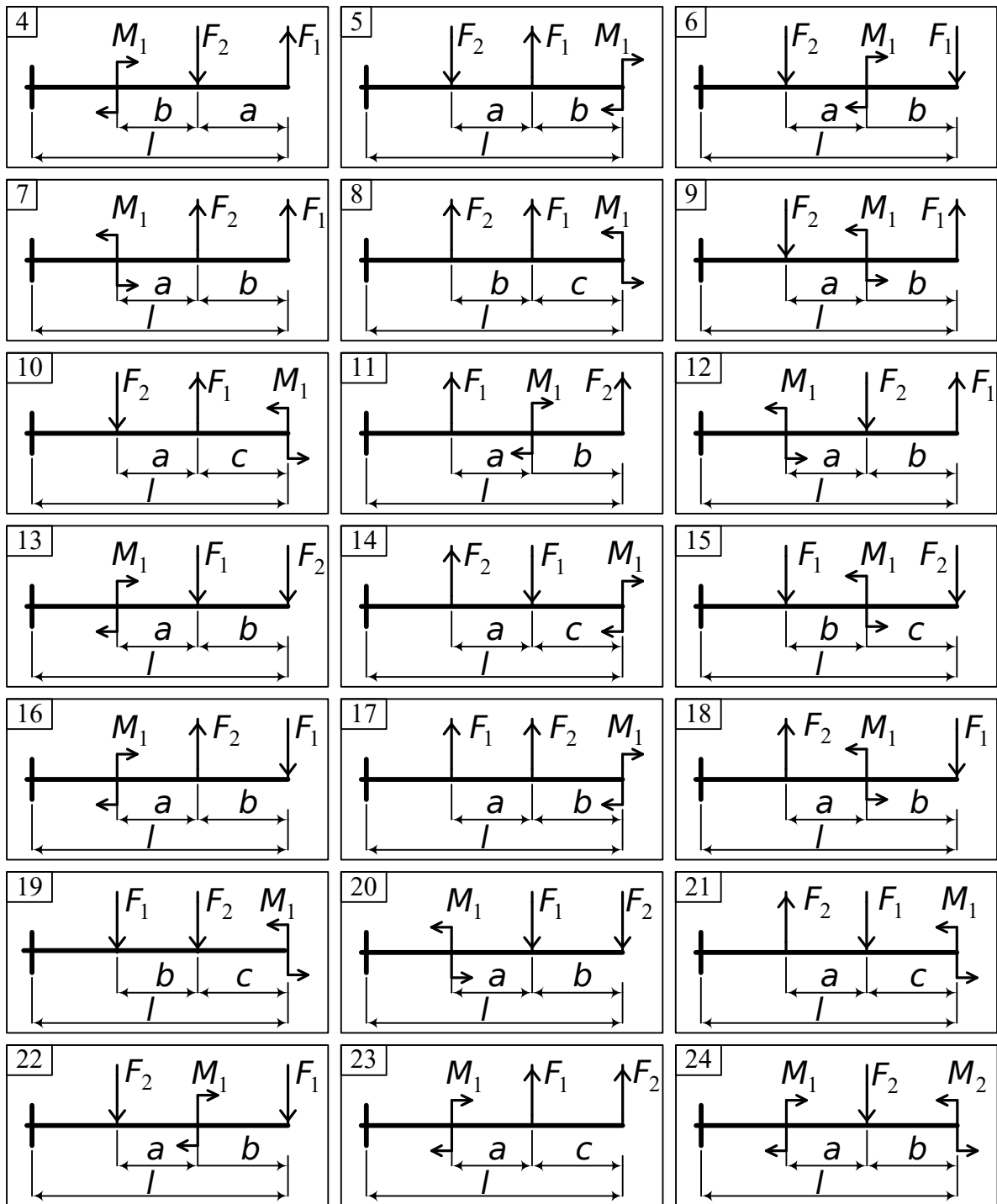
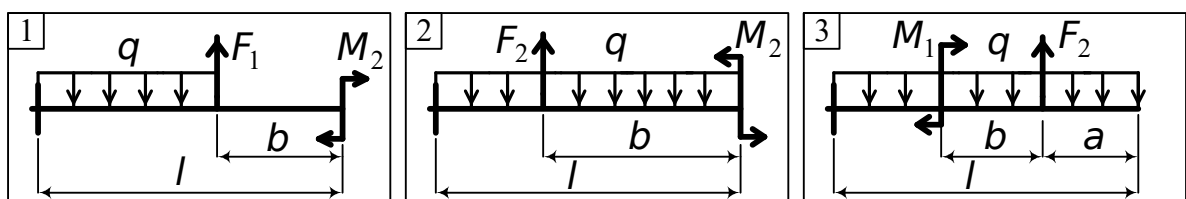


Рисунок 1 – Розрахункові схеми консольних балок без розподіленого навантаження



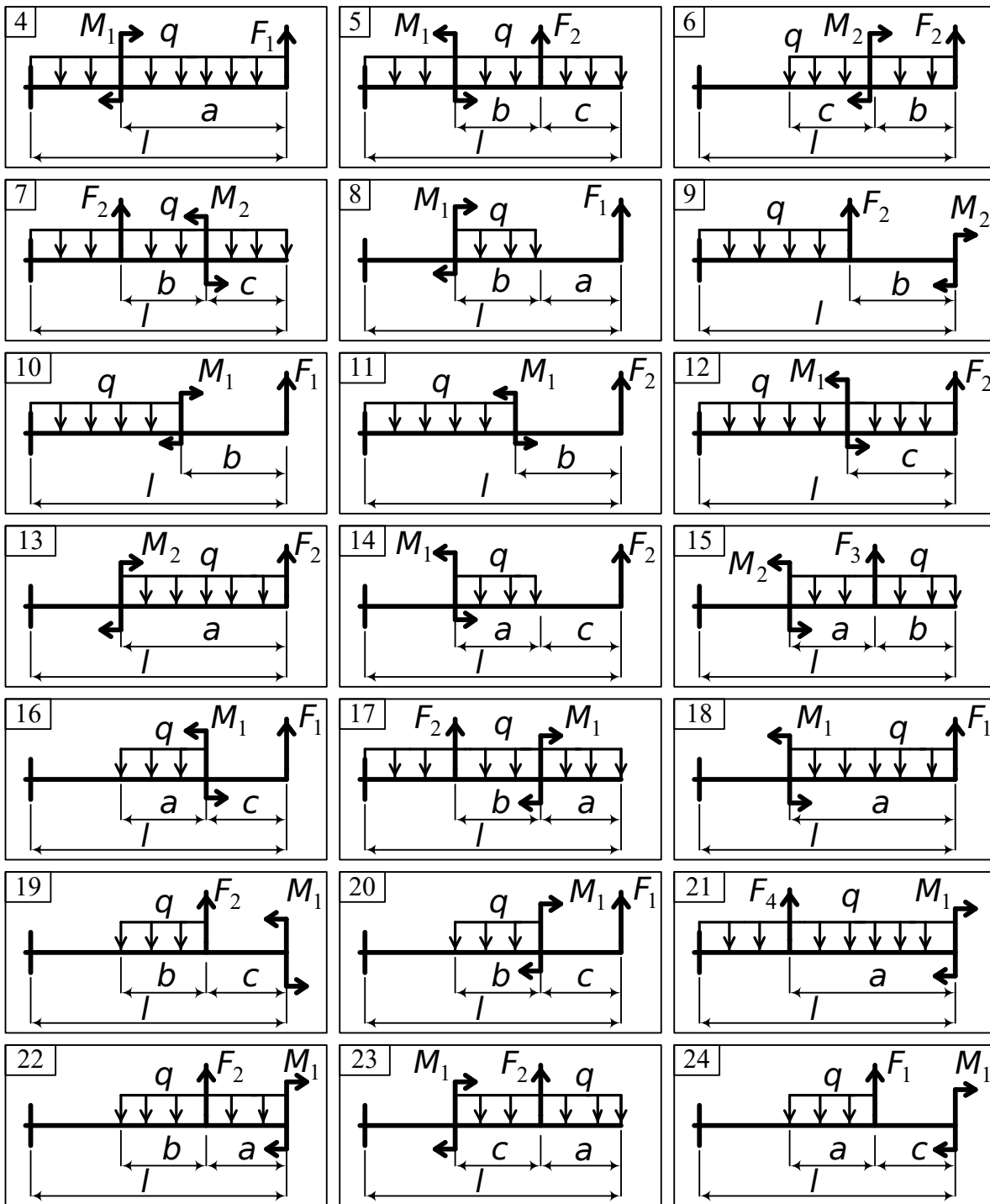
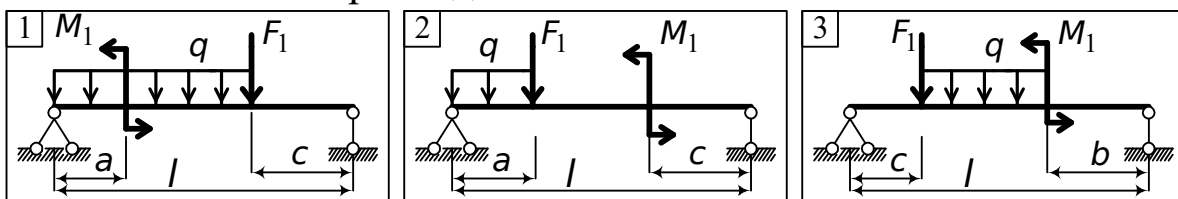


