

Українська державна академія залізничного транспорту

**РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТУВАЛЬНІ ЗАВДАННЯ З ОПОРУ
МАТЕРІАЛІВ ТА БУДІВЕЛЬНОЇ МЕХАНІКИ**

**для студентів спеціальності «Вагони та вагонне
господарство»**

Методичні вказівки

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 складені на основі типової програми з дисциплін «Опір матеріалів» та «Будівельна механіка залізничного рухомого складу» для студентів механічних спеціальностей транспортних вишів. Завдання подані відповідно до робочої програми з опору матеріалів для студентів спеціальності «Вагони та вагонне господарство» денної та заочної форм навчання.

Укладач

доц. С.Ю. Берестянська

Рецензент

проф. І.Е. Мартинов

З М І С Т

Вступ.....	4
Частина 1. Опір матеріалів	5
1 Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 1. Побудова епюр внутрішніх силових факторів у брусах різного обрису з контролем розв'язку на ПЕОМ. Розрахунок стержнів при розтяганні та стисканні	5
2 Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 2. Визначення геометричних характеристик плоских перерізів з контролем розв'язку на ПЕОМ. Розрахунок на міцність і визначення переміщень у балках при згині з контролем розв'язку на ПЕОМ	19
3 Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 3. Розрахунок тонкостінного стержня відкритого профілю із застосуванням ПЕОМ	25
4 Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 4. Розрахунки на складний опір та стійкість з контролем розв'язку на ПЕОМ	28
Частина 2. Будівельна механіка ЗРС.....	36
1 Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 1. Розрахунок плоских статично невизначних рам методом сил з контролем розв'язку на ПЕОМ	36
2 Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 2. Розрахунок плоских статично невизначних рам методом переміщень з контролем розв'язку на ПЕОМ.....	40
Список літератури.....	44

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для самостійної роботи студентів спеціальності «Вагони та вагонне господарство» денної та 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 курсів «Опір матеріалів» та «Будівельна механіка залізничного рухомого складу» згідно з робочими програмами для студентів механічних спеціальностей. Нумерація робіт відповідає їх нумерації у робочих програмах для студентів денної форми навчання.

Частина 1 ОПР МАТЕРІАЛІВ

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 1

Побудова епюр внутрішніх силових факторів у брусах різного обрису з контролем розв'язку на ПЕОМ. Розрахунок стержнів при розтяганні та стисканні

Задача 1-7. Для заданого варіанта даних і розрахункових схем балок і рам (рисунки 1-7) потрібно:

1 Визначити опорні реакції.

2 Скласти аналітичні залежності від внутрішніх сил на ланках системи.

3 Побудувати епюри внутрішніх сил.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 1.

Рисунки 5-6 містять схеми для самостійної роботи.

Таблиця 1 – Дані для розрахунку

Варіант	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				кН/ м	м							о
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	8	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
11	14	5	36	24	15	25	110	100	5	7	6	3	1	3	0,2	2	60
12	12	8	40	25	8	35	115	88	6	9	6	5	1	3	0,1	3	45
13	16	10	34	22	12	22	112	102	8	10	9	6	2	3	0,2	4	30
14	18	5	38	26	14	25	108	97	7	8	9	3	2	1	0,1	3	60
15	14	6	32	28	15	40	112	87	9	9	10	4	1	1	0,2	2	30
16	16	10	36	24	8	26	110	92	6	8	10	5	3	3	0,1	3	45
17	15	7	40	22	12	26	116	102	7	10	10	6	1	1	0,2	4	60
18	18	8	34	25	14	40	115	89	5	7	7	6	3	2	0,1	2	45