Рисунок 2 – Розрахункові схеми консольних балок з розподіленим навантаженням



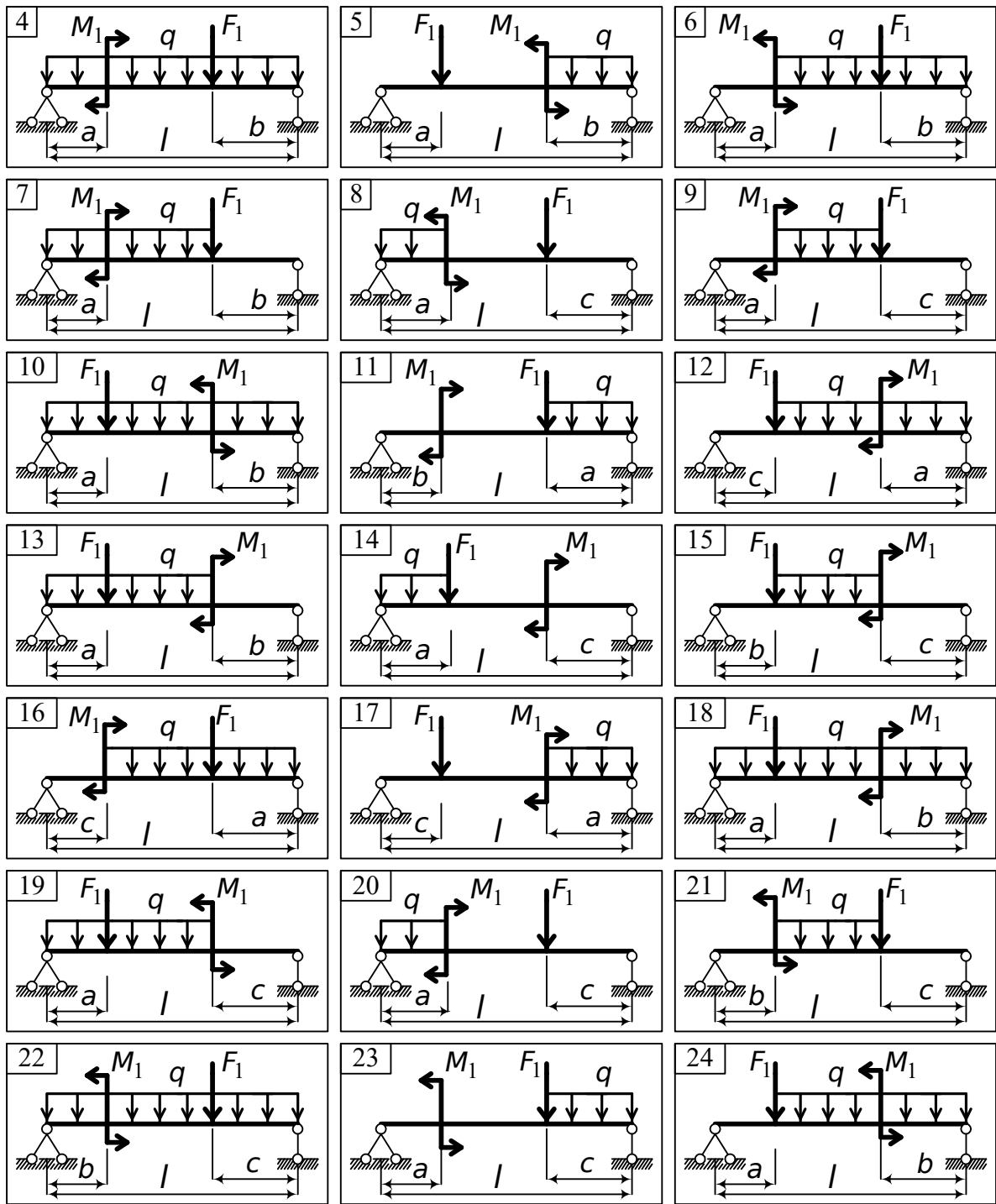


Рисунок 3 – Розрахункові схеми балок на шарнірних опорах

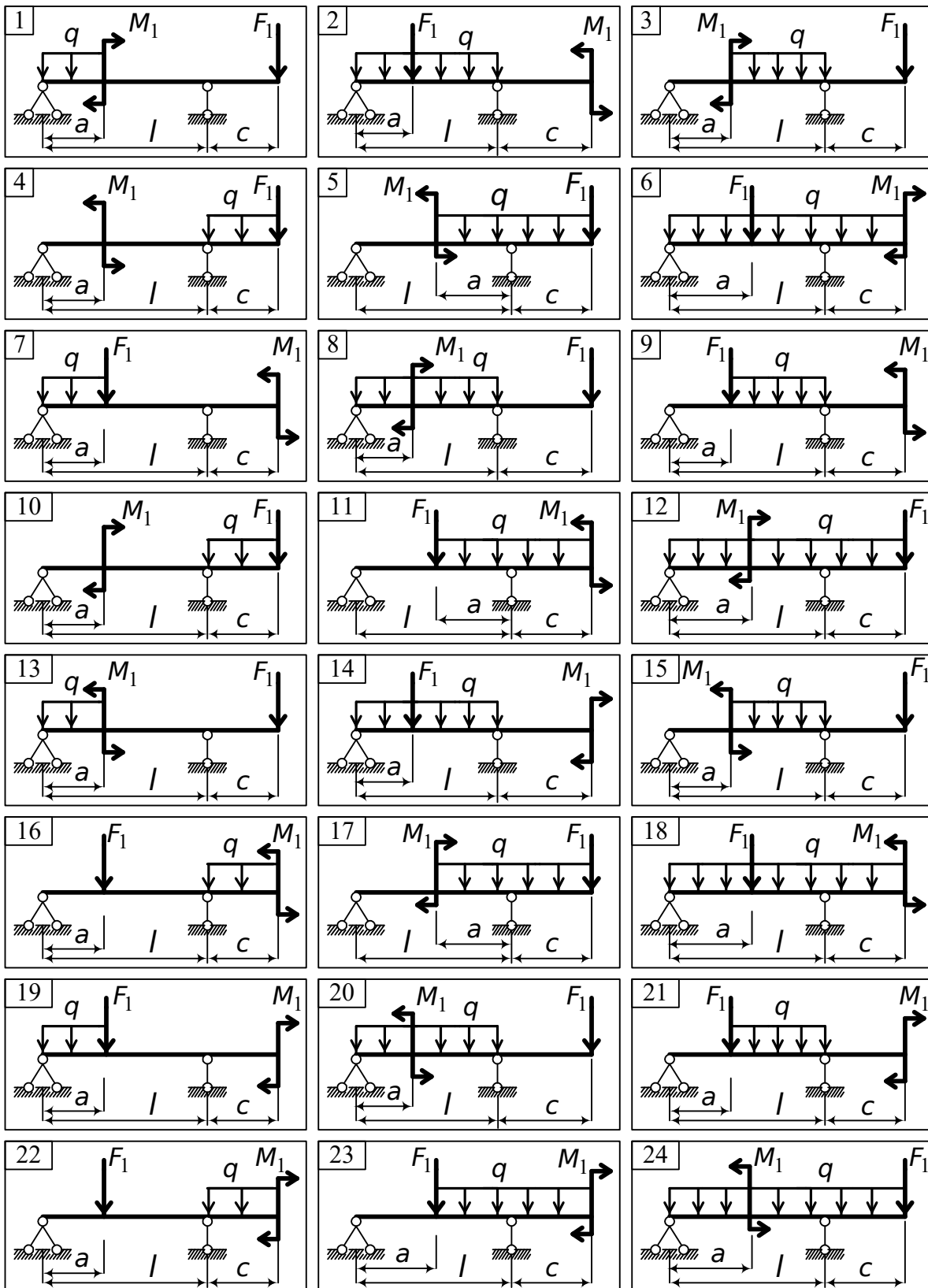


Рисунок 4 – Розрахункові схеми балок на шарнірних опорах з вільною консоллю

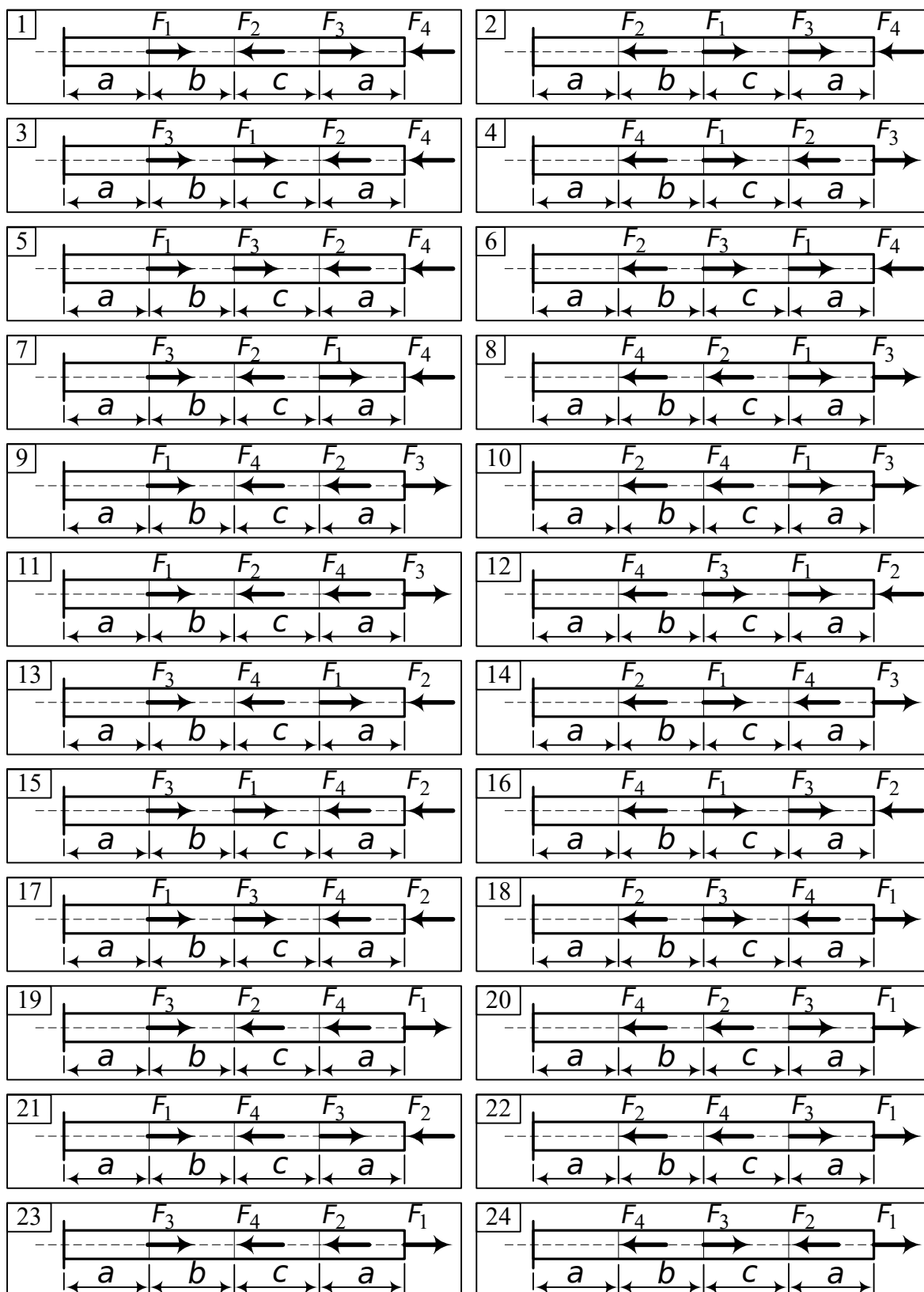


Рисунок 5 – Розрахункові схеми брусів

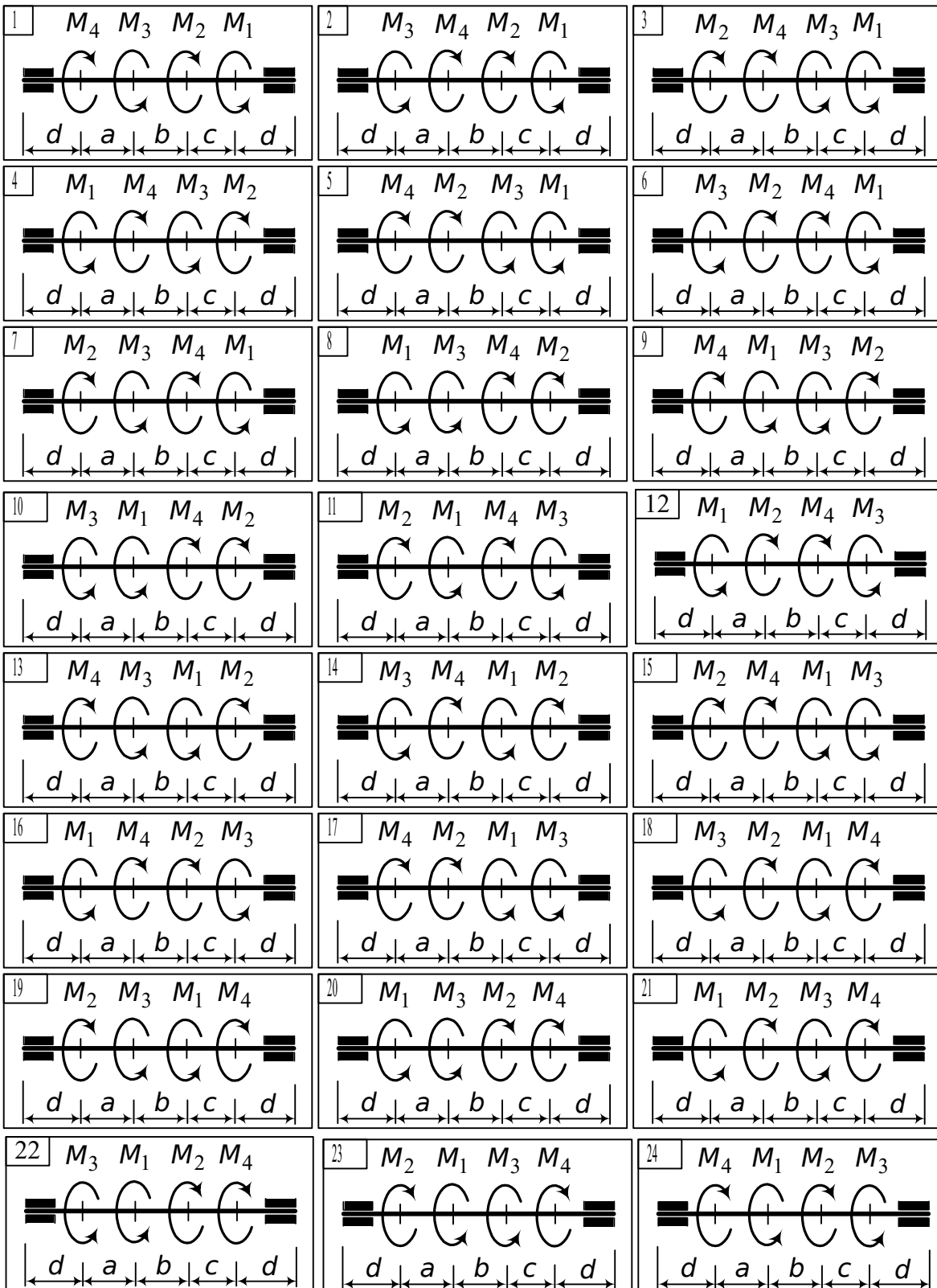
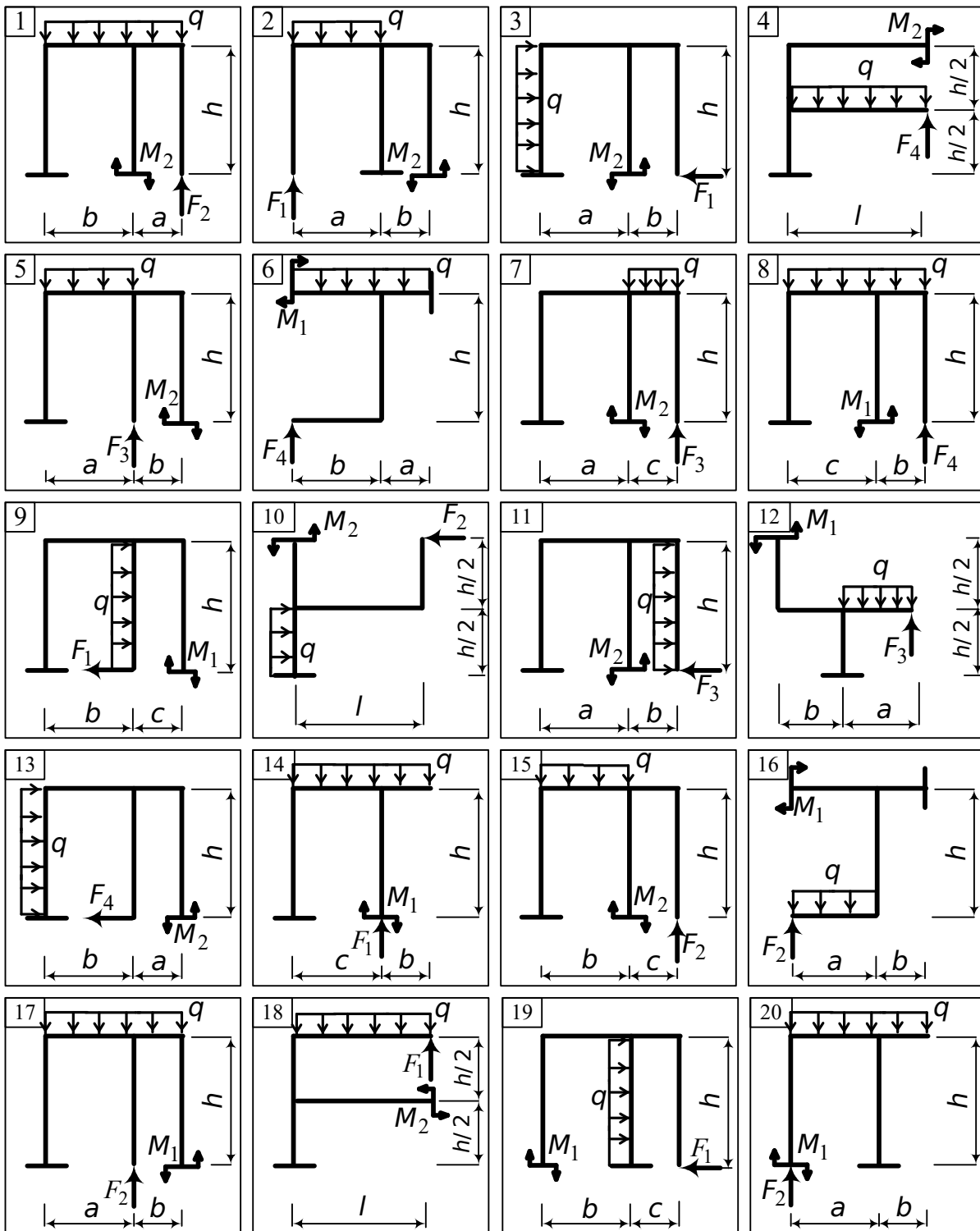


Рисунок 6 – Розрахункові схеми валів



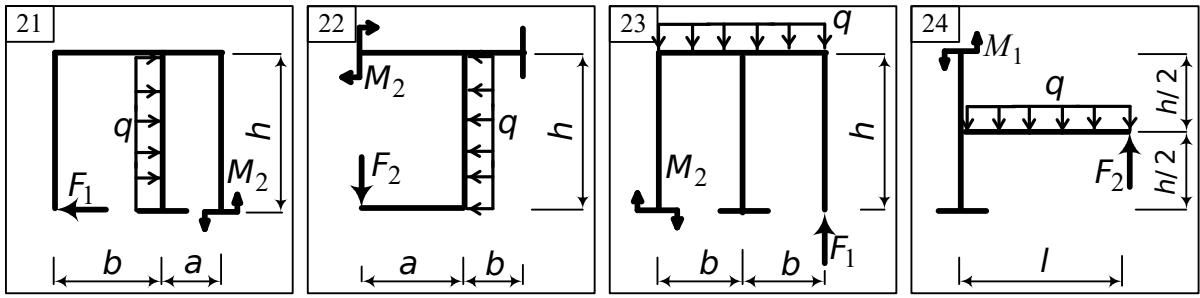
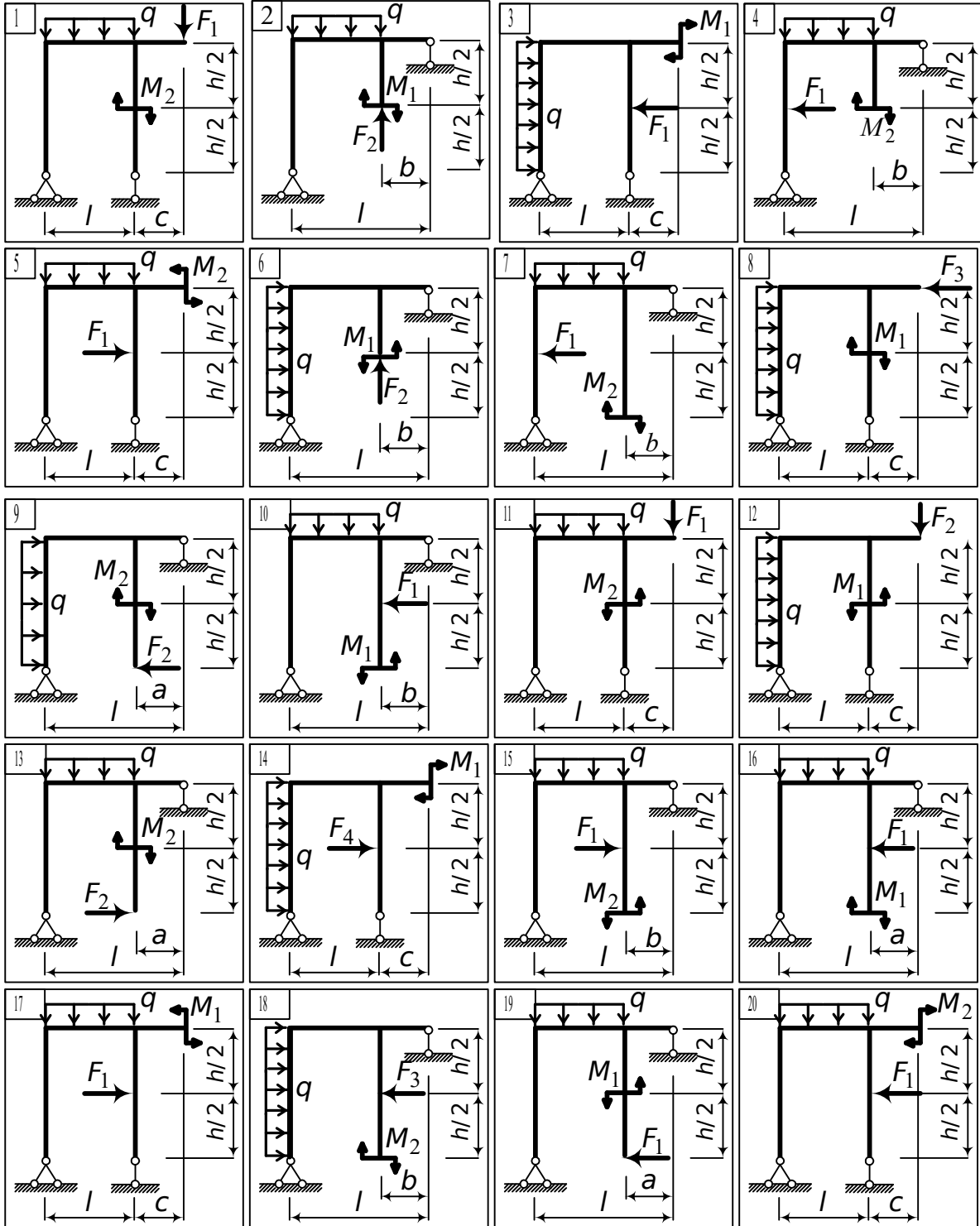


Рисунок 7 – Розрахункові схеми рам із защемленням



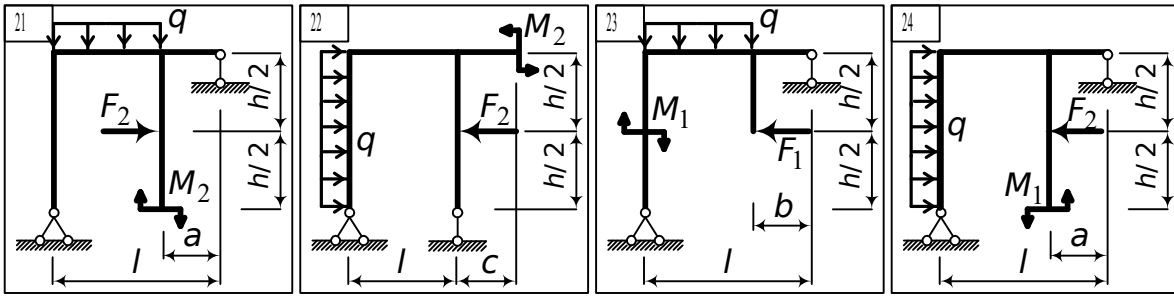
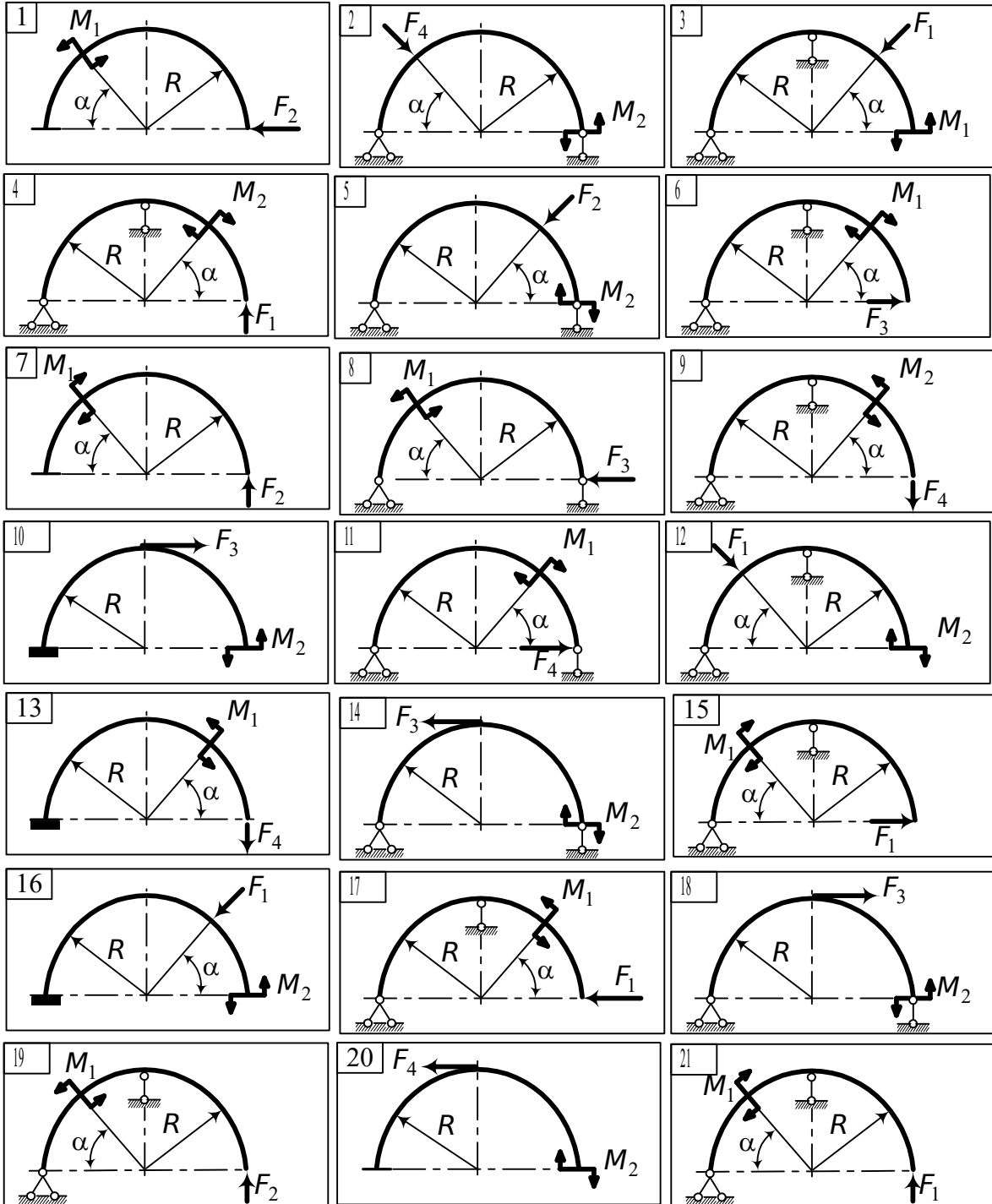


Рисунок 8 – Розрахункові схеми рам з шарнірними опорами



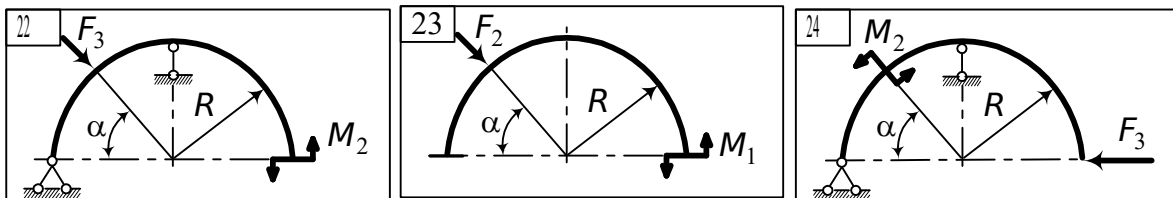
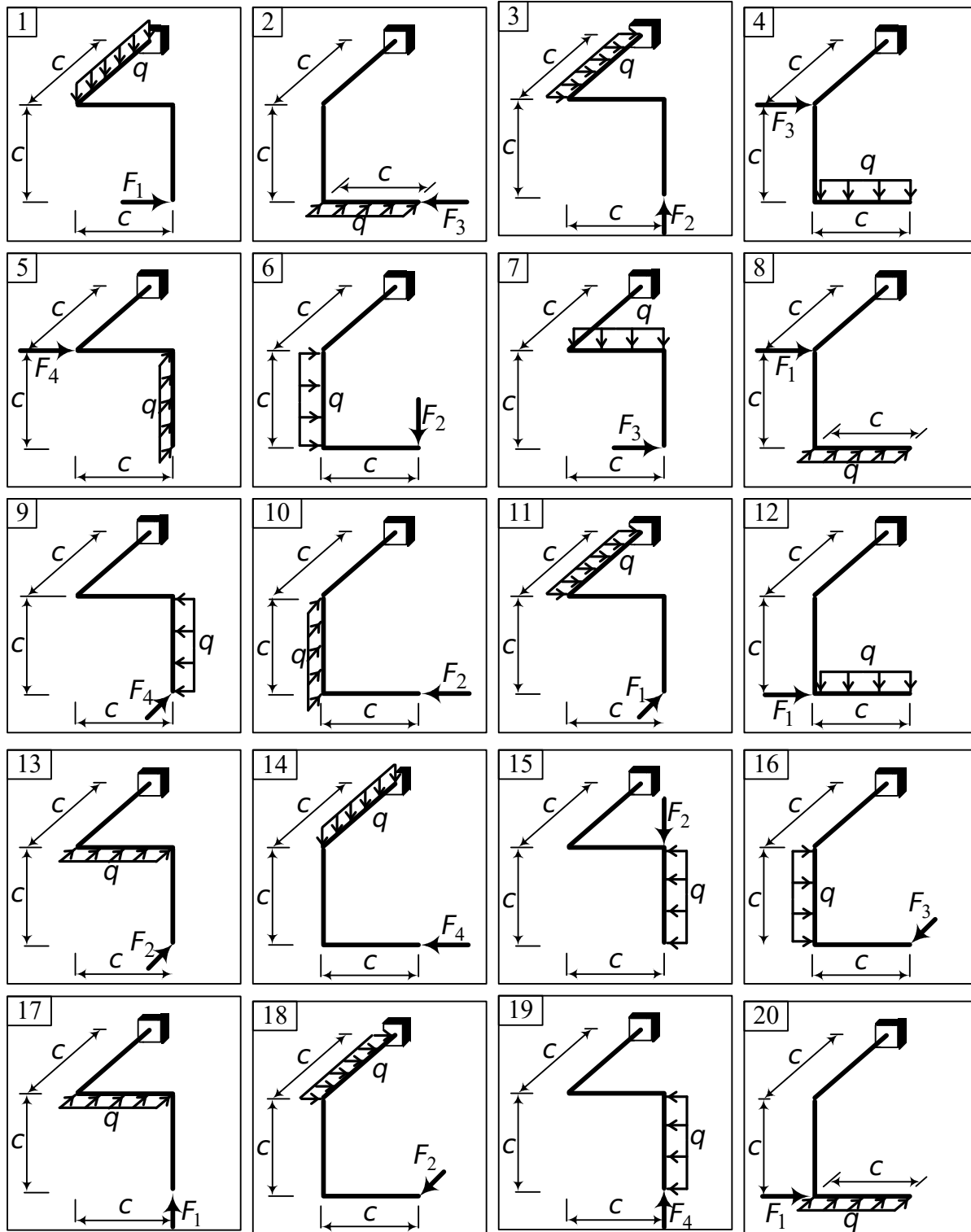


Рисунок 9 – Розрахункові схеми кривих стержнів



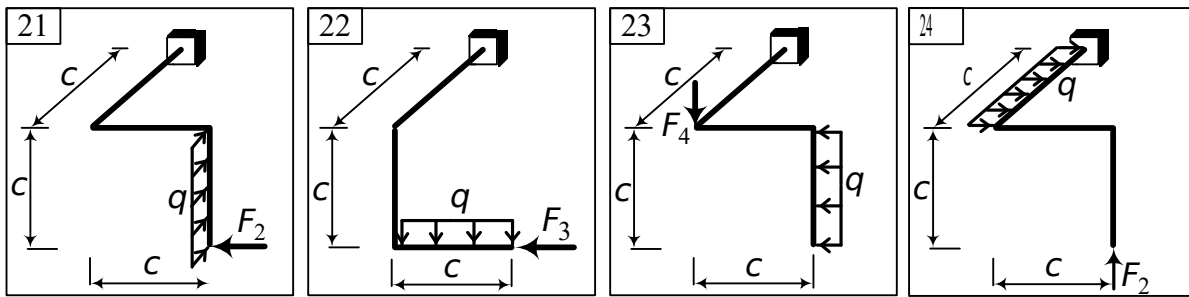


Рисунок 10 – Розрахункові схеми просторових рам (самостійна робота)
ЗАДАЧА 2

Дано розрахункову схему стержневої системи, яка являє собою шарнірно з'єднані сталеві стержні або шарнірно закріплену на сталевих стержнях абсолютно жорстку балку (рисунок 11). До системи прикладене навантаження. Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 2) потрібно з умови міцності при розтяганні визначити діаметри перерізів сталевих стержнів d . Допустиме напруження $[\sigma] = 160$ МПа.

Таблиця 2 – Вихідні дані

Варі- ант	F_1	F_2	F_3	q	a	b	l	h	$\alpha, ^\circ$
	кН			кН/м	м				
1	110	200	15	230	1,5	0,1	2,5	1,0	20
2	100	190	20	220	1,4	0,3	2,3	1,5	15
3	120	180	18	200	1,2	0,2	2,0	1,4	10
4	100	220	16	210	1,4	0,3	2,4	1,2	20
5	110	210	20	230	1,6	0,2	2,2	1,1	15
6	120	200	15	220	1,4	0,1	2,0	1,0	20
7	100	190	18	200	1,5	0,2	2,3	1,5	15
8	110	180	20	210	1,4	0,3	2,5	1,3	10
9	120	220	16	200	1,3	0,1	2,4	1,4	20
10	100	210	18	210	1,4	0,2	2,2	1,5	15

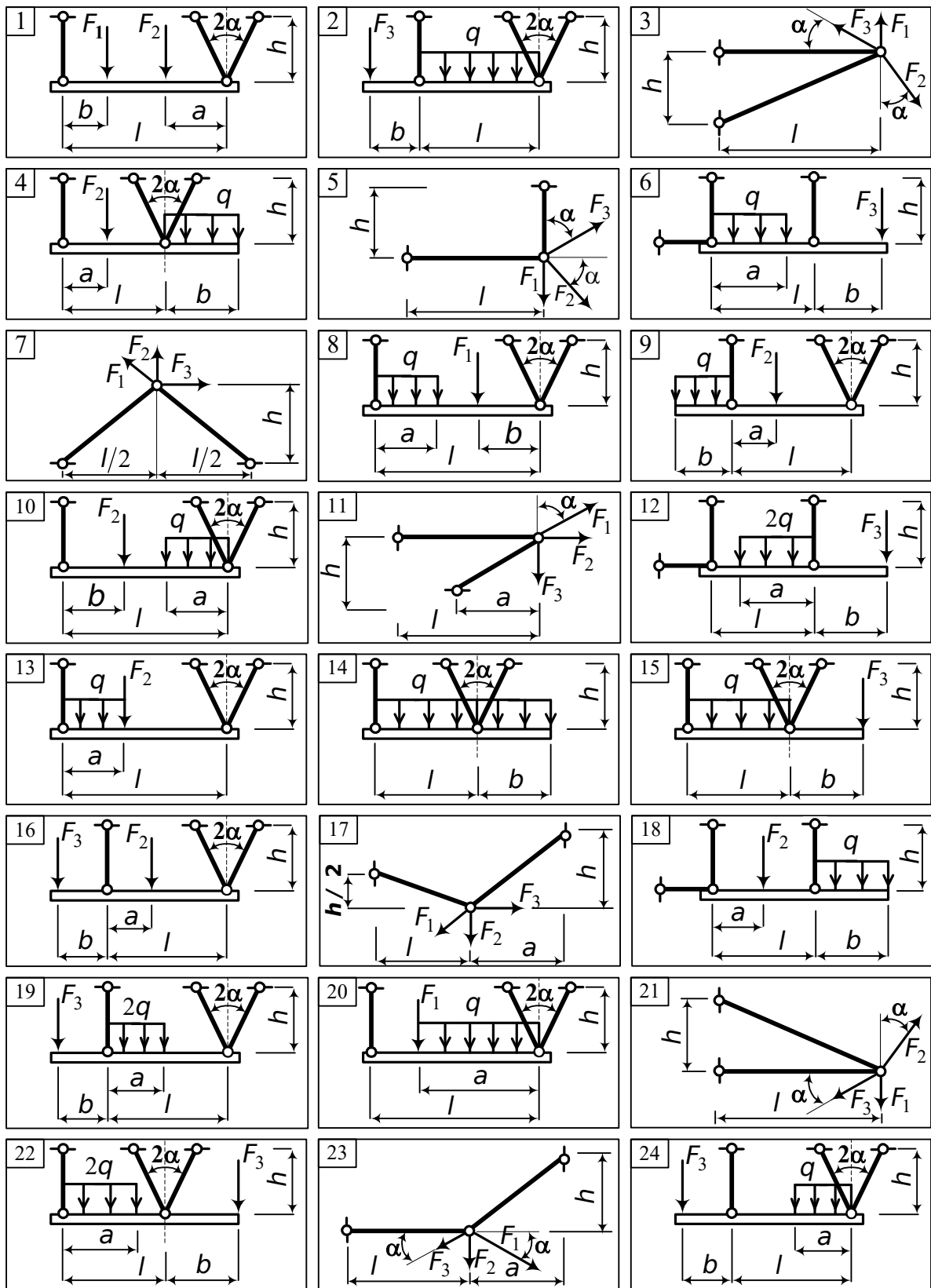


Рисунок 11 – Розрахункові схеми стержневих систем

ЗАДАЧА 3

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 3) і розрахункової схеми сталевого східчастого бруса (рисунок 12) з урахуванням його власної ваги і діючих навантажень побудувати епюри поздовжніх зусиль і нормальних напружень. Порівняти отримані напруження з допустимими, які дорівнюють $[\sigma] = 160$ МПа, і зробити висновок про міцність бруса.

З урахуванням власної ваги бруса обчислити переміщення його вільного кінця, прийнявши $\gamma = 80 \text{ кН/м}^3$ і $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Таблиця 3 – Вихідні дані

Ва- рі- ант	F_1	F_2	F_3	A_1	A_2	a	b	c
	кН			10^{-2} м^2		м		
1	20	36	52	0,2	0,5	0,5	0,7	0,3
2	22	40	58	0,1	0,3	0,4	0,6	0,3
3	26	42	52	0,2	0,4	0,6	0,5	0,4
4	28	38	56	0,3	0,6	0,3	0,6	0,4
5	24	34	54	0,1	0,5	0,5	0,8	0,5
6	20	32	50	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6
7	26	44	58	0,3	0,5	0,4	0,3	0,6
8	22	38	60	0,2	0,3	0,5	0,6	0,4
9	24	42	54	0,3	0,4	0,7	0,7	0,6
10	28	40	52	0,1	0,4	0,5	0,4	0,4

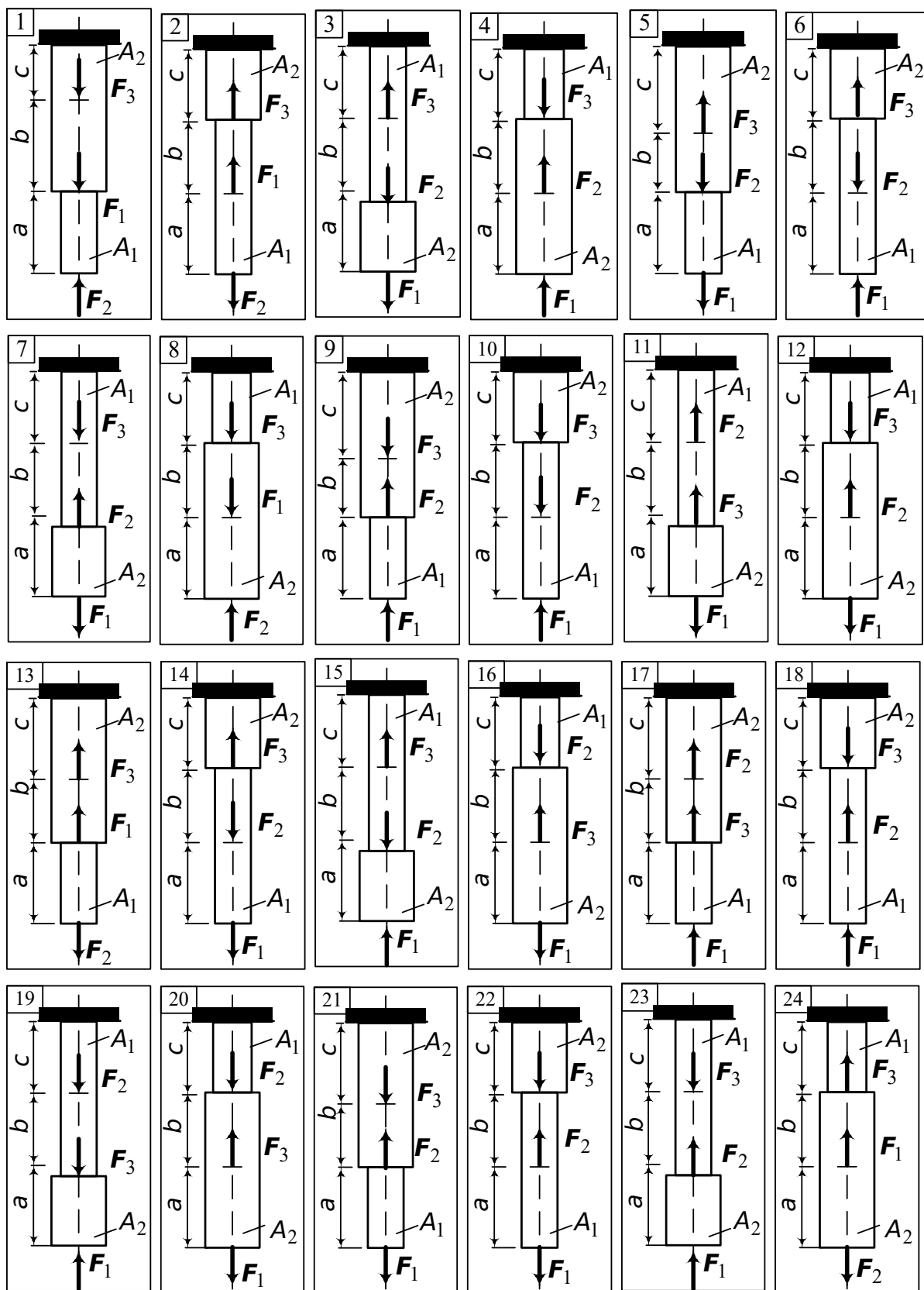


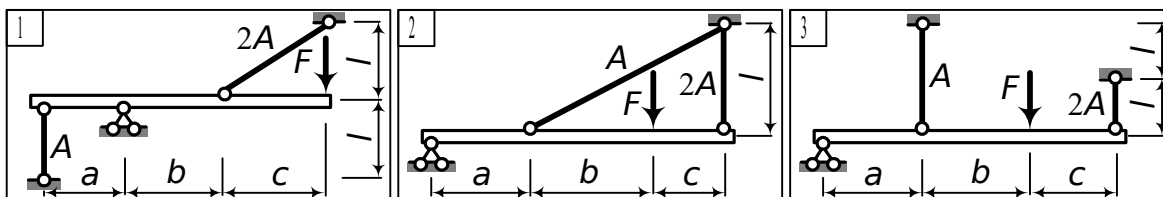
Рисунок 12 – Розрахункові схеми східчастого бруса

ЗАДАЧА 4

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 4) і розрахункової схеми статично невизначної стержневої системи (рисунок 13), вважаючи балку абсолютно жорсткою, потрібно з умови міцності при розтяганні визначити площі A поперечних перерізів сталевих стержнів, якщо допустиме напруження $[\sigma] = 160$ МПа, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Таблиця 4 – Вихідні дані

Варі- ант	F	a	b	c	l
	кН	м			
1	200	0,1	0,5	1,2	1,0
2	180	0,8	0,8	1,0	1,5
3	160	1,0	1,1	0,5	1,2
4	100	0,6	0,7	1,3	1,0
5	120	0,5	1,5	0,5	1,5
6	150	0,6	0,6	2,0	2,0
7	170	0,7	0,9	1,1	1,2
8	120	0,8	0,7	1,5	1,4
9	150	0,9	1,1	1,0	1,0
10	220	1,0	0,9	1,4	1,4



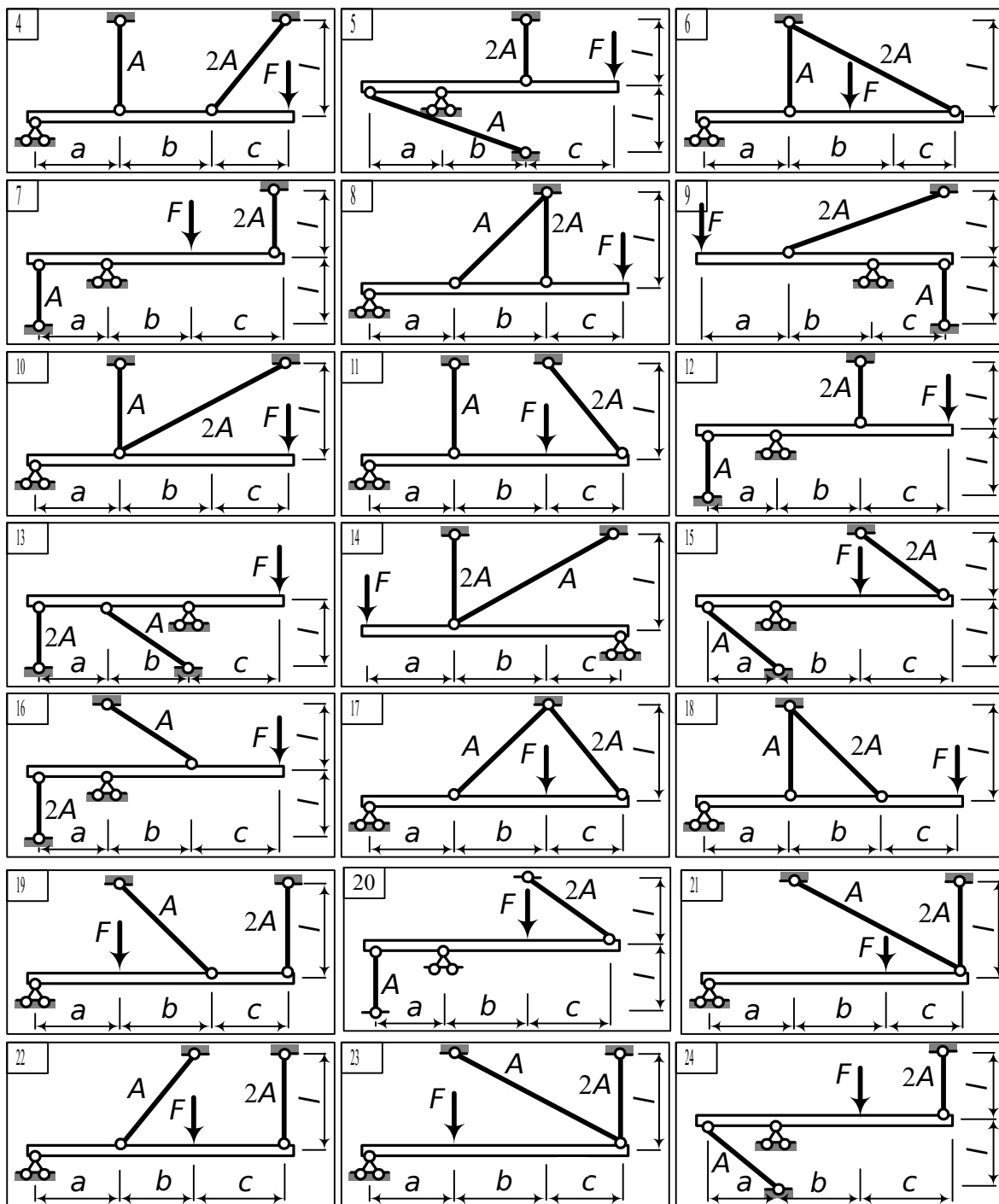


Рисунок 13 – Розрахункові схеми статично невизначних стержневих систем

ЗАДАЧА 5

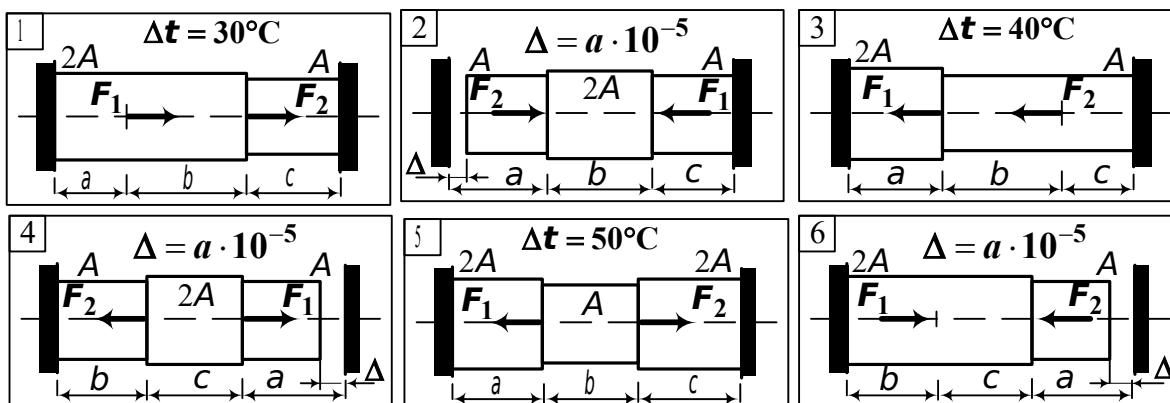
Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 5) і розрахункової схеми статично невизначної системи (рисунок 14)

побудувати епюри поздовжніх сил та нормальних напружень і перевірити міцність усіх ступенів чавунного бруса, якщо допустимі напруження для матеріалу бруса при розтяганні $[\sigma]_p = 60$ МПа і при стиску $[\sigma]_c = 120$ МПа; $E = 1,2 \cdot 10^8$ кН/м².

Температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу бруса прийняти рівним $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$.

Таблиця 5 – Вихідні дані

Варі- ант	F_1	F_2	A	a	b	C
	кН		10^{-4} м ²	М		
1	350	100	25	0,5	0,4	0,6
2	400	100	30	0,4	0,6	0,5
3	300	150	35	0,6	0,4	0,5
4	350	150	40	0,6	0,5	0,4
5	300	200	35	0,4	0,5	0,6
6	400	150	30	0,5	0,6	0,4
7	370	140	25	0,6	0,6	0,4
8	320	150	40	0,6	0,4	0,6
9	390	100	35	0,7	0,3	0,5
10	350	120	40	0,3	0,5	0,7



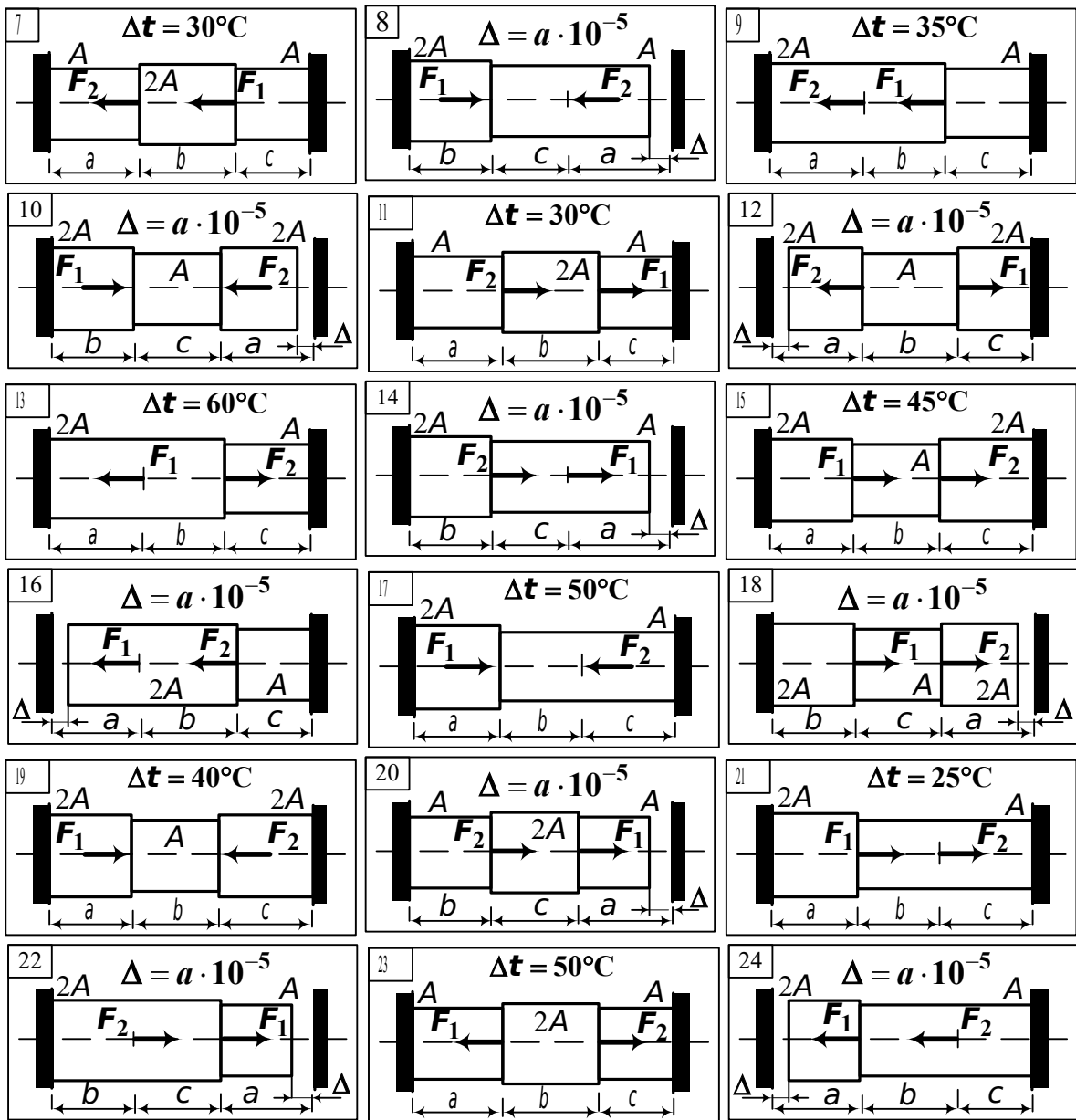


Рисунок 14 – Розрахункові схеми статично невизначених систем

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 2

Визначення геометричних характеристик плоских перерізів. Розрахунок на міцність і визначення переміщень у балках при згинанні з контролем розв'язання на ЕОМ

ЗАДАЧА 1

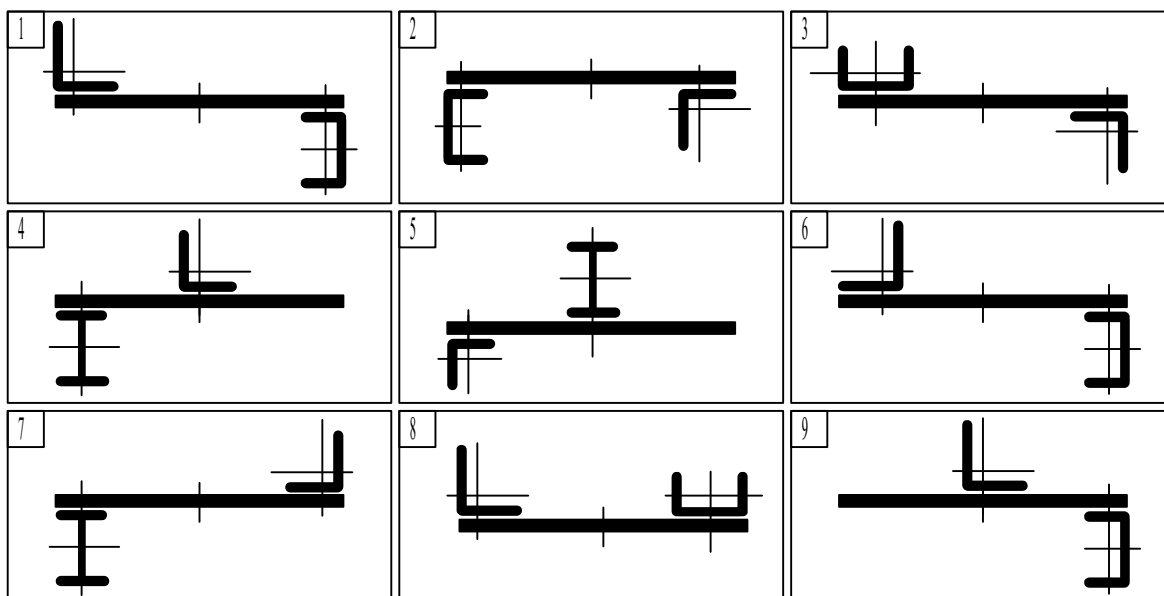
Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 6) і

розрахункової схеми плоского перерізу (рисунок 15) визначити положення центральних осей x_c, y_c та моменти $J_{x_c}, J_{y_c}, J_{x_c y_c}$; положення головних центральних осей u, v і головні моменти інерції J_u, J_v .

Примітка – Схему плоского перерізу в розрахунково-графічній роботі виконати в масштабі 1:2 і нанести на неї усі вихідні та отримані в результаті розрахунків розміри.