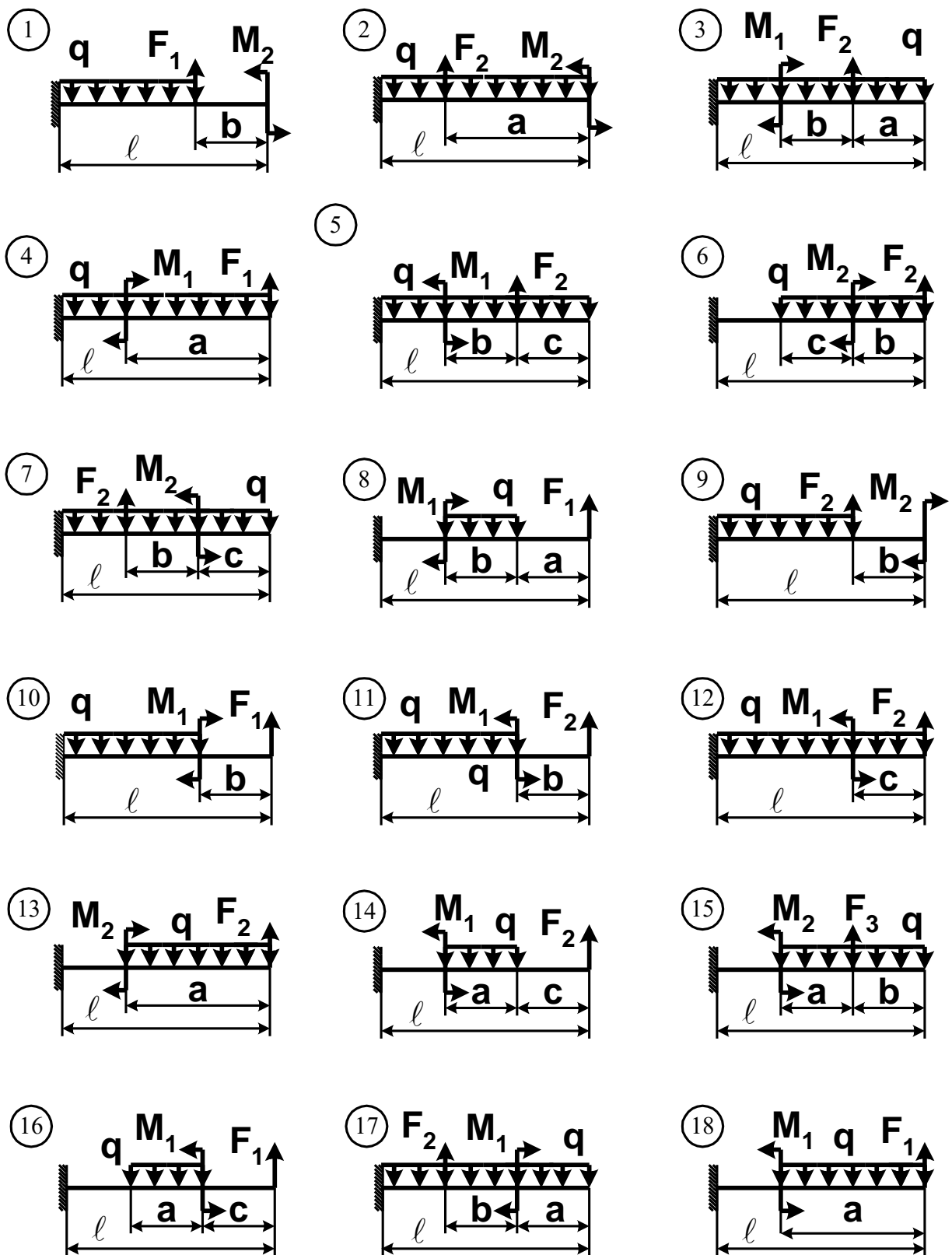


Рисунок 1 – Схеми консольних балок

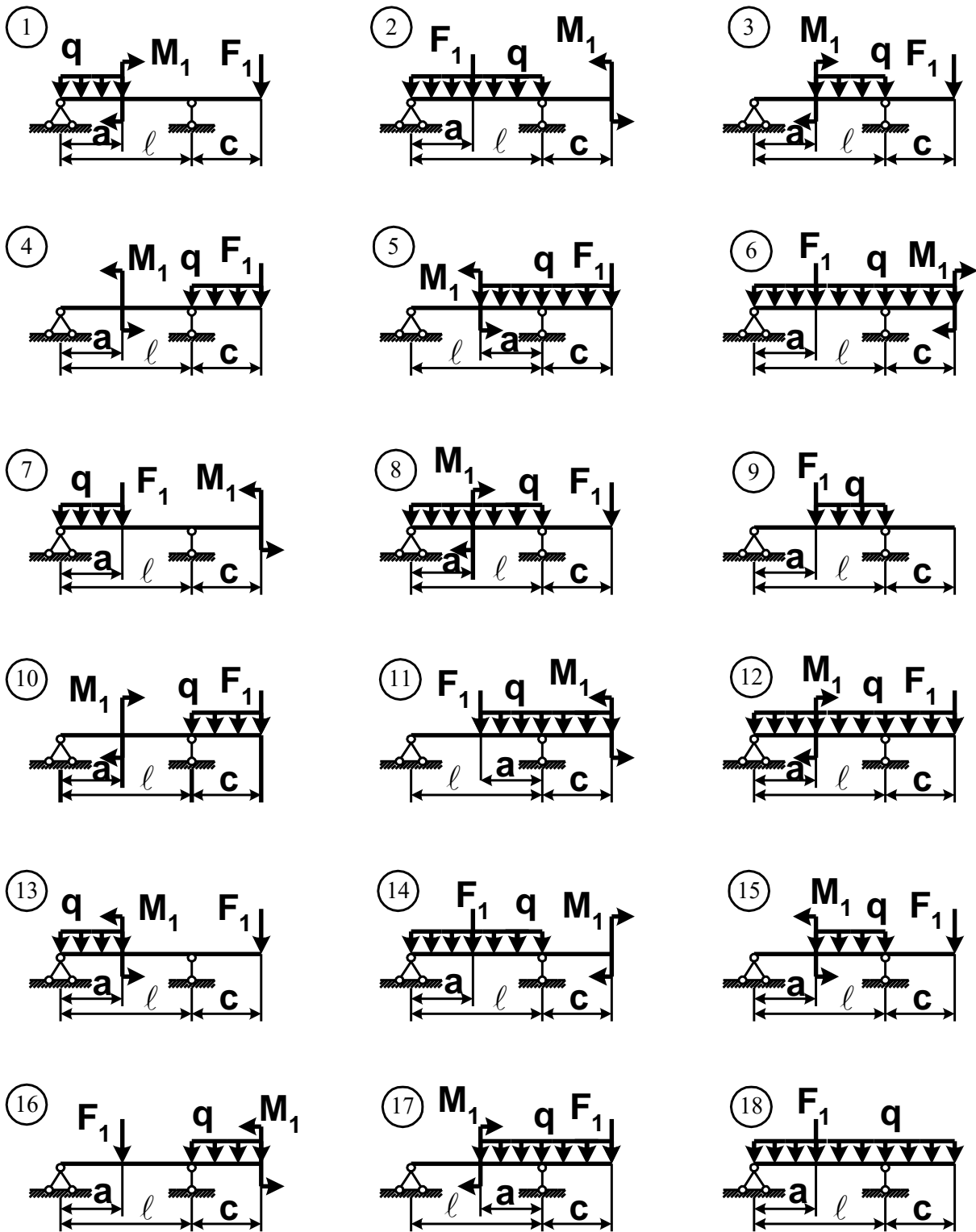


Рисунок 2 – Схеми балок на двох опорах

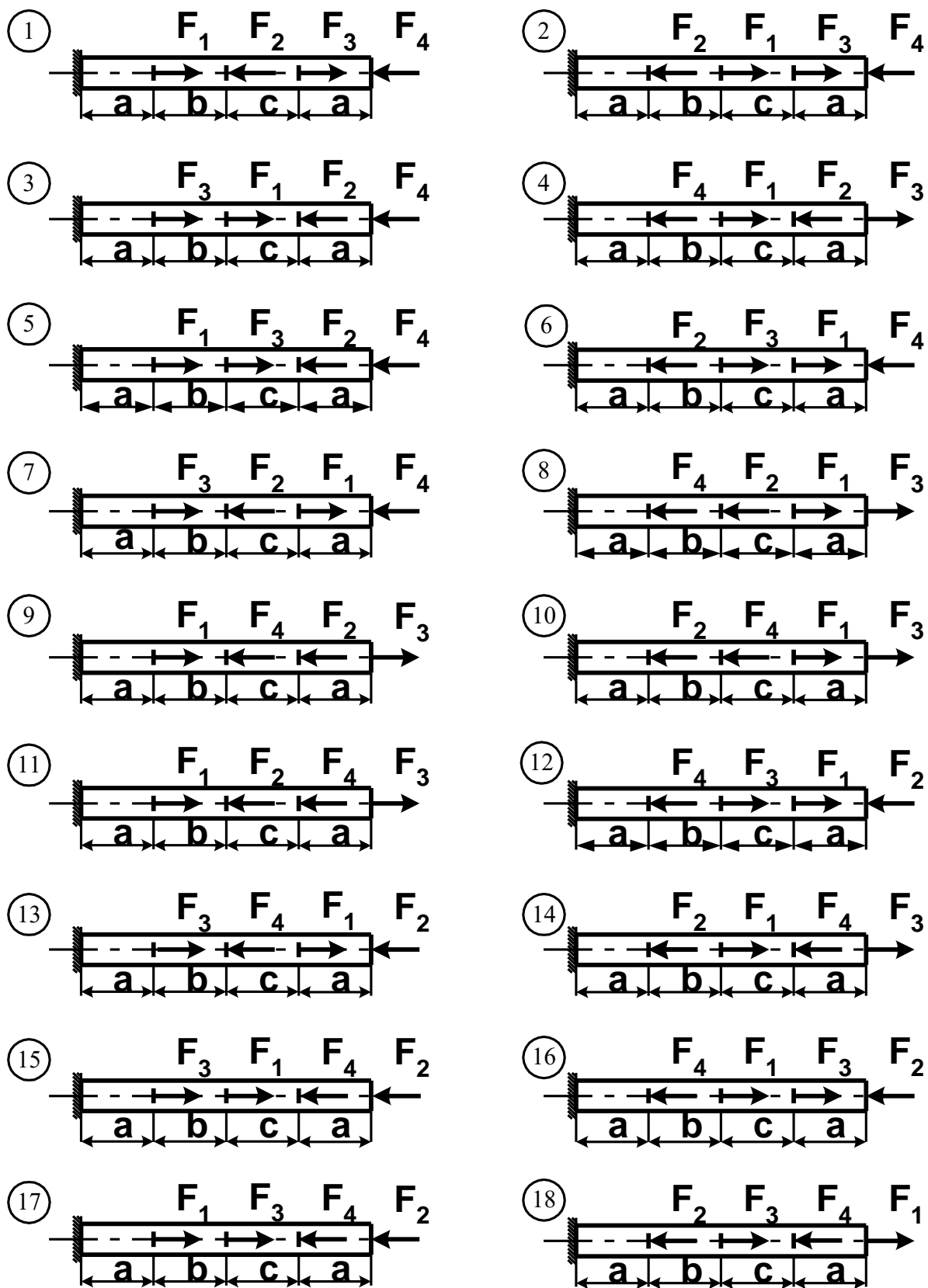


Рисунок 3 – Схеми стержнів

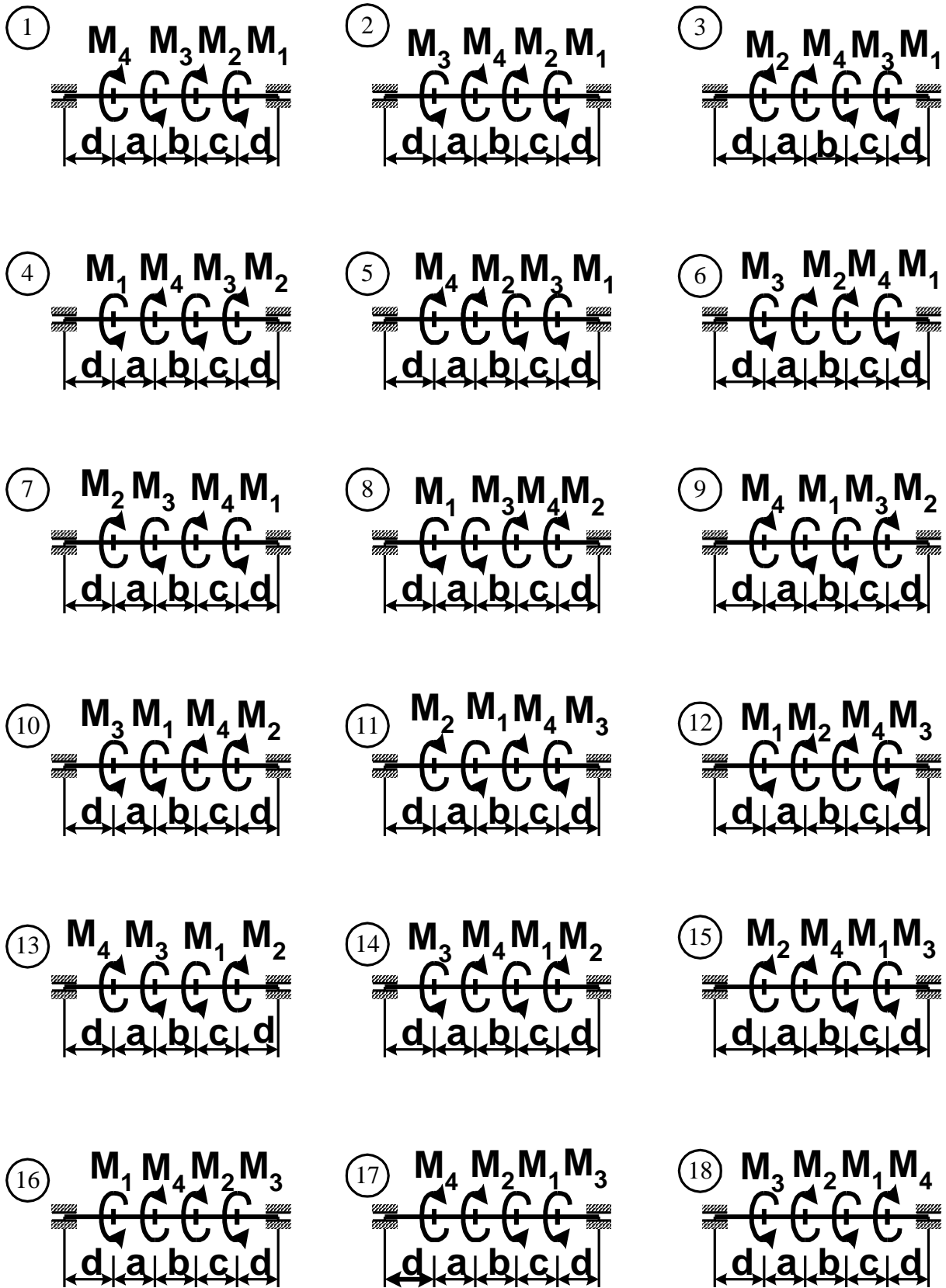


Рисунок 4 – Схеми валів

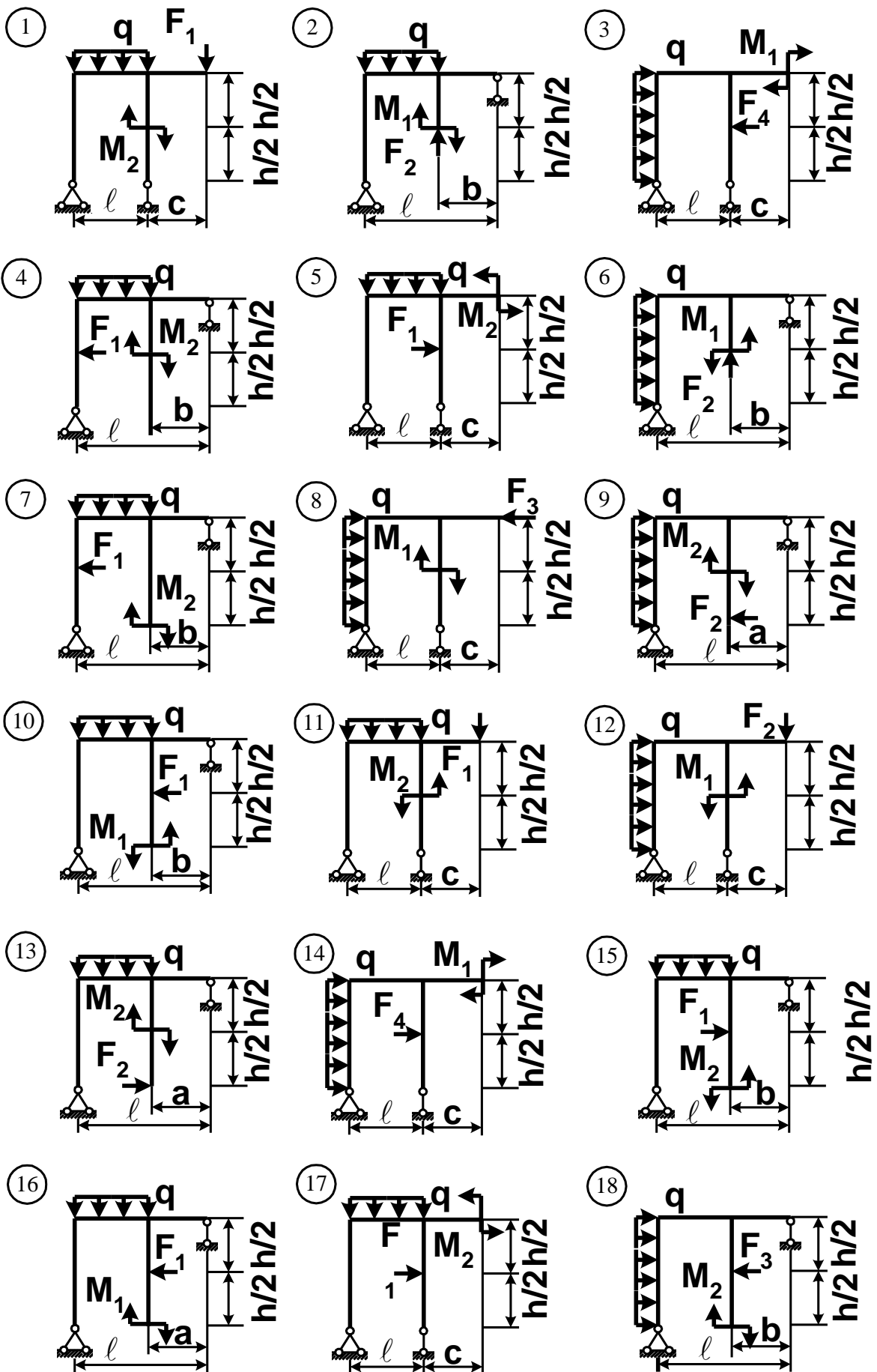