Таблиця 6 – Вихідні дані

Варіант	Полоса, мм	Кутник рівнобокий за ГОСТ 8509-93	Двотавр за ГОСТ 8239-89	Швелер за ГОСТ 8240-89
1	20 × 350	80 × 80 × 6	20	16
2	10 × 400	70 × 70 × 7	16	20
3	20 × 300	100 × 100 × 8	16	18
4	10 × 350	70 × 70 × 6	20	14
5	20 × 400	80 × 80 × 8	18	18
6	20 × 300	90 × 90 × 6	16	20
7	10 × 450	100 × 100 × 7	18	20
8	20 × 400	90 × 90 × 8	20	16
9	10 × 350	100 × 100 × 10	20	14
10	10 × 450	90 × 90 × 8	18	18



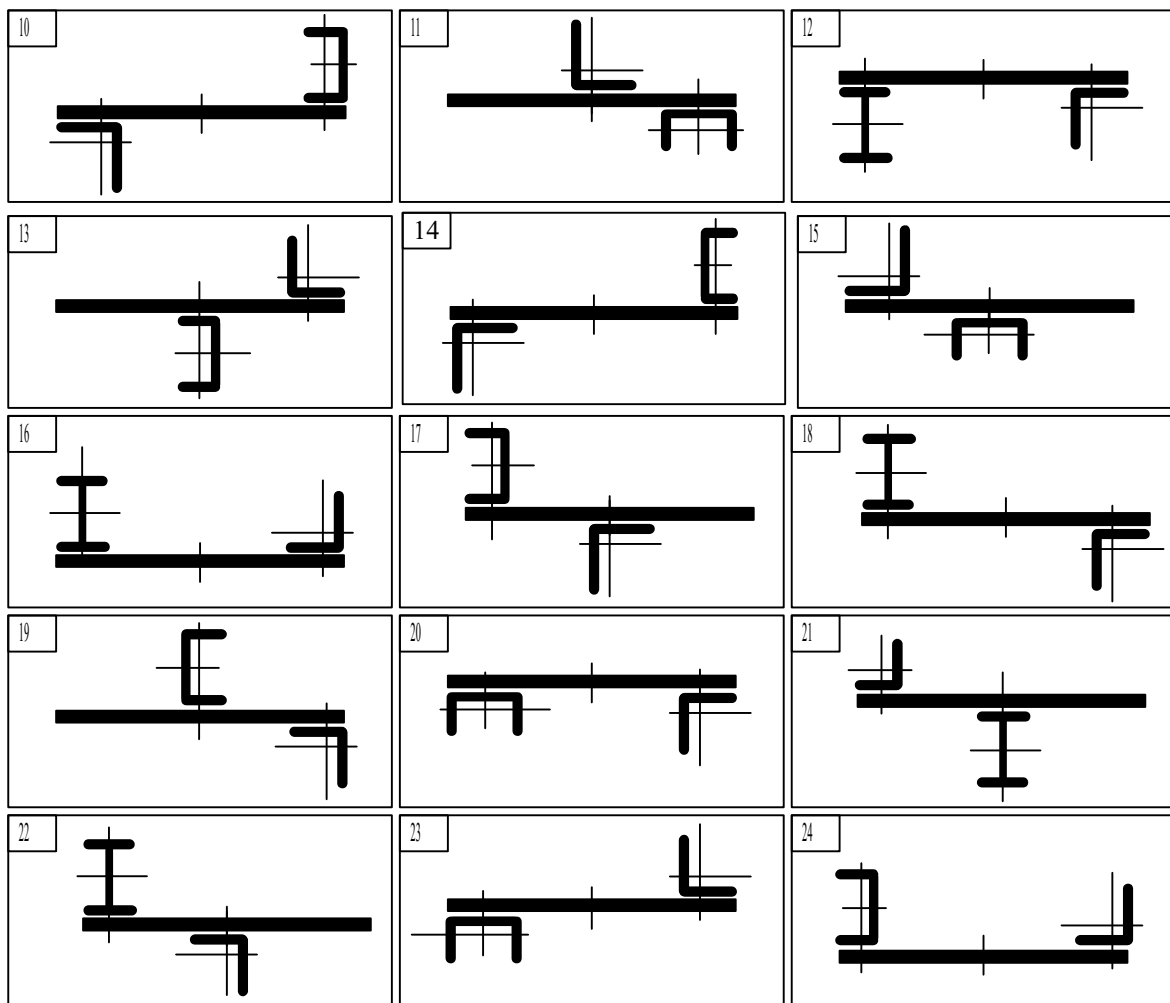


Рисунок 15 – Розрахункові схеми поперечних перерізів

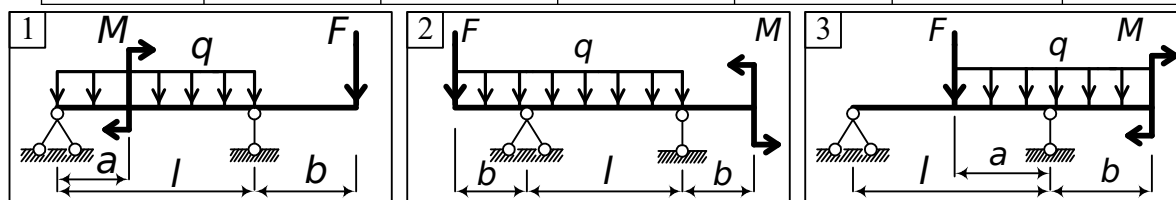
ЗАДАЧА 2

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 7) і розрахункової схеми сталеві балки (рисунок 16) з умови міцності за допустимим напруженням при згині підібрати поперечний переріз двотаврового, прямокутного (при $\frac{h}{b}=2$ і $\frac{h}{b}=0,5$), круглого і кільцевого (при $k=\frac{d}{D}=0,7$) профілів і дати порівняльну оцінку щодо їх площ; $[\sigma]=160$ МПа.

Для балки двотаврового поперечного перерізу виконати перевірку міцності за дотичними напруженнями; побудувати епюри нормальних та дотичних напружень у небезпечному перерізі та зробити повну перевірку міцності.

Таблиця 7 – Вихідні дані

Варіант	F	M	q	l	a	b
	кН	кНм	кН/м	м		
1	20	40	6	9	6	1
2	35	60	8	10	6	2
3	25	50	5	12	8	1
4	30	70	7	9	5	2
5	40	80	8	12	7	1
6	35	40	6	10	6	2
7	20	80	5	9	5	1
8	40	50	8	12	8	2
9	25	60	7	10	6	1
10	30	90	5	9	5	2



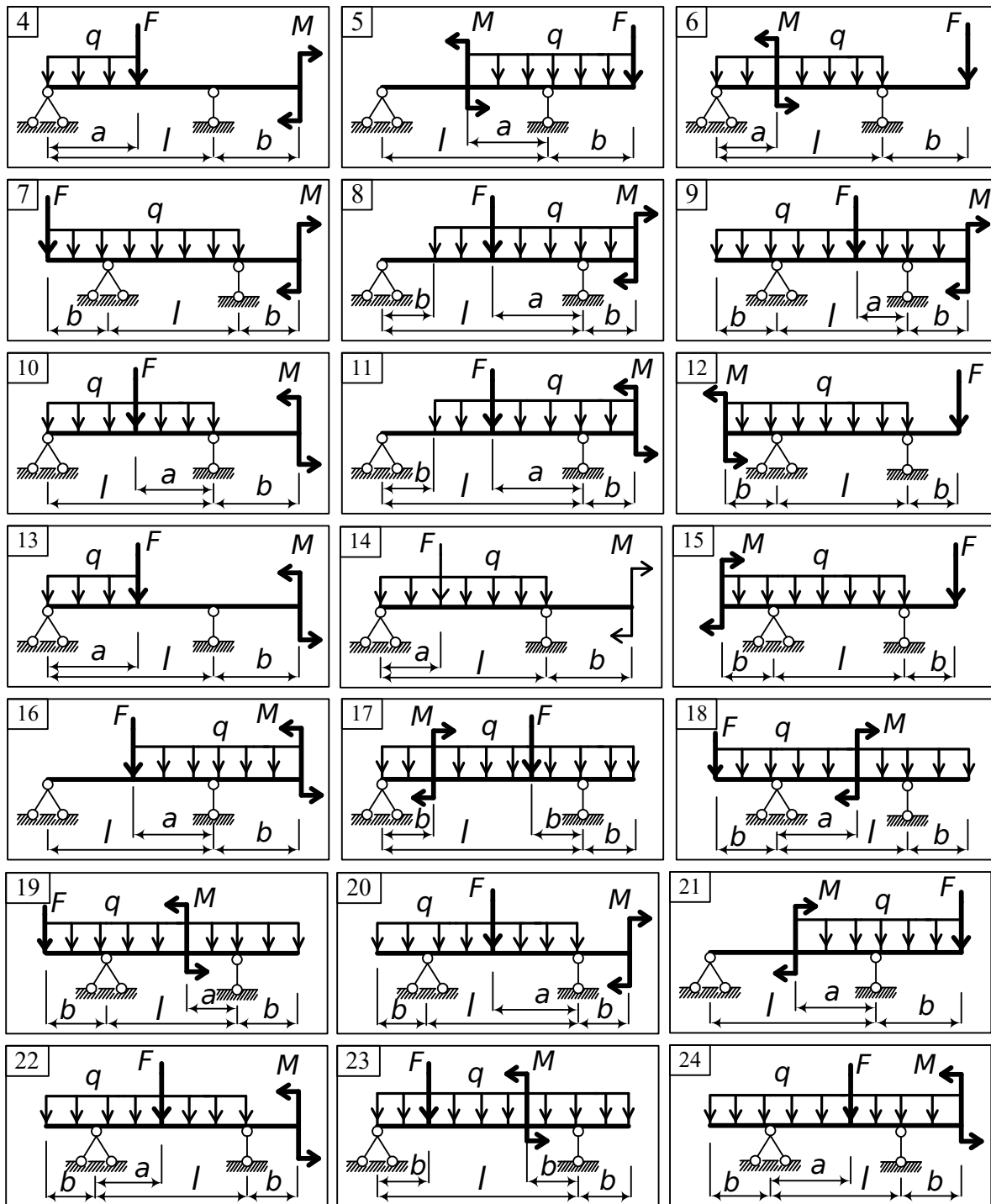


Рисунок 16 – Розрахункові схеми балок

ЗАДАЧА 3

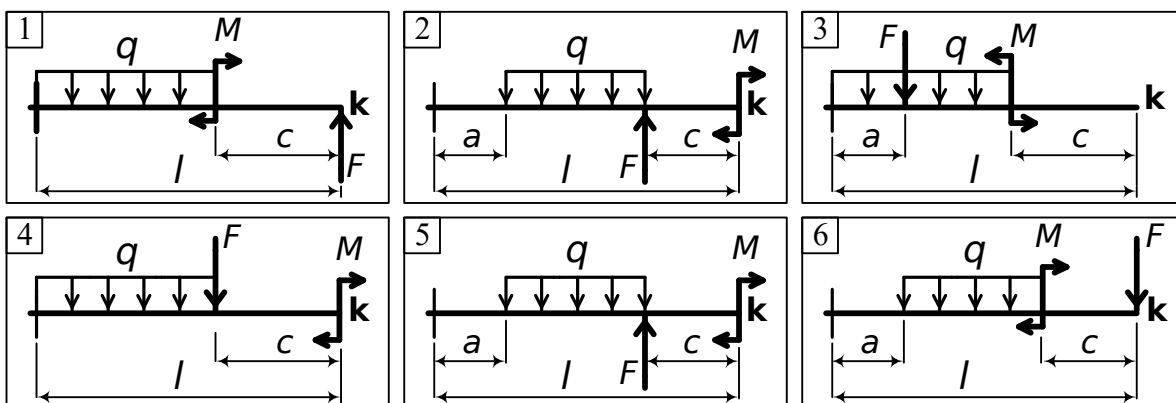
Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 8) і розрахункових схем балок (рисунок 17 і 18) визначити переміщення

(прогини і кути повороту) для перерізу k.

Жорсткість балок по всій довжині постійна ($EJ = \text{const}$).

Таблиця 8 – Вихідні дані

Варіант	F	M	q	l	a	b	c
	кН	кНм	кН/м	М			
1	15	40	4	8	3	5	2
2	20	30	6	9	4	6	1
3	25	20	8	10	4	7	2
4	30	40	4	12	4	8	2
5	25	50	5	8	3	6	1
6	15	30	6	10	4	6	1
7	20	50	8	12	3	9	2
8	30	20	5	9	3	7	1
9	30	30	6	8	4	5	1
10	25	30	8	9	3	6	2



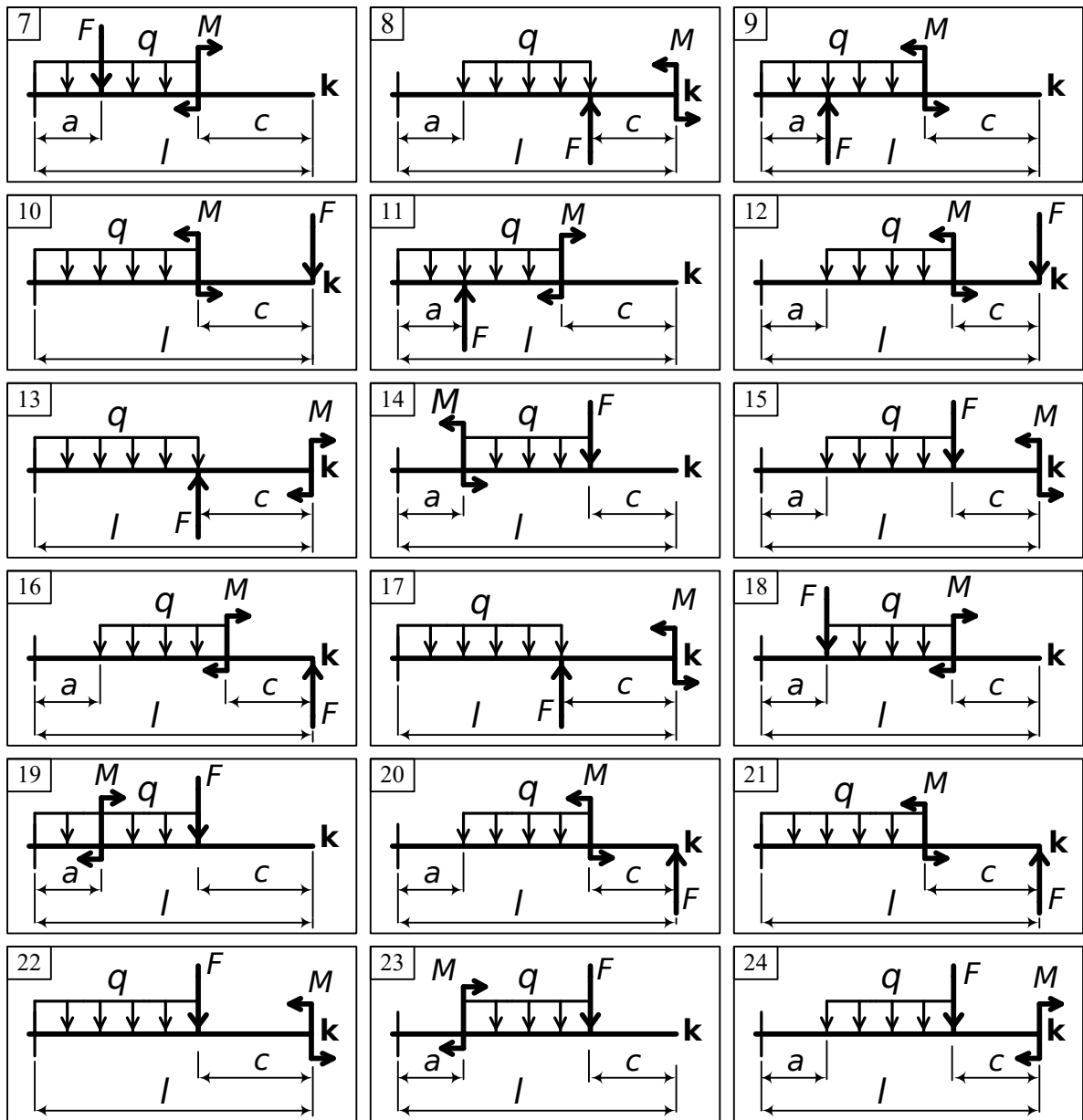
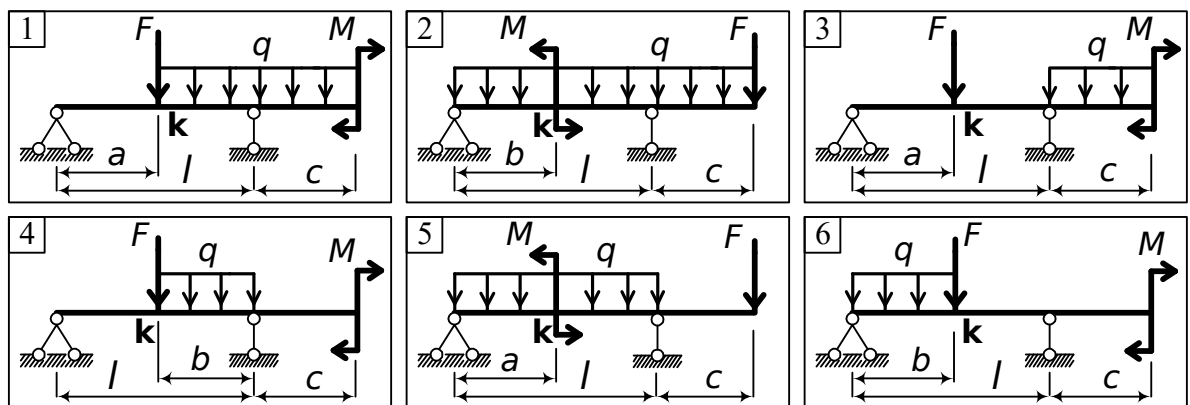


Рисунок 17 – Розрахункові схеми консольних балок



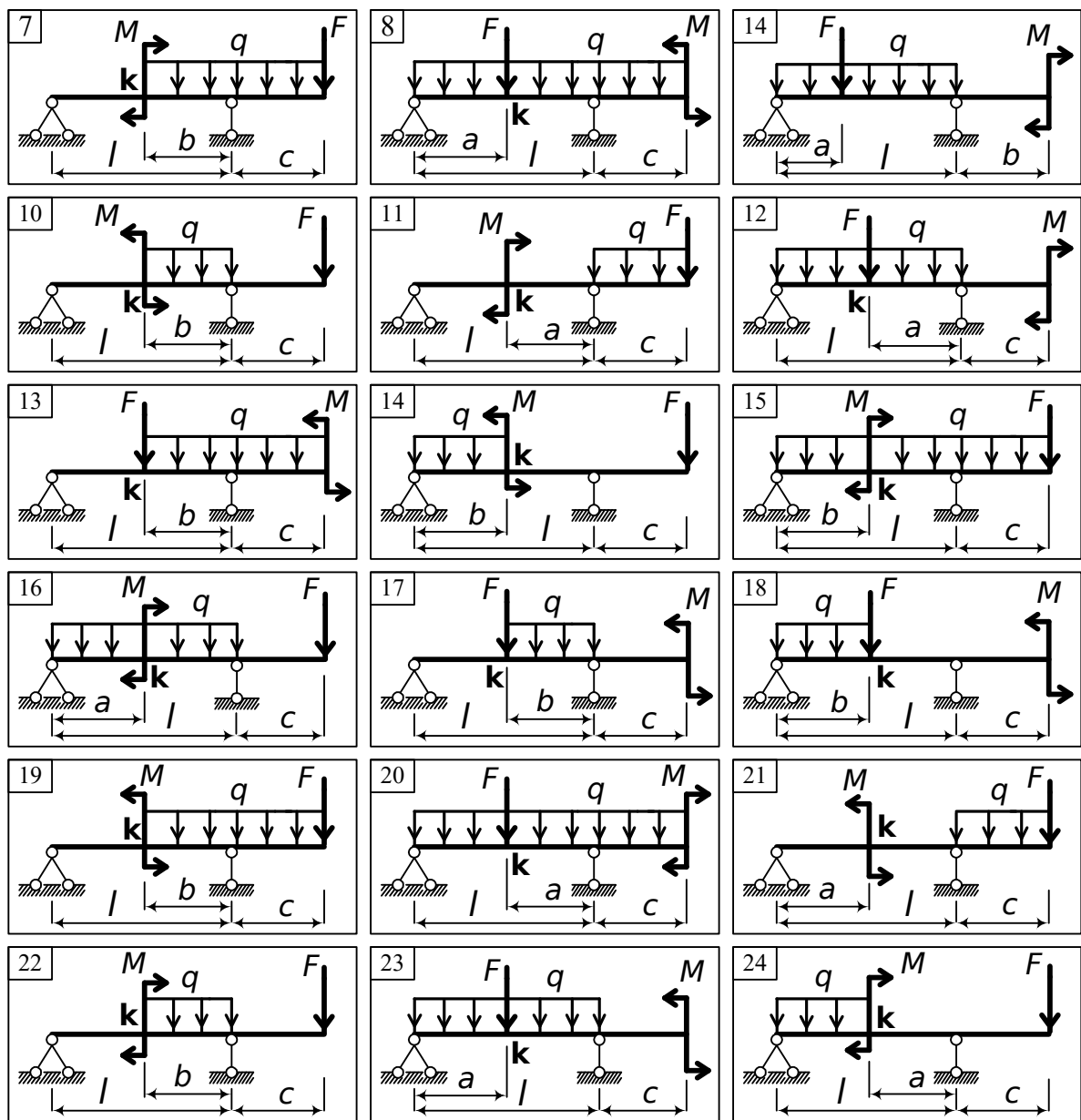


Рисунок 18 – Розрахункові схеми шарнірно обіпертих балок

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 3

Розрахунок тонкостінного стержня відкритого профілю з використанням ЕОМ

Для консольного тонкостінного стержня довжиною l (рисунок 20, таблиця 9), завантаженого на вільному кінці крутним моментом $M_{0кр} = F \cdot l$ (рисунок 19), необхідно:

1 Визначити положення центру ваги перерізу, знайти осьові моменти інерції J_y, J_z і відцентровий момент інерції J_{zy} щодо центральних осей.

2 Визначити координати a, b центру згинання.

3 Визначити секторіальний момент інерції перерізу.

4 Визначити нормальні і дотичні напруження в защемленні консольного стержня. Побудувати сумарні епюри нормальних і дотичних напружень.

Примітка – Додержуватися нумерації вузлів, яка наведена на схемах.

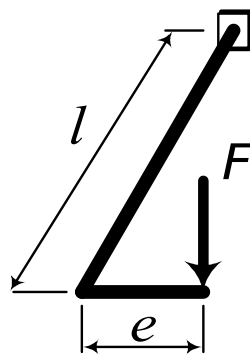


Рисунок 19 – Консольний тонкостінний стержень

Таблиця 9 – Вихідні дані

Варіант	δ	a	b	F	l	Примітки
	см			кН	м	
1	0,8	20	30	10	3	Сила F прикладається вертикально в найбільш віддаленій
2	1,0	30	40	15	4	
3	1,2	15	20	15	3	
4	0,8	20	30	10	3	

5	1,0	30	40	20	4	від центру згинання точці поперечного перерізу
6	1,2	15	20	20	3	
7	0,8	40	20	10	4	
8	1,0	30	30	15	3	
9	1,2	20	40	20	4	
10	1,4	15	30	30	3	$E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ $G = 0.81 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

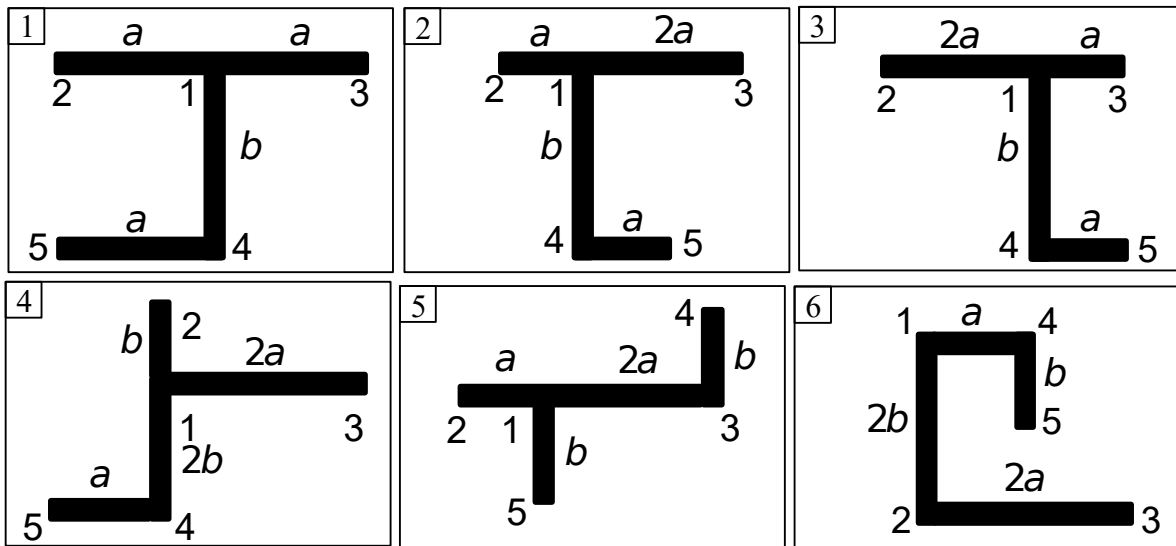
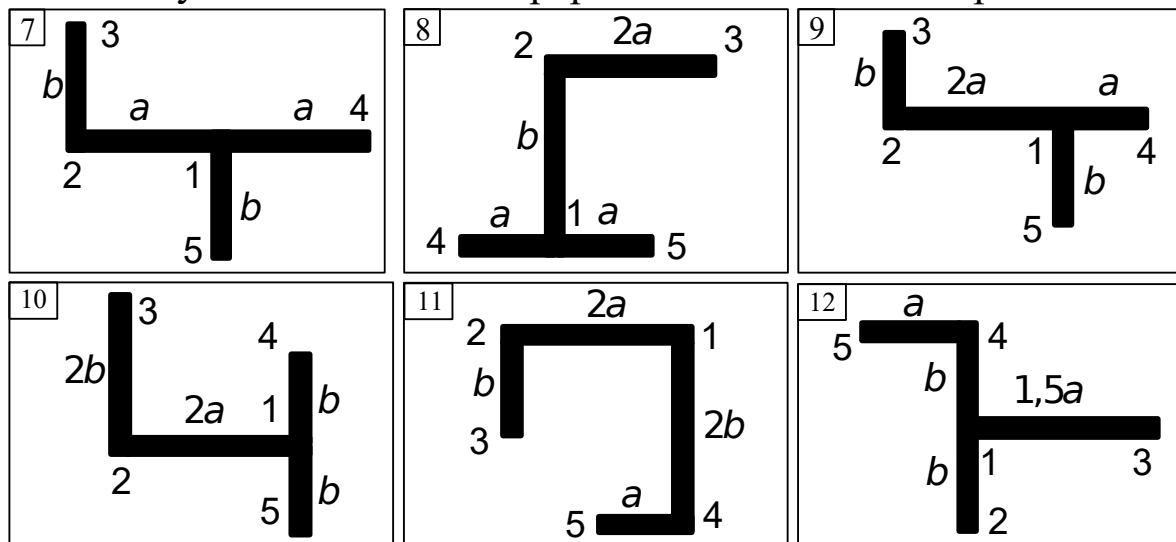


Рисунок 20 – Схеми перерізів тонкостінних стержнів



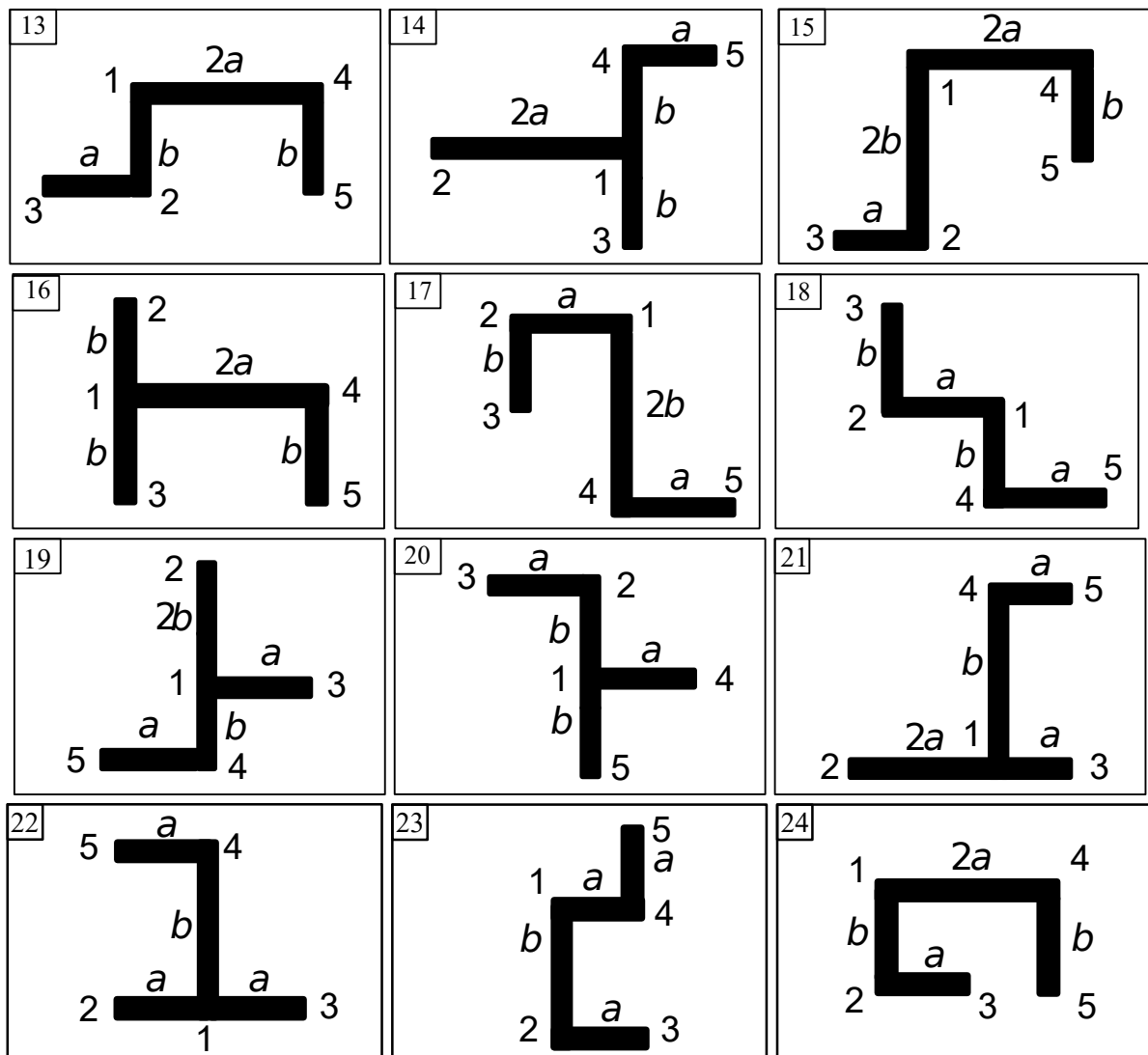


Рисунок 20, аркуш 2

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 4
Розрахунки на складний опір та стійкість з контролем
розв'язання на ЕОМ

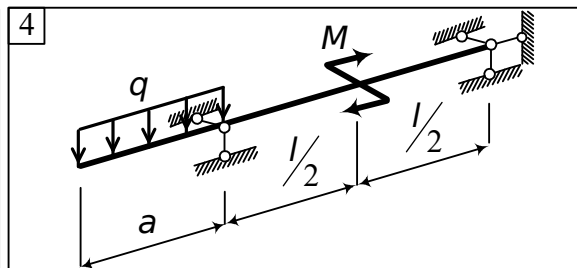
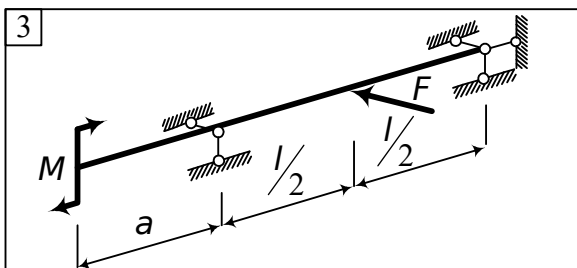
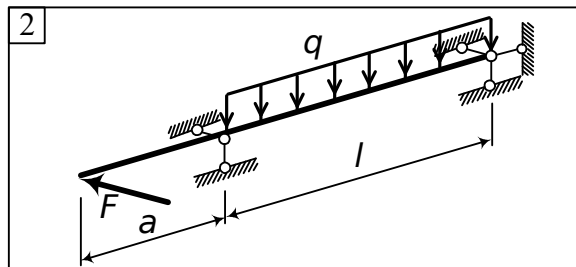
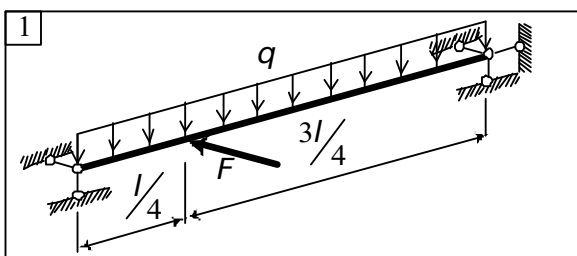
ЗАДАЧА 1

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 10) і заданої розрахункової схеми соснової балки прямокутного поперечного перерізу, що працює на косий згин (рисунок 21), у головних площинах побудувати епюри згинальних моментів і за ними установити небезпечний переріз балки. При допустимому

напруженні $[\sigma]=10$ МПа і жорсткості перерізу $EJ = \text{const}$ визначити необхідні розміри висоти h і ширини b поперечного перерізу. Для небезпечного перерізу знайти положення нейтральної лінії і побудувати епюру нормальних напружень.

Таблиця 10 – Вихідні дані

Варіант	F	M	q	l	a	h/b
	кН	кНм	кН/м	м		
1	10	14	3	10	2	2,0
2	12	16	4	12	1	2,1
3	8	18	6	8	2	2,2
4	6	20	8	10	1	1,9
5	8	22	3	12	1	1,8
6	7	16	8	8	2	2,2
7	10	18	4	10	2	2,0
8	8	12	6	8	1	1,8
9	7	18	3	10	2	2,1
10	6	20	4	12	1	1,9



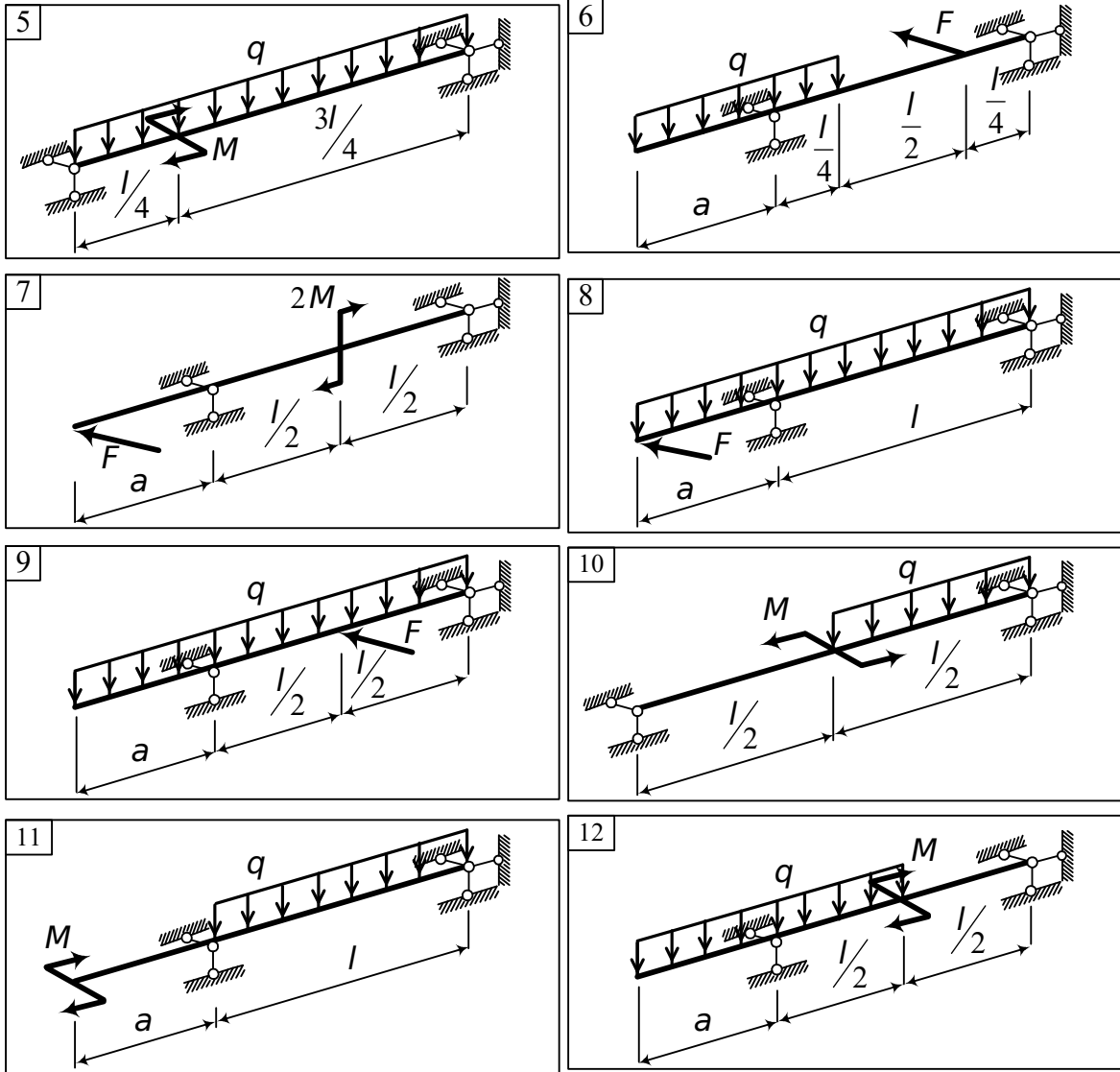
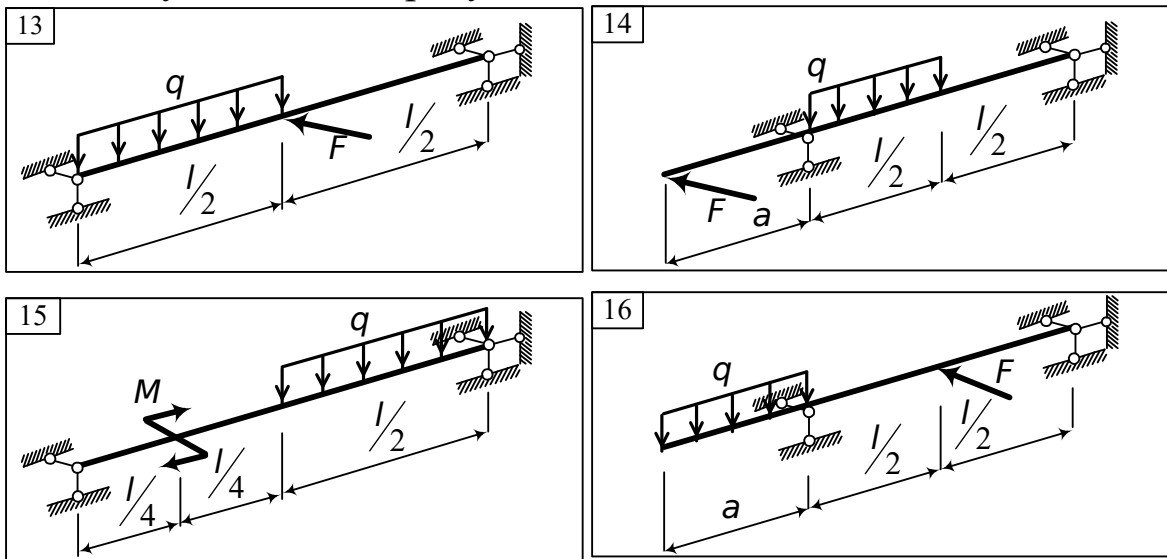


Рисунок 21 – Розрахункові схеми балок



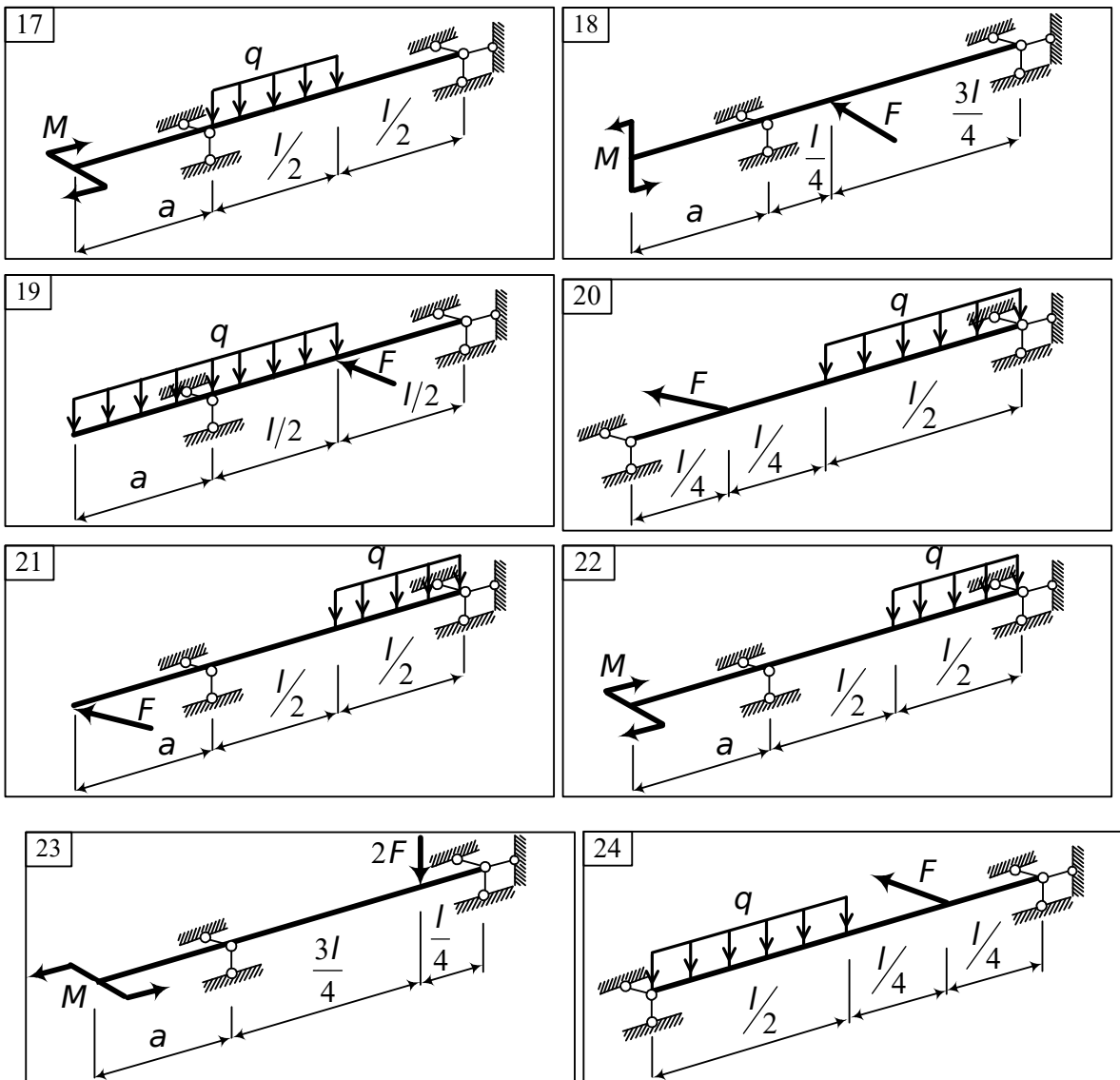


Рисунок 21, аркуш 2

ЗАДАЧА 2

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 11) і заданої схеми поперечного перерізу короткого бетонного стержня, завантаженого позациентрово стискальною силою F (рисунок 22), знайти положення нейтральної лінії і виразити максимальні стискальні і розтягувальні напруження через силу F .

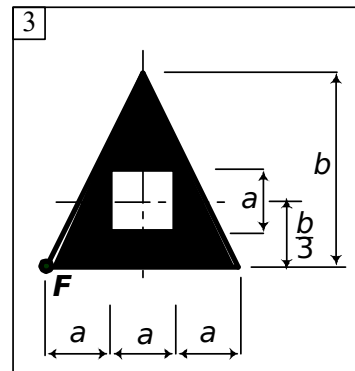
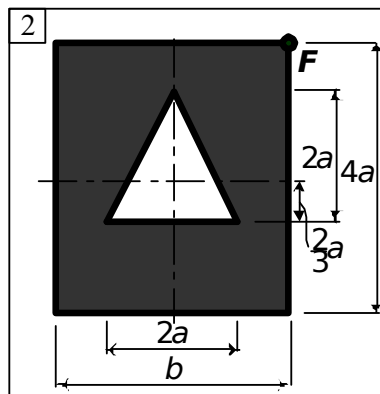
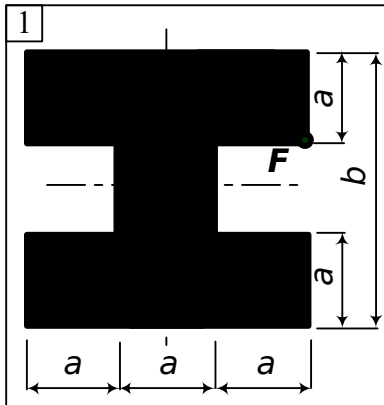
Визначити допустиме навантаження F .

Побудувати ядро перерізу.

Допустимі напруження при стиску $[\sigma]_c = 30$ МПа, при розтяганні $[\sigma]_p = 2$ МПа.