Рисунок 5 – Схемы плоских рам

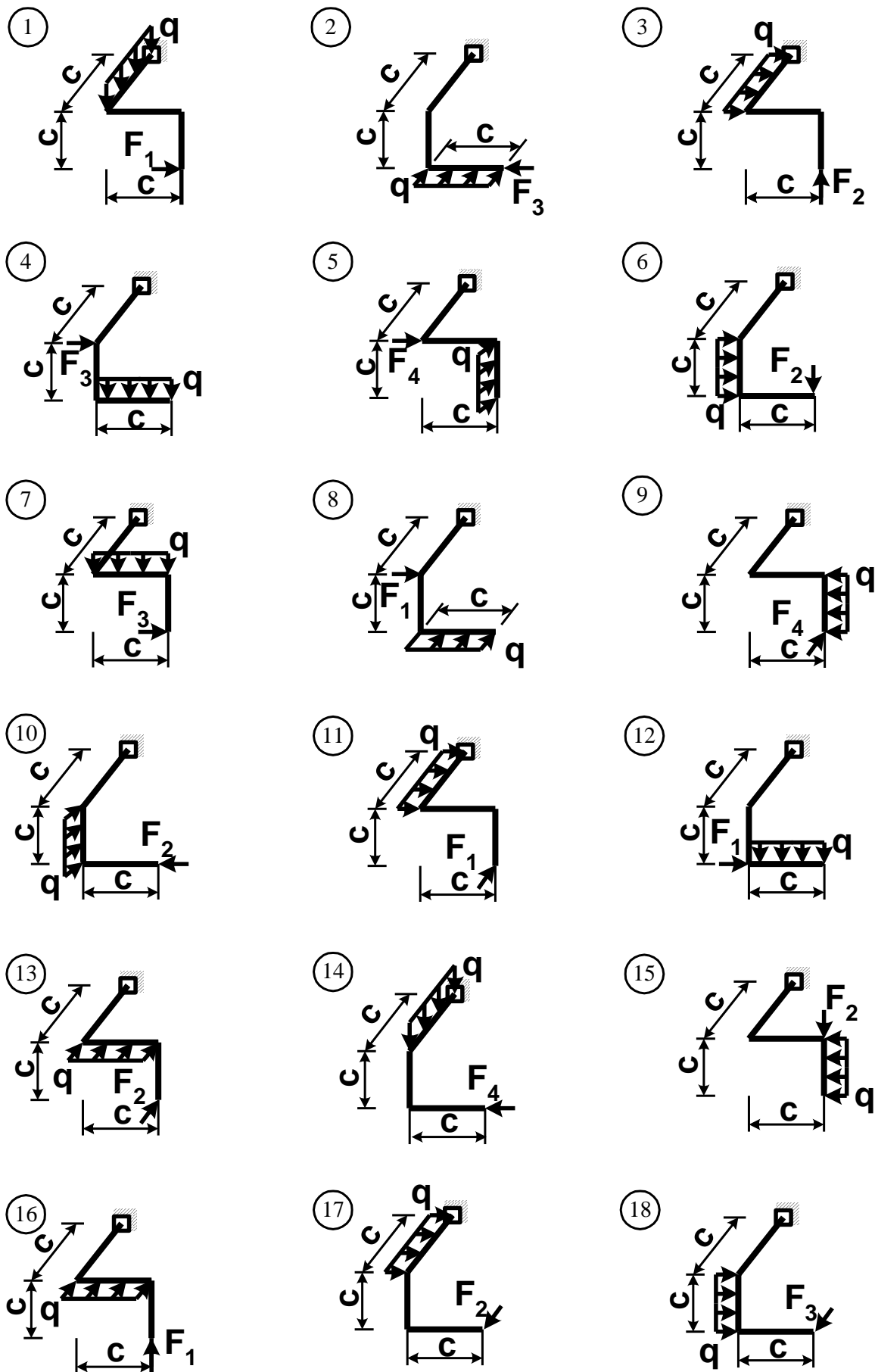


Рисунок 6 – Схемы просторових рам

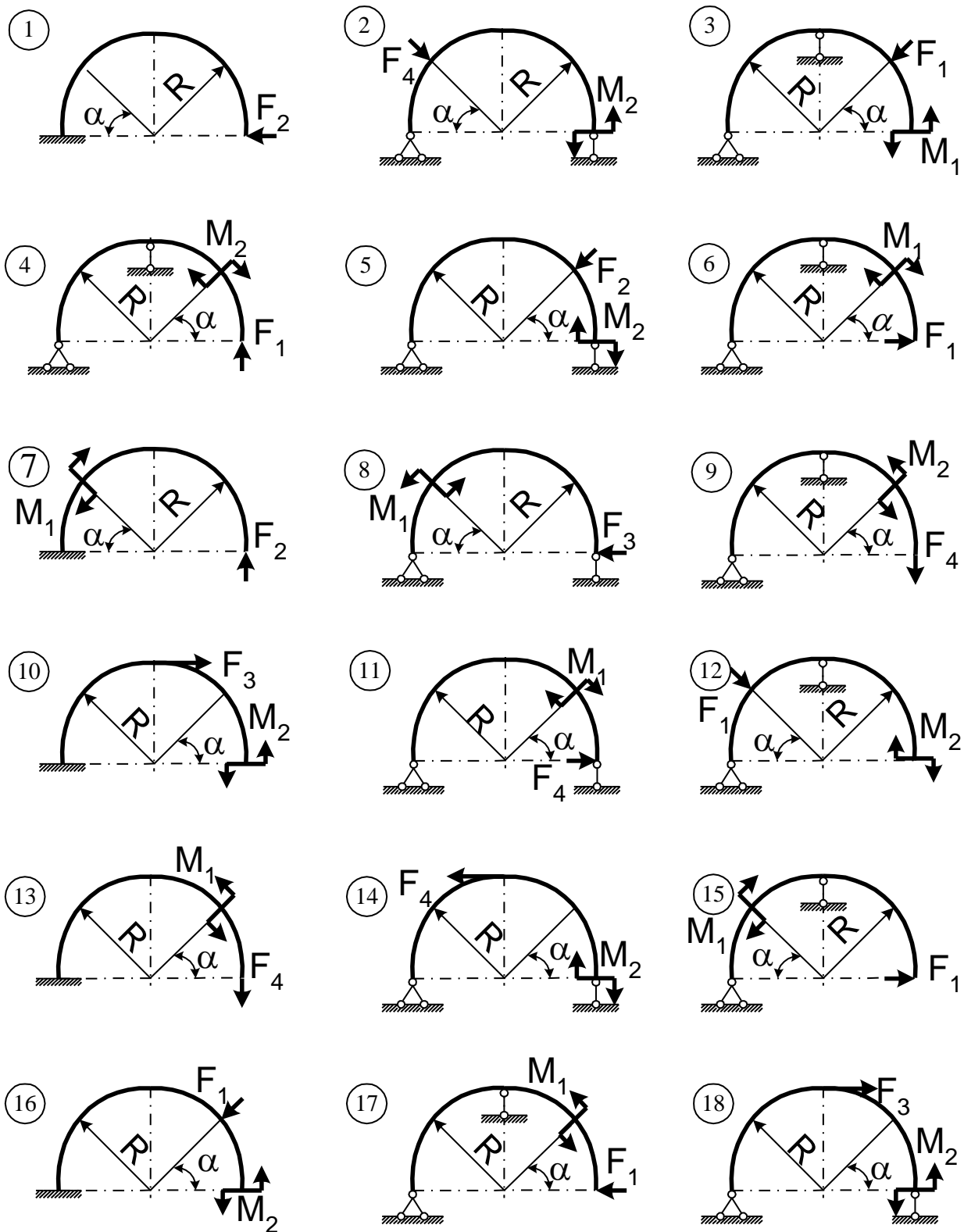


Рисунок 7 – Схеми кривих стержнів

Задача 8. Для заданого варіанта даних і розрахункової схеми стержневої системи (рисунок 8), вважаючи балку абсолютно жорсткою, треба