Таблиця 11 – Вихідні дані

Варіант	a	b
	см	
1	22	120
2	28	150
3	26	140
4	20	110
5	24	130
6	22	140
7	20	120
8	30	160
9	24	140
10	26	150



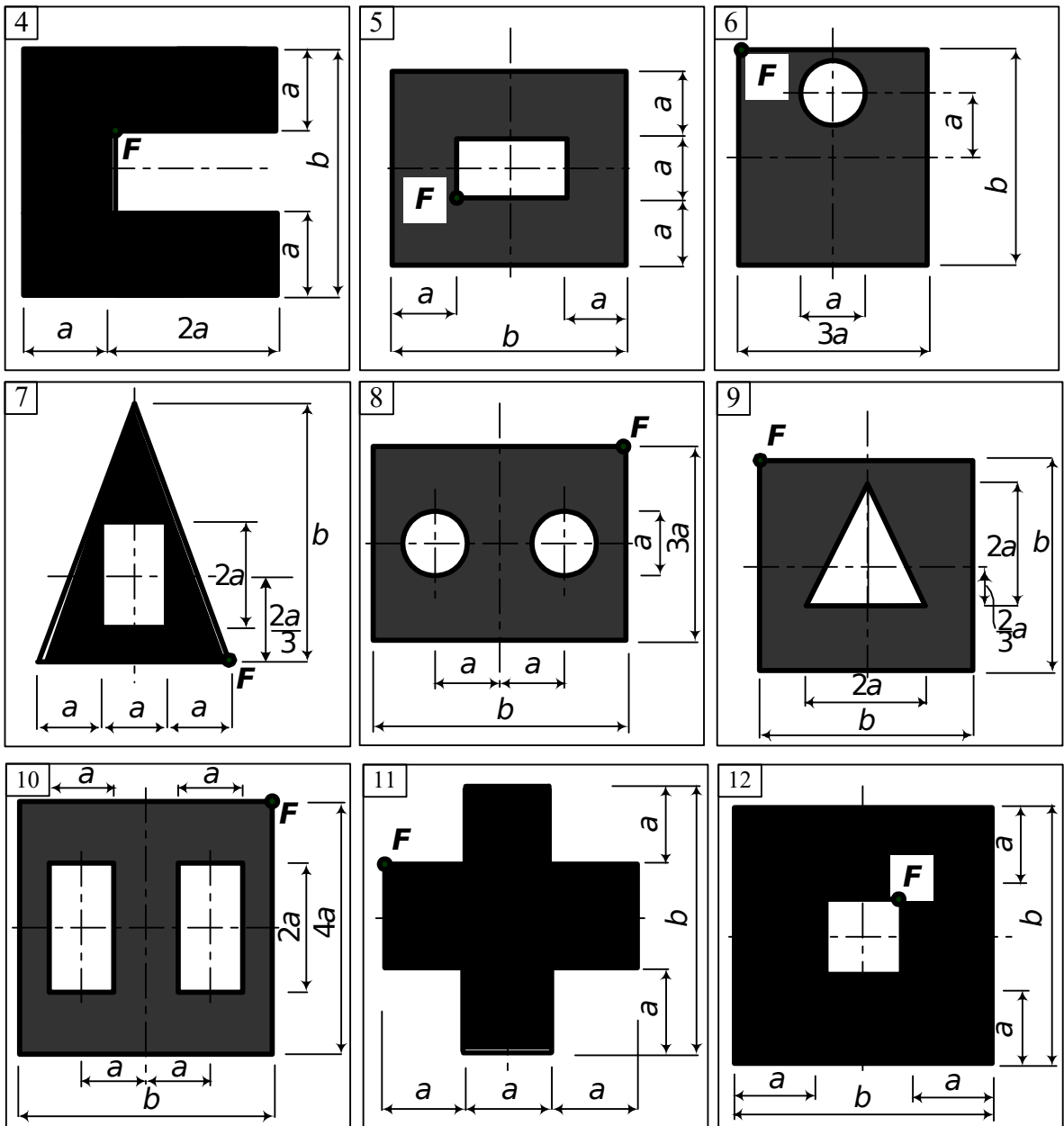
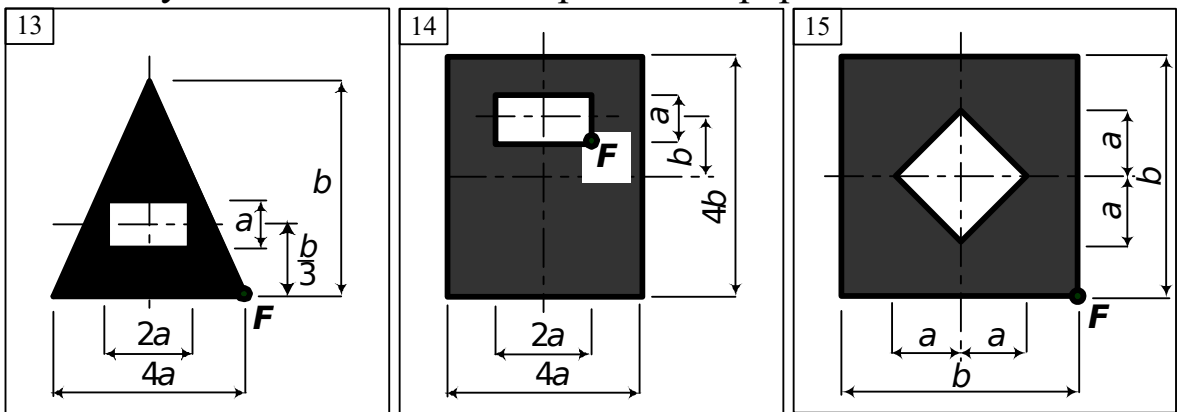


Рисунок 22 – Схеми поперечних перерізів



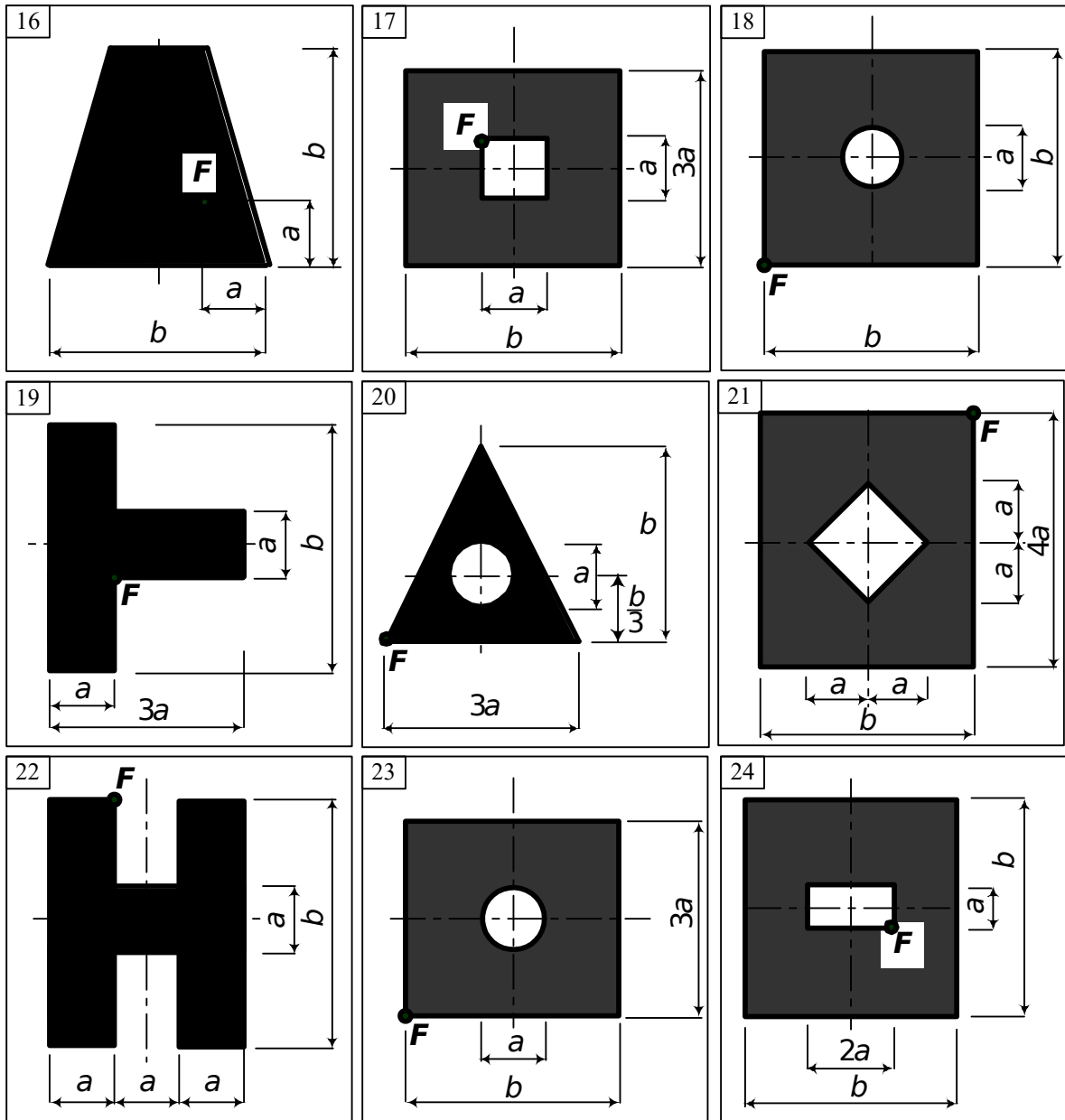


Рисунок 22, аркуш 2

ЗАДАЧА 3

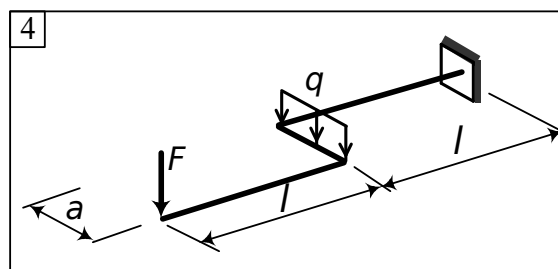
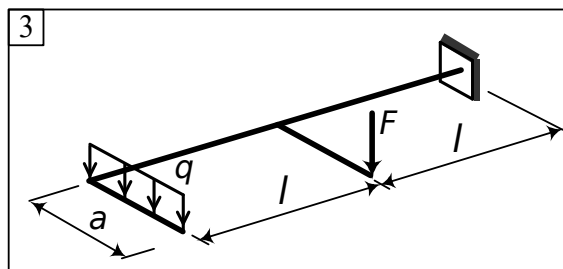
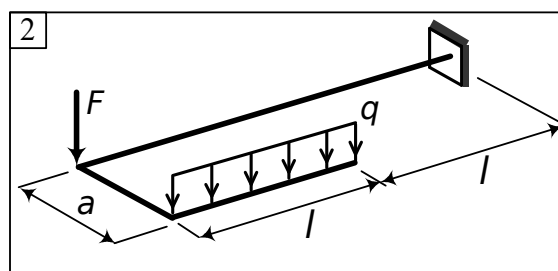
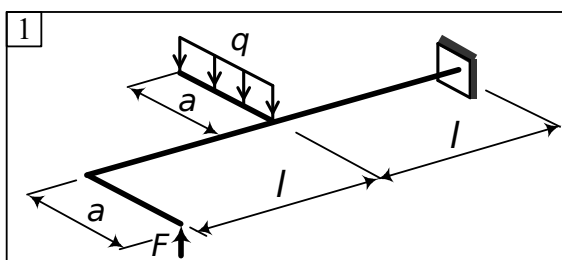
Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 12) і заданої розрахункової схеми ламаного стержня кільцевого поперечного перерізу (рисунок 23) побудувати в аксонометрії епюри згинального і крутного моментів і за ними установити небезпечний переріз рами.

За умови, що жорсткість перерізу $EJ = \text{const}$ на всіх ділянках, за IV теорією міцності визначити необхідні розміри зовнішнього D і

внутрішнього d діаметрів перерізу, якщо допустиме напруження при згині з крученням $[\sigma] = 100$ МПа.

Таблиця 12 – Вихідні дані

Варіант	F	q	l	a	$\alpha = d/D$
	кН	кН/м	м		
1	12	12	1,2	0,6	0,6
2	10	8	1,6	0,8	0,8
3	8	10	1,4	0,7	0,5
4	12	6	1,5	0,8	0,6
5	9	12	1,8	0,9	0,8
6	8	8	1,2	0,8	0,5
7	10	6	1,0	0,5	0,6
8	15	10	2,0	0,6	0,8
9	9	6	1,4	0,8	0,5
10	10	12	1,2	0,7	0,8



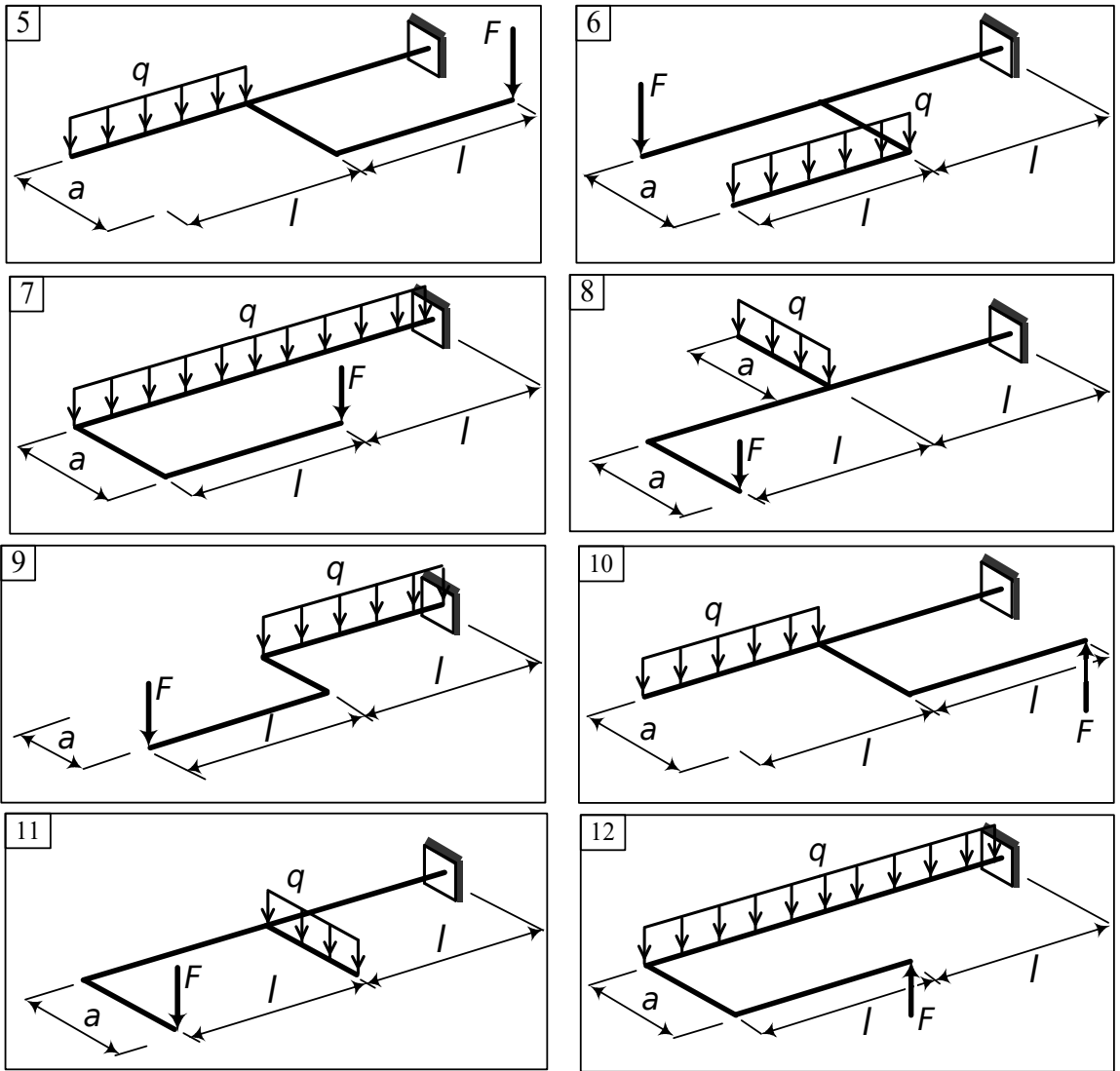
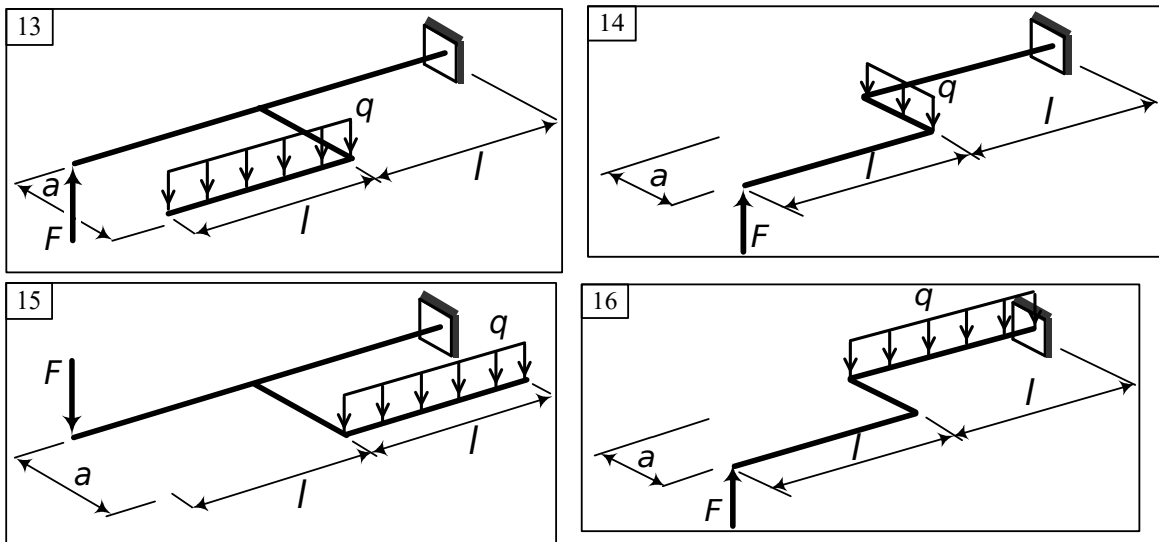


Рисунок 23 – Розрахункові схеми ламаних стержнів



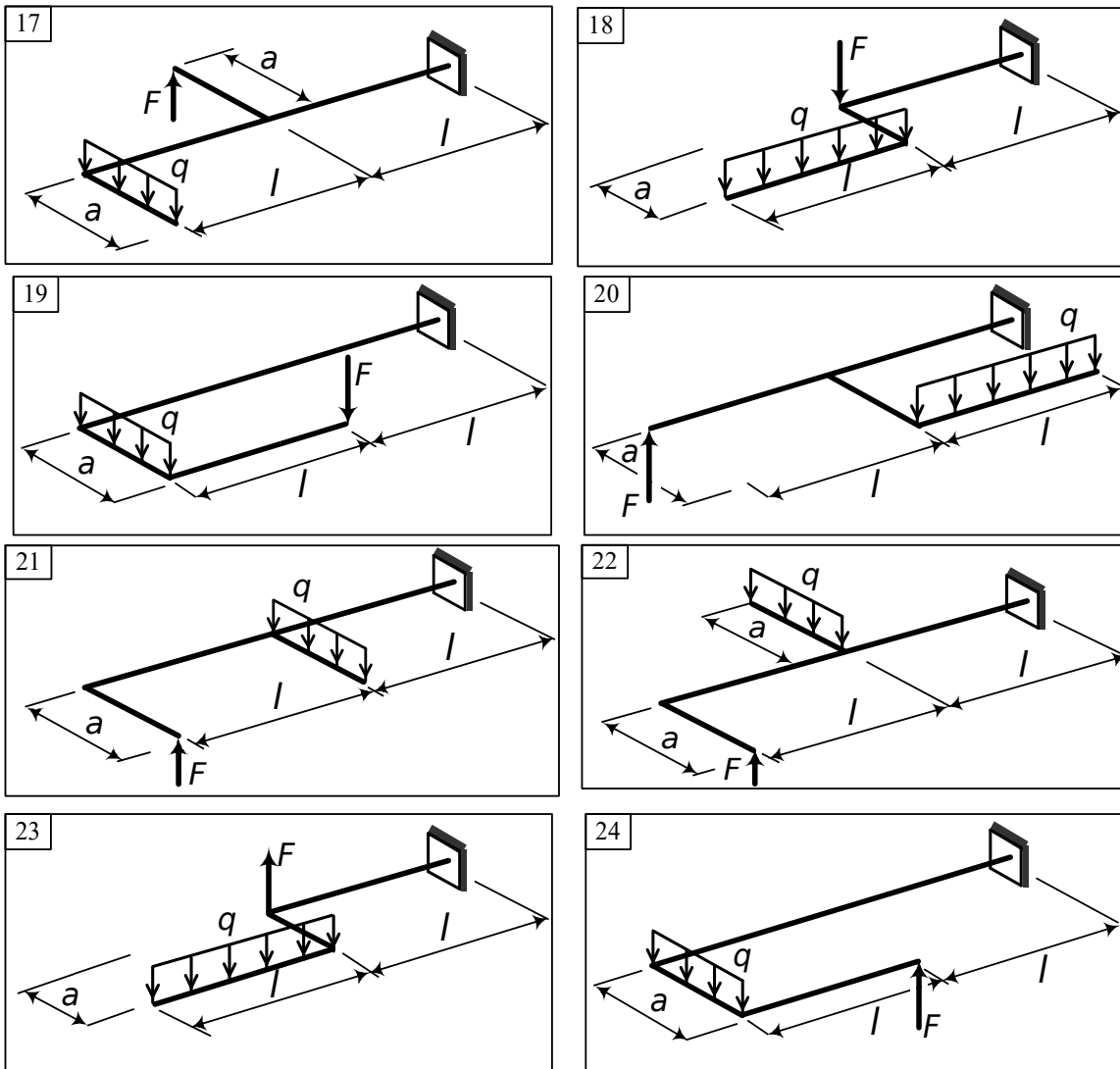


Рисунок 23, аркуш 2

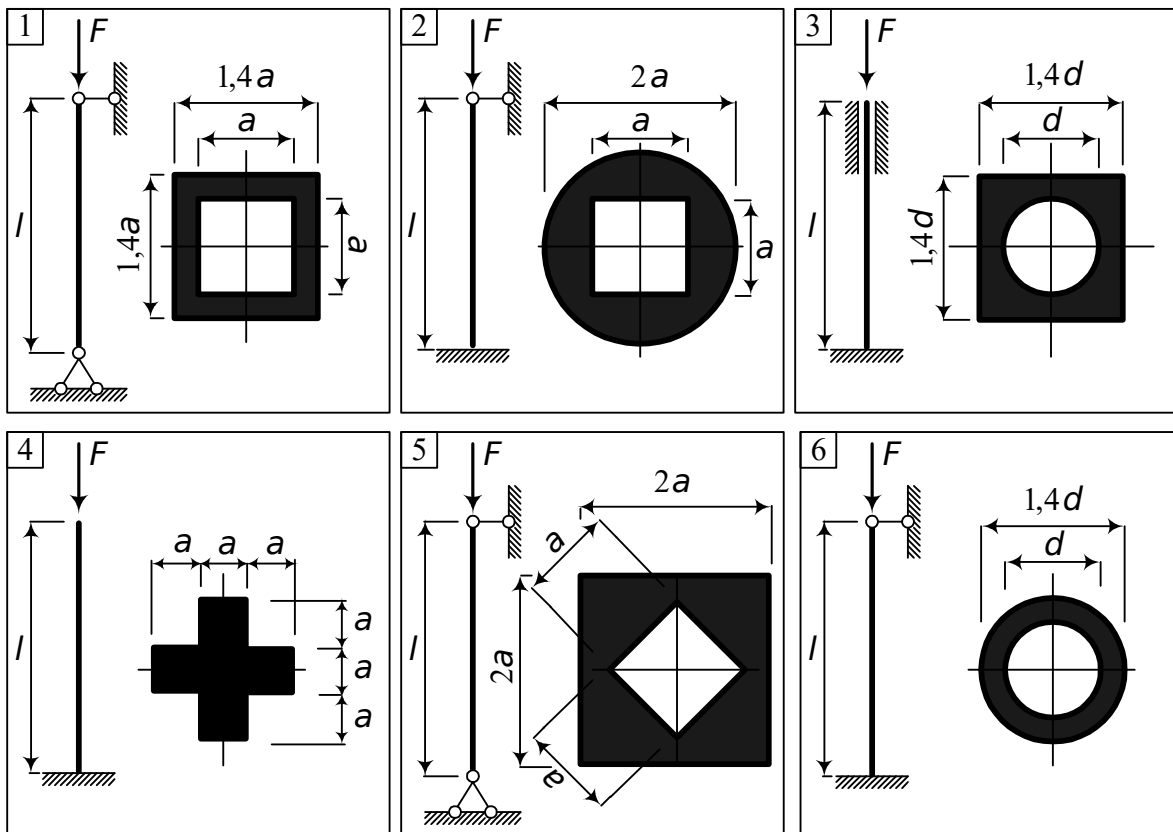
ЗАДАЧА 4

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 13) і заданої розрахункової схеми сталевго стержня, що працює на поздовжній згин (рисунок 24), визначити необхідні розміри (a чи d) поперечного перерізу при $[\sigma_c] = 160$ МПа.

Таблиця 13 – Вихідні дані

Варіант	F	l
	кН	М

1	150	3,6
2	100	4,5
3	125	3,8
4	160	2,4
5	135	3,5
6	155	3,4
7	110	4,0
8	170	3,0
9	140	2,6
10	115	4,4



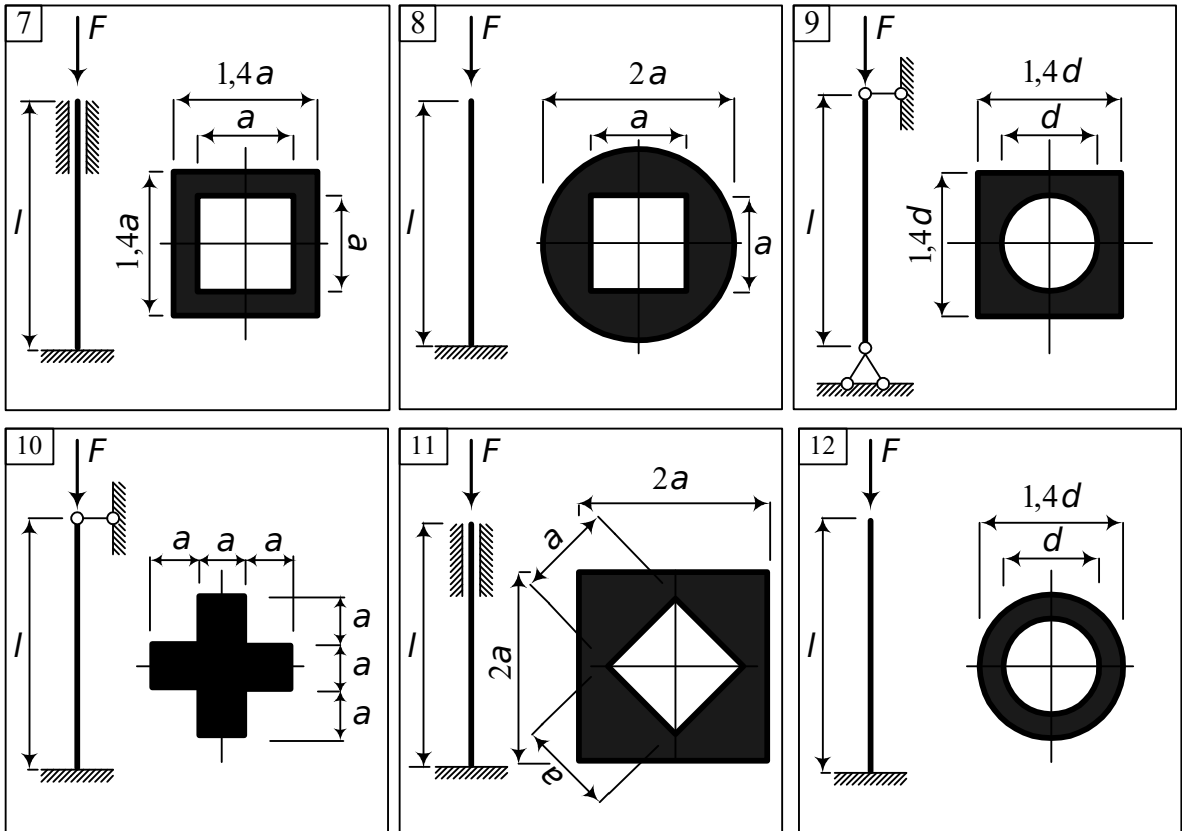
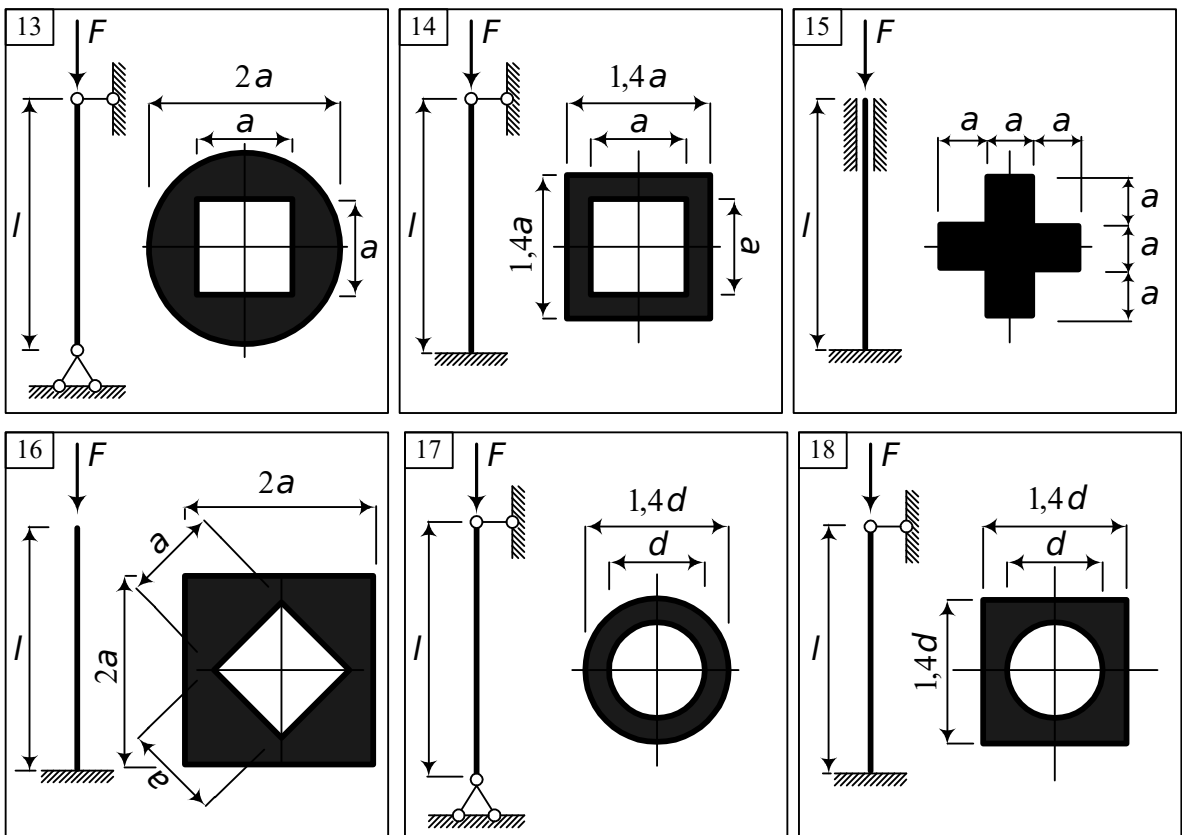


Рисунок 24 – Розрахункові схеми стояків



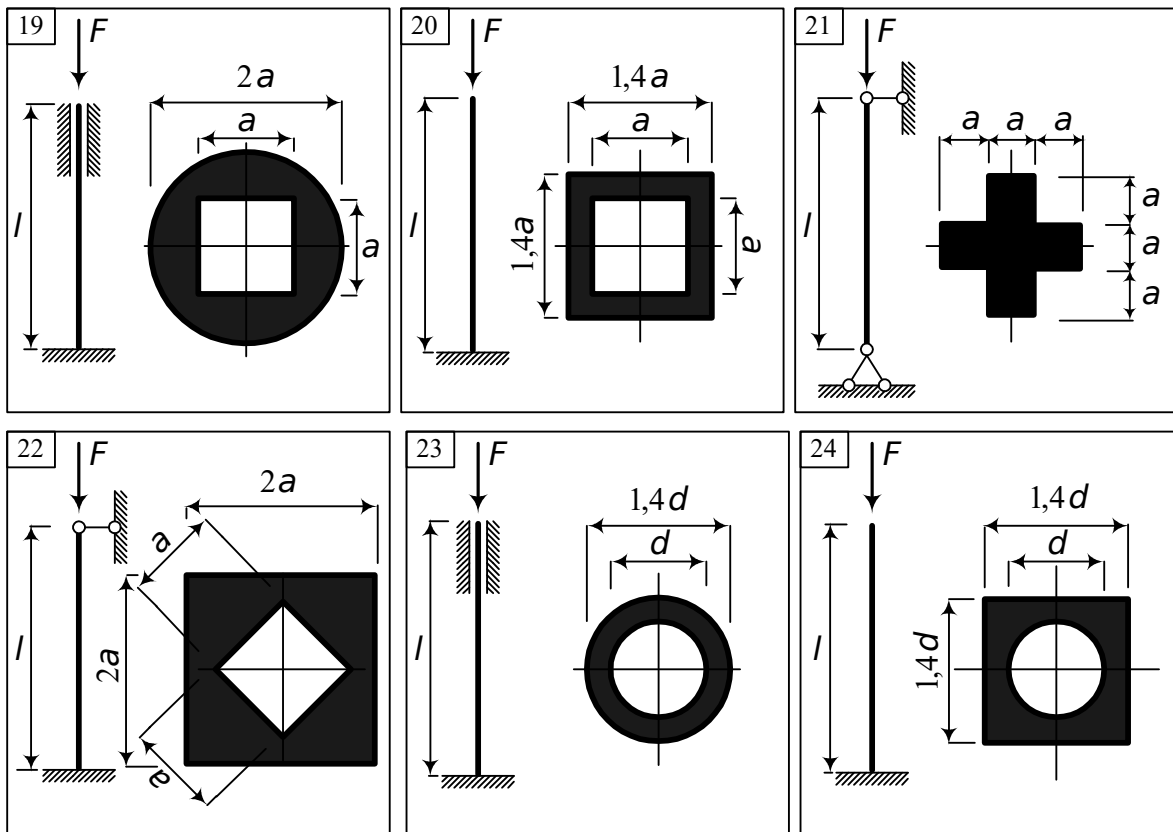


Рисунок 24, аркуш 2

Частина 2. БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 1 Розрахунок плоскої статично невизначної рами

ЗАДАЧА 1

Розрахунок плоскої статично невизначної рами методом сил

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 14) і заданої розрахункової схеми сталевий плоскої статично невизначної рами (рисунок 25) потрібно:

1 У масштабі накреслити розрахункову схему рами із вказівкою всіх необхідних розмірів.

2 Установити ступінь статичної невизначності рами і вибрати основну систему. Скласти канонічні рівняння методу сил.

3 Побудувати вантажну та одиничні епюри згинальних моментів в основній системі.

4 Обчислити коефіцієнти і вільні члени канонічних рівнянь і виконати їх перевірку.

5 Розв'язати систему канонічних рівнянь і виконати перевірку правильності розв'язку.

6 Побудувати епюру згинальних моментів M у заданій статично невизначній рамі і виконати її статичну та деформаційну перевірку.

7 Побудувати епюри поперечних і поздовжніх сил Q, N у заданій статично невизначній розрахунковій схемі і виконати статичну перевірку правильності побудованих епюр M, Q, N .

Таблиця 14 – Вихідні дані

Варіант	F	M	q	l_1	l_2	h	J_1
	кН	кНм	кН/м	м			J_2
1	45	20	6	8	6	4	3
2	40	25	8	10	8	6	2
3	35	30	10	6	12	8	3
4	30	20	6	12	10	4	2
5	60	40	8	8	10	6	3
6	40	50	6	10	12	8	2
7	50	30	10	6	8	4	3
8	35	25	8	8	12	6	2
9	30	35	6	10	6	4	3
10	45	20	8	12	8	4	2

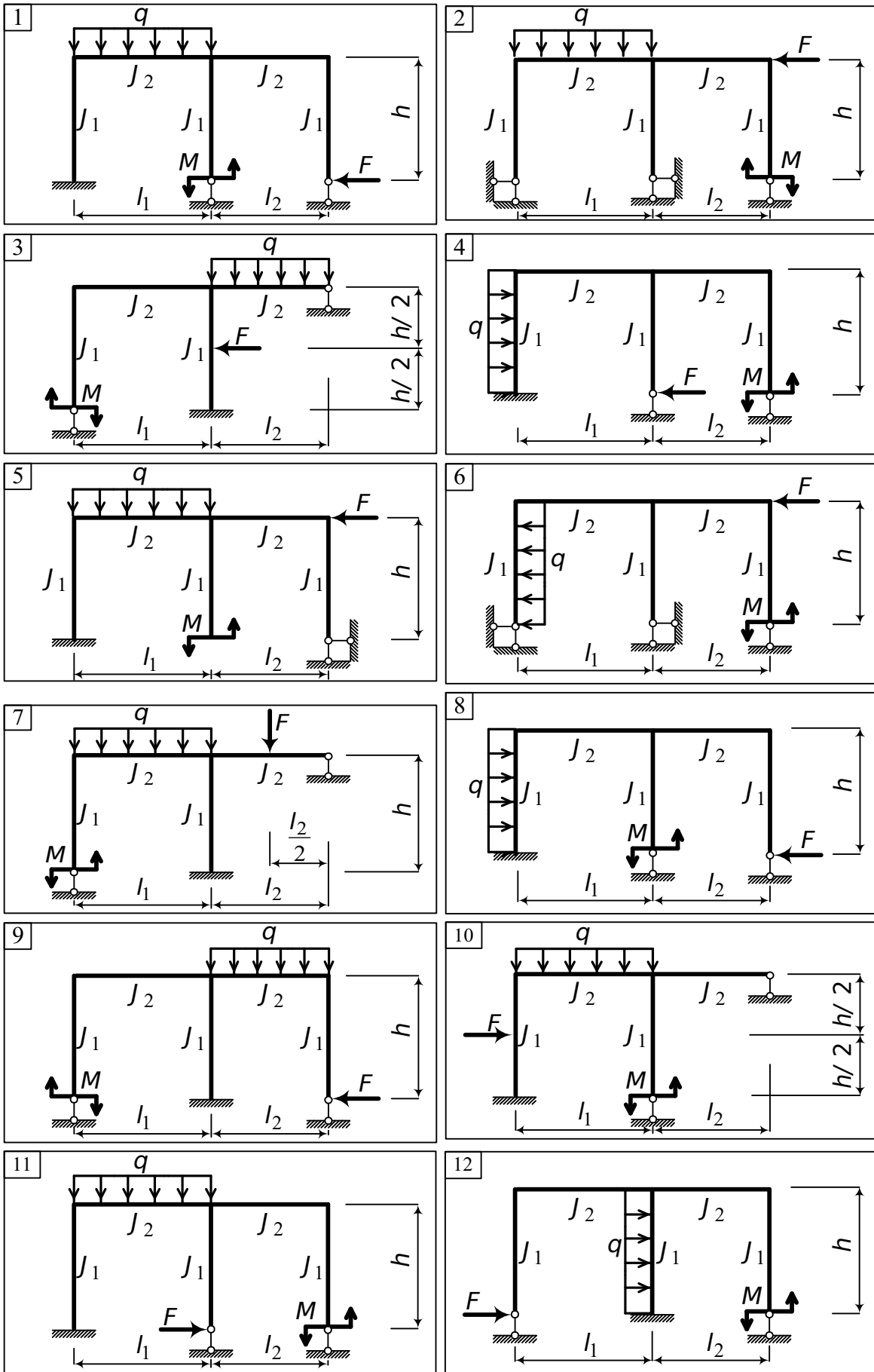


Рисунок 25 – Розрахункові схеми рам (метод сил)

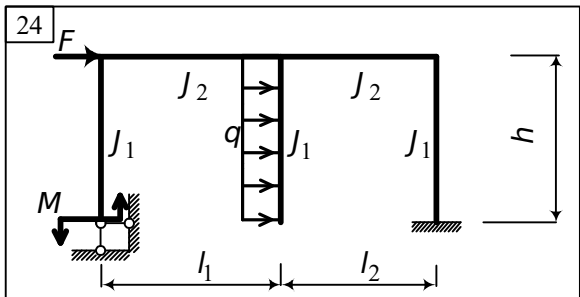
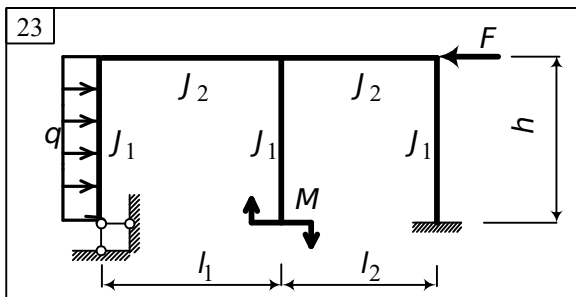
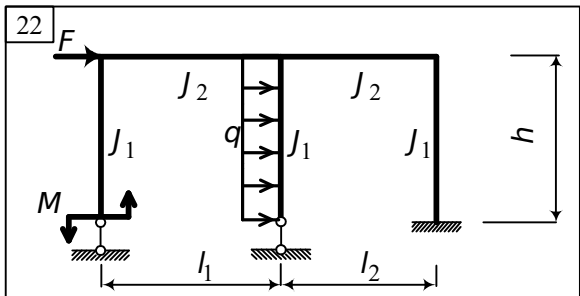
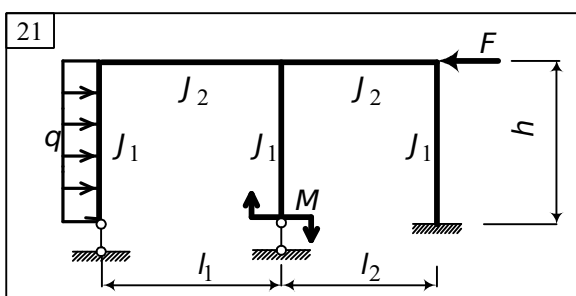
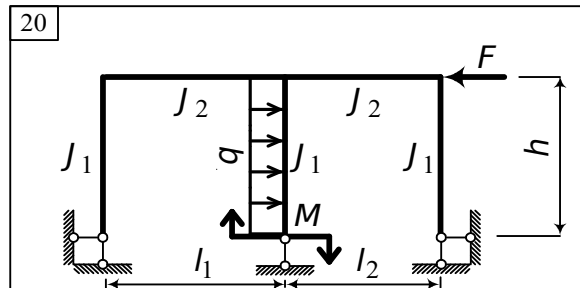
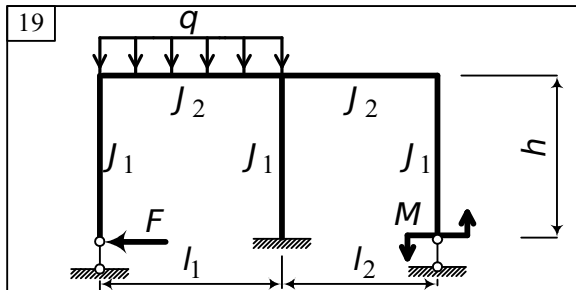
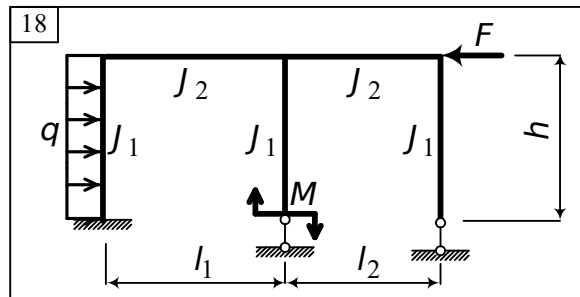
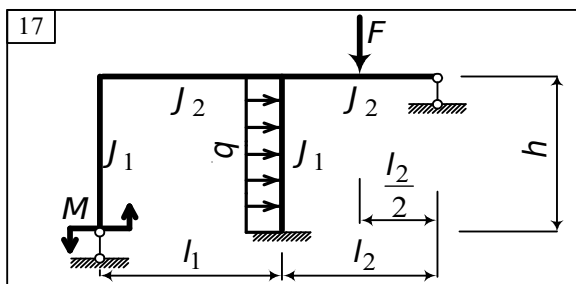
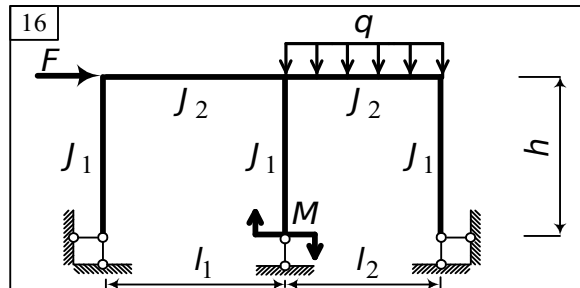
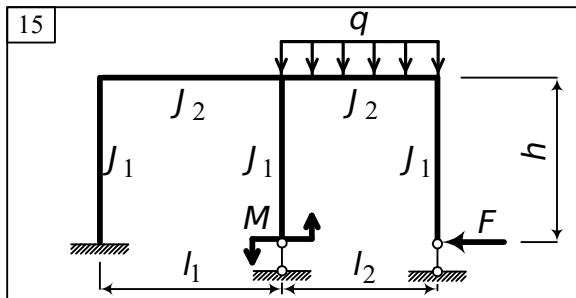
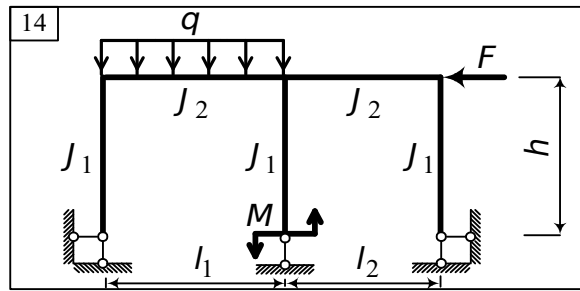
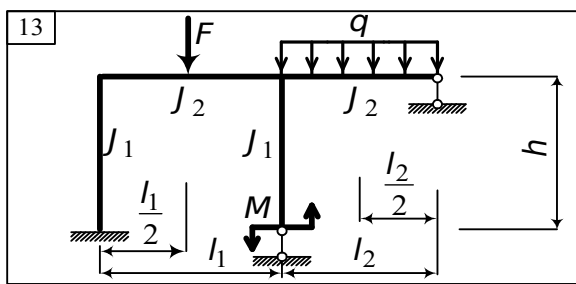


Рисунок 25, аркуш 2

ЗАДАЧА 2

Розрахунок плоскої статично невизначної рами методом переміщень

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 15) і заданої розрахункової схеми сталеві плоскої статично невизначної рами (рисунок 26) потрібно:

1 У масштабі накреслити розрахункову схему рами із вказівкою всіх необхідних розмірів.

2 Визначити число невідомих і вибрати основну систему. Скласти канонічні рівняння методу переміщень.

3 Побудувати вантажну та одиничні епюри згинальних моментів в основній системі.

4 Обчислити коефіцієнти і вільні члени канонічних рівнянь.

5 Розв'язати систему канонічних рівнянь і виконати перевірку правильності розв'язку.

6 Побудувати епюру згинальних моментів M у заданій статично невизначній рамі і перевірити її правильність.

7 Побудувати епюри поперечних і поздовжніх сил Q, N у заданій статично невизначній розрахунковій схемі і виконати статичну перевірку правильності побудованих епюр M, Q, N .