з умови міцності при розтяганні визначити розміри перерізів сталевих стержнів (діаметр d).

Допустиме напруження для сталі $[\sigma] = 160$ МПа.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 2.

Таблиця 2 – Дані для розрахунків

Варіант	F ₁	F ₂	F ₃	q	a	b	l	h	α
	кН			кН/м	м				
1	110	200	15	230	1,5	0,1	2,5	1,0	20 ⁰
2	100	190	20	220	1,4	0,3	2,3	1,5	15 ⁰
3	120	180	18	200	1,2	0,2	2,0	1,4	10 ⁰
4	100	220	16	210	1,4	0,3	2,4	1,2	20 ⁰
5	110	210	20	230	1,6	0,2	2,2	1,1	15 ⁰
6	120	200	15	220	1,4	0,1	2,0	1,0	20 ⁰
7	100	190	18	200	1,5	0,2	2,3	1,5	15 ⁰
8	110	180	20	210	1,4	0,3	2,5	1,3	10 ⁰
9	120	220	16	200	1,3	0,1	2,4	1,4	20 ⁰
10	100	210	18	210	1,4	0,2	2,2	1,5	15 ⁰
11	100	170	15	200	1,5	0,3	2,3	1,2	20 ⁰
12	110	190	16	210	1,4	0,1	2,5	1,1	15 ⁰
13	120	190	16	220	1,2	0,3	2,0	1,5	10 ⁰
14	100	200	15	230	1,4	0,2	2,4	1,3	15 ⁰
15	110	220	20	210	1,6	0,1	2,2	1,4	10 ⁰
16	120	170	15	200	1,2	0,1	2,5	1,5	20 ⁰
17	100	180	18	230	1,3	0,2	2,4	1,4	15 ⁰
18	110	170	20	220	1,6	0,3	2,0	1,2	10 ⁰