Таблиця 15 – Вихідні дані

Варіант	F	q	l_1	l_2	h	J_1
	кН	кН/м	м			J_2
1	8	4	8	10	6	2
2	7	3	6	4	5	3
3	10	4	10	6	3	2
4	12	3	8	6	4	3
5	7	4	6	8	6	2
6	8	3	10	6	5	3
7	10	4	8	4	6	2
8	12	2	6	8	5	3
9	8	3	10	4	6	2
10	10	2	8	8	4	3

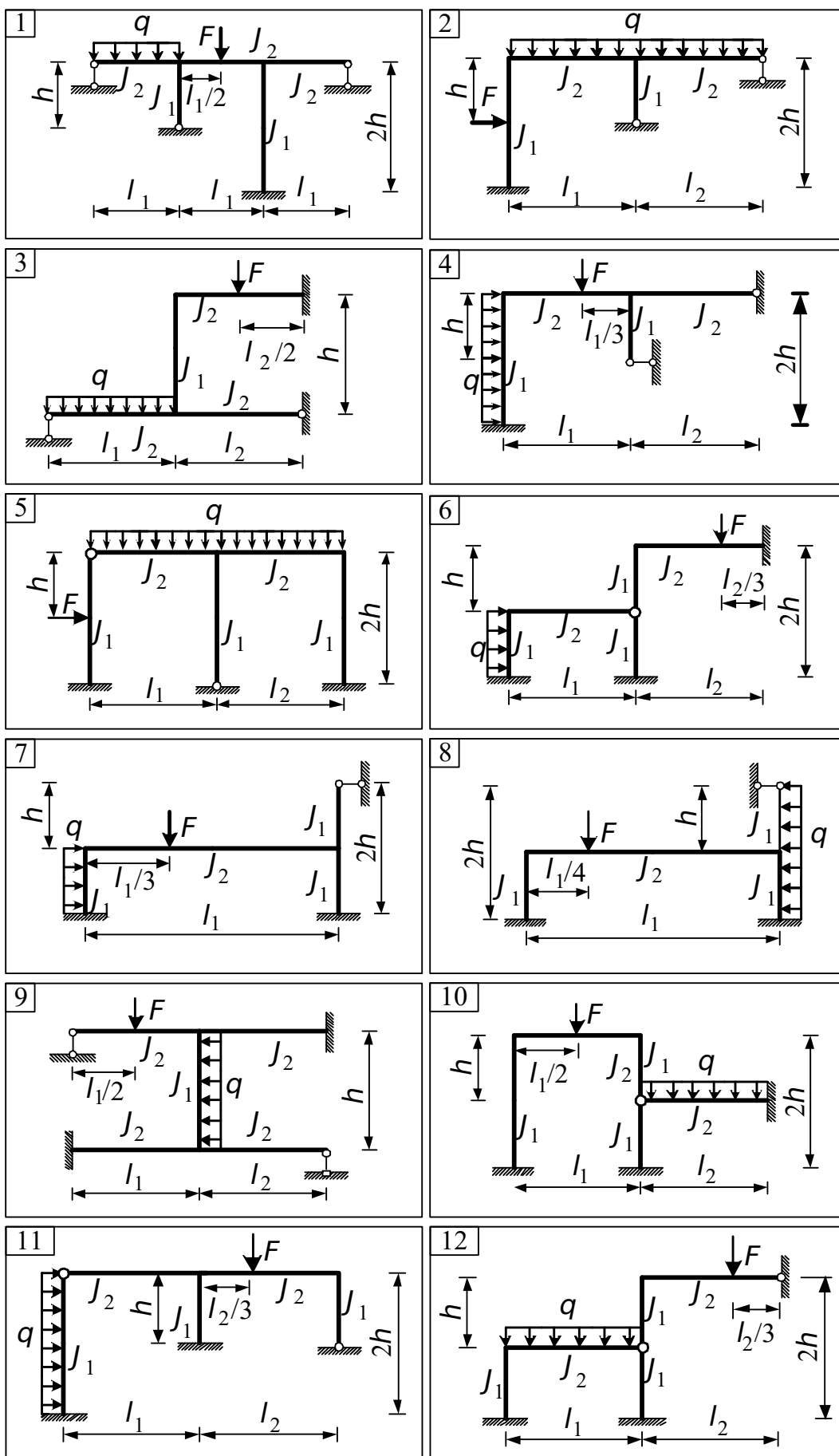


Рисунок 26 – Розрахункові схеми рам (метод переміщень)

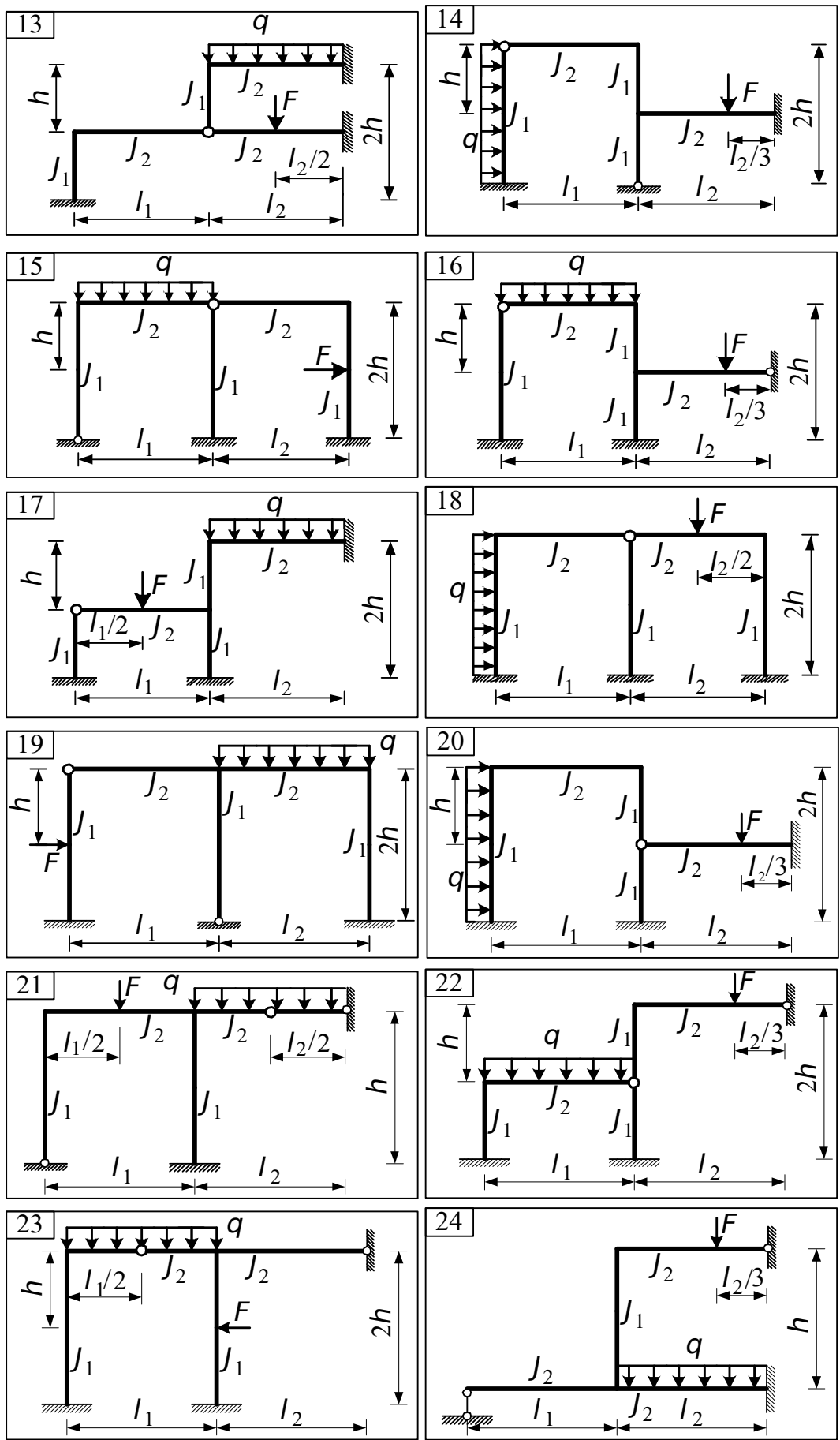


Рисунок 26, аркуш 2

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 2

Розрахунок пластин (тонких плит)

Для заданого варіанта вихідних даних (таблиця 16) і заданої розрахункової схеми тонкої пластини (рисунок 27) необхідно:

- для схем 1-3 у точці ($x=0, y=0$) визначити прогин, використовуючи вирази (3.15) – (3.17) з [21, 22]. При цьому слід утримувати три члени ряду ($n = 1, 3, 5$);
- зробити розрахунок пластини аналітичним методом за допомогою комп'ютера;
- порівняти результати ручного і машинного розрахунків;
- користуючись енергетичним критерієм, здійснити перевірку міцності пластини ($[\sigma] = 160$ МПа);

- для схем 4-9 у точці ($x = a/2, y = b/2$) визначити прогин, використовуючи вирази (3.1), (3.6), (3.8) з [21, 22]; при цьому утримувати три члени ряду;
- зробити розрахунок аналітичним методом за допомогою комп'ютера;
- порівняти результати ручного і машинного розрахунків;
- за результатами розрахунків на комп'ютері визначити небезпечний переріз і здійснити перевірку міцності пластини із залученням енергетичного критерію ($[\sigma] = 160$ МПа);

- для схем 10-18 зробити розрахунок пластини методом кінцевих різниць на комп'ютері [21, 22];
- знайти небезпечний переріз і здійснити перевірку міцності пластини із залученням енергетичного критерію ($[\sigma] = 160$ МПа);
- у небезпечному перерізі побудувати графіки прогинів, згинальних і крутних моментів.

Таблиця 16 – Вихідні дані

Варіант	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>Q</i>	<i>q</i> ₁	Модуль пружності матеріалу пластини <i>E</i> , МПа
	см			кН/м ²		
1	100	190	2	10	50	2,1 · 10 ⁵
2	110	200	2.75	20	60	
3	120	210	3	30	70	
4	130	220	3.25	70	15	
5	140	230	3.5	60	20	
6	150	240	5	50	30	
7	160	250	4	60	0	
8	170	260	3.5	70	15	
9	190	280	4.5	0	50	
10	240	170	3.5	20	90	
11	250	180	4.5	0	70	
12	260	200	4	80	40	
13	270	150	3.5	100	0	
14	280	140	3	0	50	
15	290	160	3.5	20	90	
16	210	140	3	30	80	
17	220	150	3.5	40	50	
18	230	160	3.5	0	90	

Схема пластини	Схема діючого навантаження
----------------	----------------------------

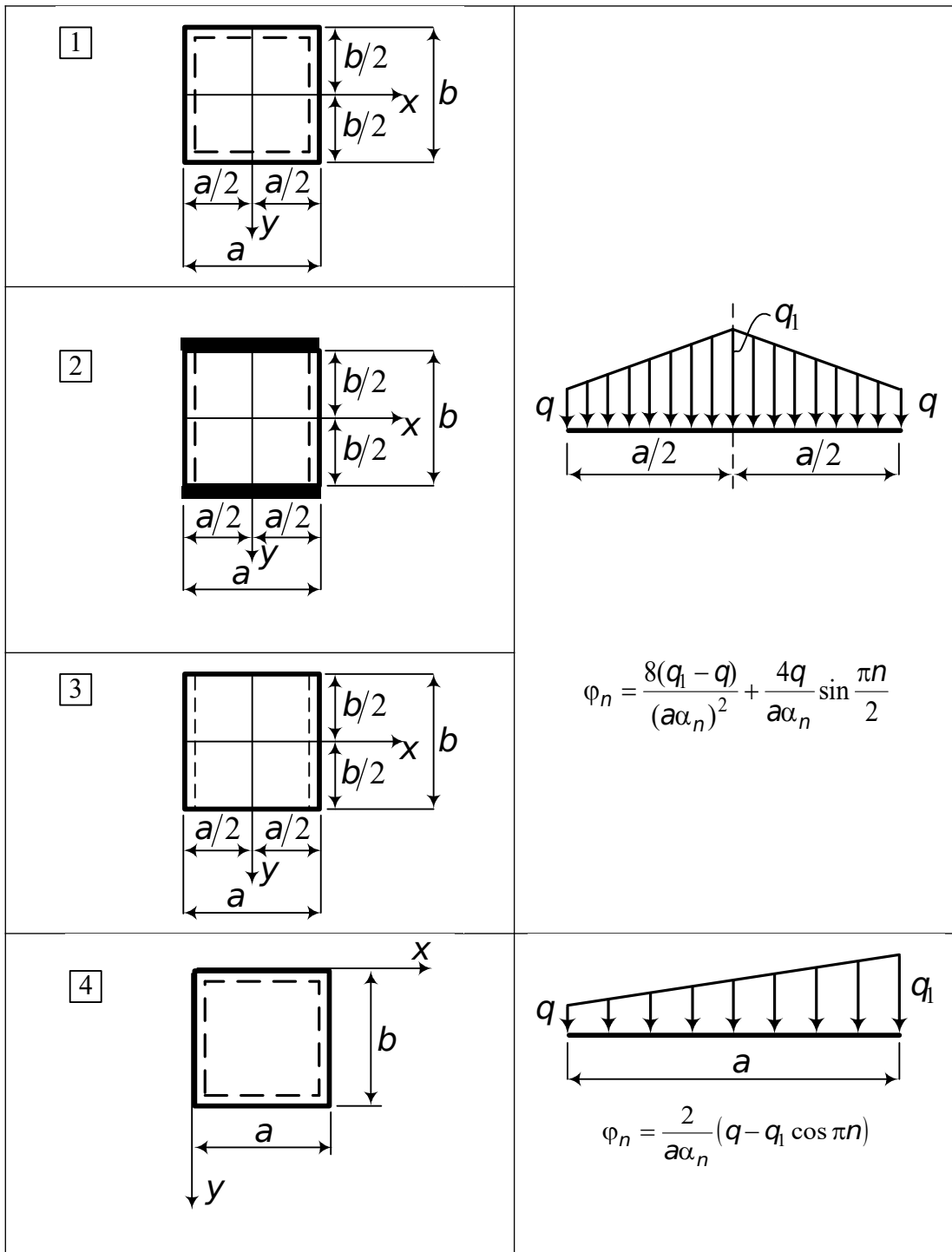


Рисунок 27 – Розрахункові схеми пластинки

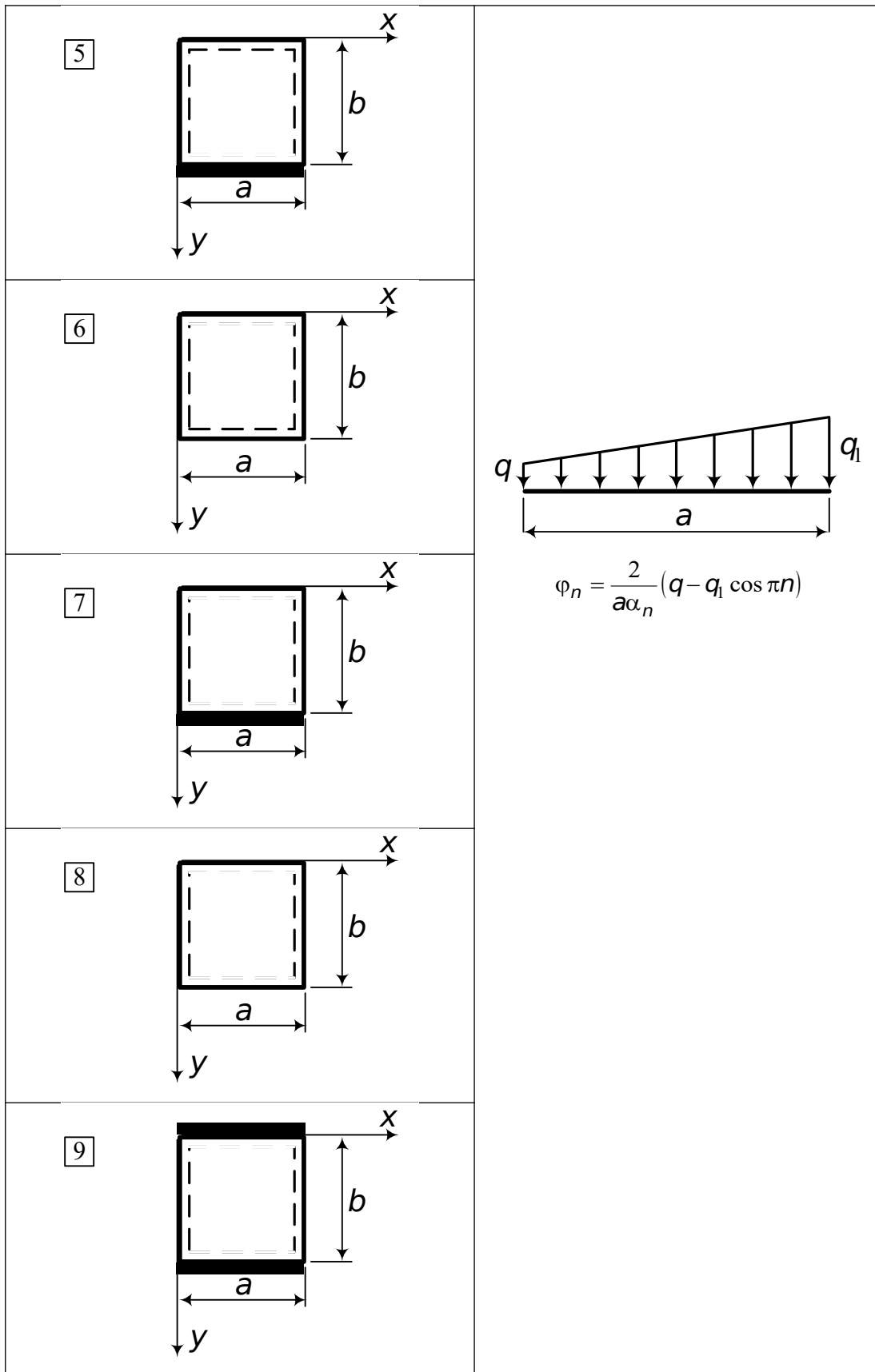


Рисунок 27, аркуш 2

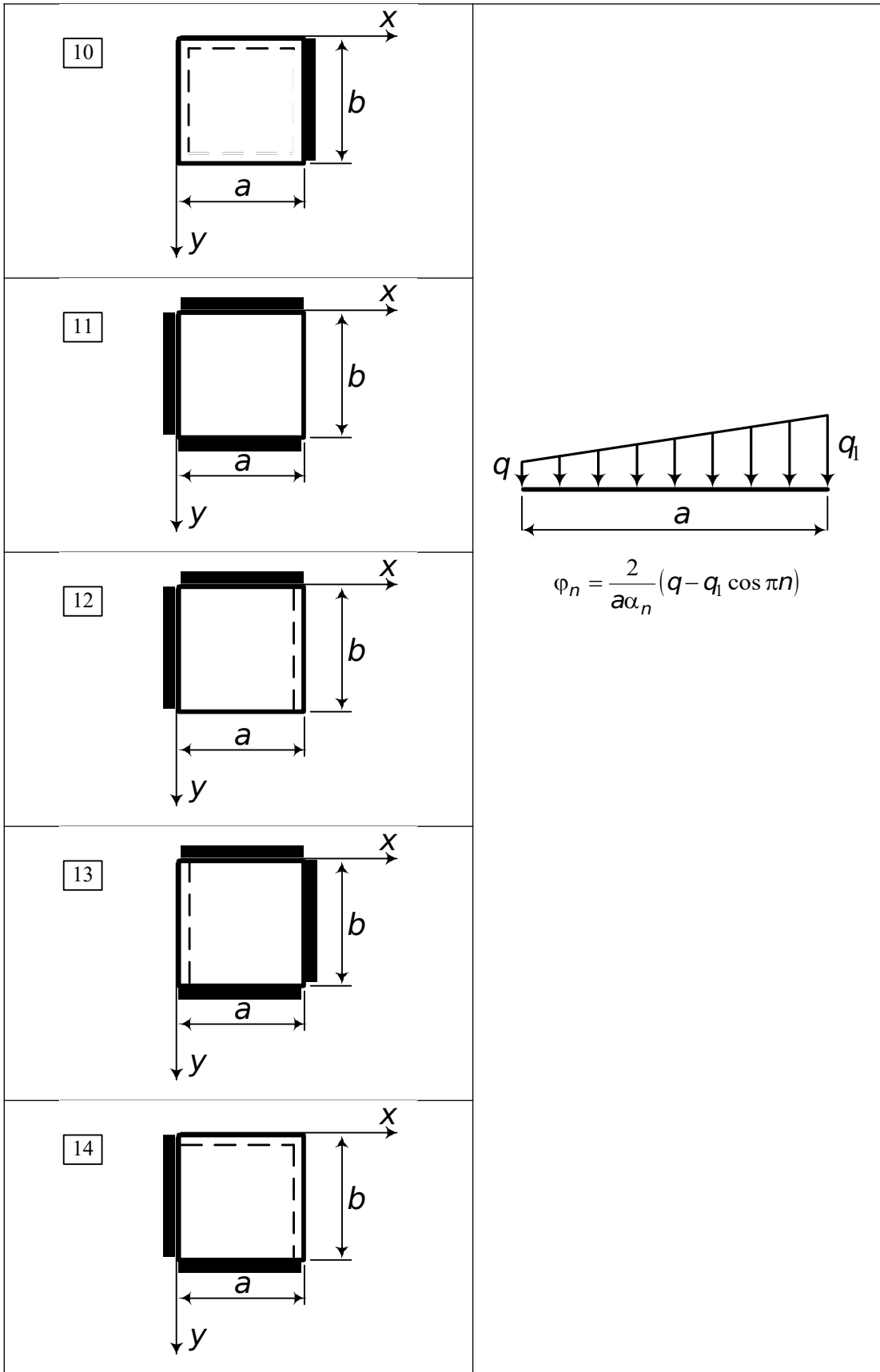


Рисунок 27, аркуш 3

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Писаренко Г.С., Агарев В.А., Квитка А.Л. и др. Сопротивление материалов / Под ред. Г.С. Писаренко. – К.: Вища школа, 1974. – 672 с.
- 2 Писаренко Г.С., Квитка О.Л., Уманський Є.С. Опір матеріалів / За ред. Г.С. Писаренка. – К.: Вища школа, 2004. – 655 с.
- 3 Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1965. – 856 с.
- 4 Чихладзе Е.Д. Опір матеріалів: Підручник. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 366 с.
- 5 Чихладзе Э.Д. Сопротивление материалов: Учебник. – Харьков: УкрГАЖТ, 2011. – 366 с.
- 6 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П. Побудова епюр внутрішніх сил в рамах з використанням ПЕОМ. – Харків: ХарДАЗТ, 1998. – 48 с.
- 7 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П., Веревічева М.А. та ін. Визначення геометричних характеристик складних плоских перерізів з контролем рішення на комп'ютері. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 48 с.
- 8 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П., Гайдук О.М. Розрахунок на міцність і визначення переміщень в балках при згині з контролем рішення на ПЕОМ. – Харьков: ХарГАЖТ, 2001. – 76 с.
- 9 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П., Веревічева М.А. Розрахунок тонкостінних стержнів відкритого профілю із застосуванням комп'ютера. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 40 с.
- 10 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П., Веревічева М.А. та ін. Розрахунки на складний опір та стійкість із застосуванням ПЕОМ. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 52 с.
- 11 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П. Вибрані задачі з опору матеріалів з відповідями і розв'язаннями. – Харків: ХарДАЗТ, 2003. – 194 с.
- 12 Кітов Ю.П., Веревічева М.А., Чуменко С.М. Навчальний програмний комплекс з опору матеріалів. – Харків: ХарДАЗТ, 2002. – 62 с.
- 13 Дарков А.В., Кузнецов В.И. Строительная механика. – М: Высшая школа, 1962.
- 14 Чихладзе Э.Д. Строительная механика. – Харьков: УкрГАЖТ, 2011. – 320 с.

- 15 Чихладзе Е.Д. Будівельна механіка. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 320 с.
- 16 Строительная механика стержневых систем и оболочек / Под ред. Ю.И. Бутенко. – К.: Вища школа, 1980. – 488 с.
- 17 Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластины и оболочки. – М.: Наука, 1963. – 635 с.
- 18 Черненко М.Г., Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П. та ін. Розрахунок плоских статично невизначних рам методом сил з використанням ПЕОМ. – Харків: ХарДАЗТ, 1998. – 38 с.
- 19 Чихладзе Е.Д., Петров А.М. Розрахунок плоских статично невизначних рам методом переміщень із застосуванням комп'ютера. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 66 с.
- 20 Чихладзе Е.Д., Вереvичева М.А. Розрахунок пластин з використанням ПЕОМ: Методичні вказівки. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 61 с.
- 21 Чихладзе Е.Д., Вереvичева М.А. Розрахунок пластин з використанням ПЕОМ: Навч. посібник. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 103 с.
- 22 Вереvичева М.А. Строительная механика: Конспект лекций. – Харьков, УкрГАЗТ, 2003. – 147 с.
- 23 Кітов Ю.П., Черненко М.Г., Вереvичева М.А. Програмний комплекс для контролю і розв'язання задач на ПЕОМ за курсом "Будівельна механіка". – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – 100 с.
- 24 Чихладзе Э.Д., Кислов А.Г., Китов Ю.П. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов и строительной механике. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 233 с.
- 25 Чихладзе Е.Д., Кіслов О.Г., Кітов Ю.П. Лабораторний практикум з опору матеріалів та будівельної механіки. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 233 с.