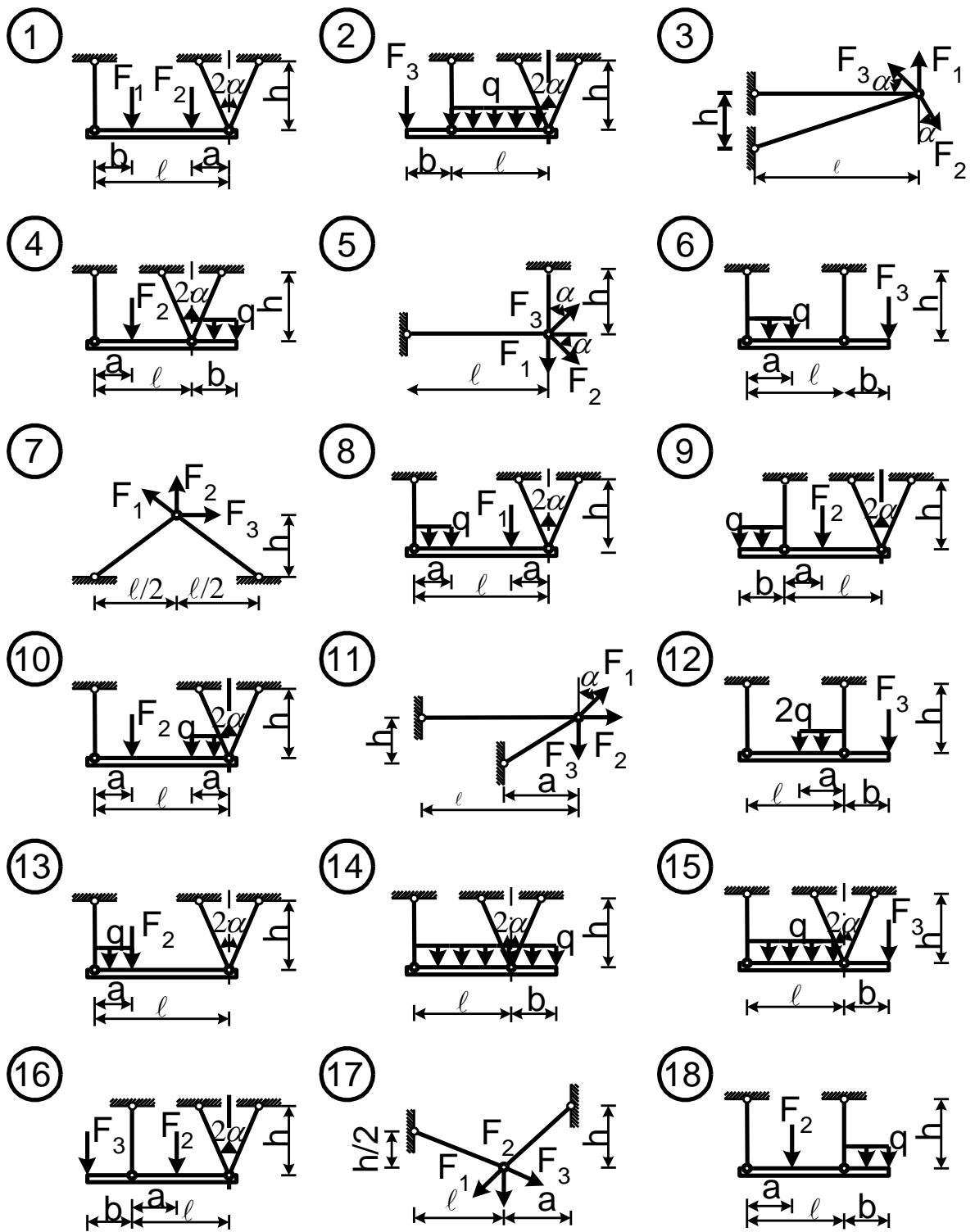


Рисунок 8 – Розрахункові схеми шарнірно-стержневих систем

Задача 9. Для заданого варіанта даних і розрахункової схеми сталевого східчастого стержня (рисунок 9) потрібно:

1 Побудувати епюри поздовжніх сил з урахуванням власної маси і діючого навантаження.

2 Побудувати епюру нормальних напружень.

3 Порівняти діючі напруження з допустимими, які дорівнюють $[\sigma] = 160$ МПа, і дати висновок про міцність стержня.

4 З урахуванням власної маси стержня знайти переміщення його вільного кінця, прийнявши $\gamma = 80$ кН/м³ і $E = 2 \times 10^5$ МПа.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 3.

Таблиця 3 – Дані для розрахунків

Варіант	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	0,3
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
11	20	30	56	0,4	0,5	0,3	0,8	0,4
12	26	38	52	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5
13	22	36	54	0,3	0,7	0,6	0,7	0,3
14	28	34	60	0,2	0,7	0,3	0,7	0,6
15	24	40	54	0,1	0,2	0,5	0,4	0,3
16	22	32	60	0,5	0,7	0,4	0,8	0,6
17	26	40	60	0,1	0,7	0,7	0,3	0,5
18	20	44	58	0,2	0,6	0,6	0,8	0,4

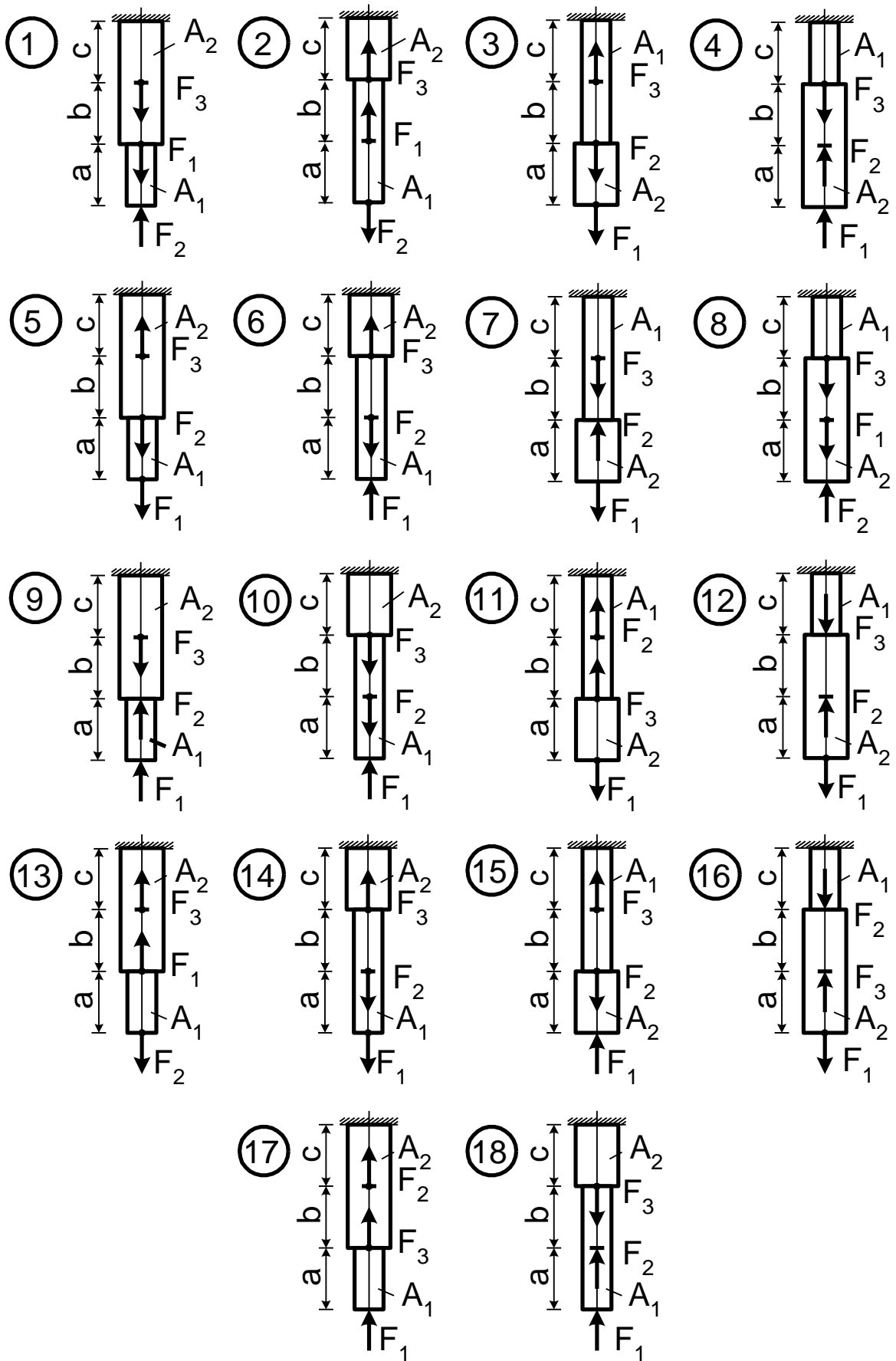


Рисунок 9 – Розрахункові схеми східчастого бруса

Задача 10. Для заданого варіанта даних і розрахункової схеми статично невизначної системи (рисунок 10) перевірити міцність усіх сходинок стержня із чавуну, якщо допустиме напруження матеріалу при розтяганні $[\sigma]_p = 60$ МПа і при стисканні $[\sigma]_c = 120$ МПа. Температурний коефіцієнт лінійного розширення чавуну $\alpha = 12 \times 10^{-6}$.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 4.

Таблиця 4 – Дані для розрахунків

Варіант	F ₁	F ₂	A	a	b	c
	кН		10 ⁻⁴ м	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
11	100	300	35	0,4	0,6	0,5
12	100	350	40	0,6	0,6	0,4
13	150	300	35	0,4	0,4	0,6
14	150	400	30	0,5	0,5	0,4
15	200	370	25	0,5	0,6	0,4
16	150	320	40	0,6	0,6	0,6
17	140	390	35	0,6	0,7	0,5
18	150	350	40	0,4	0,3	0,7

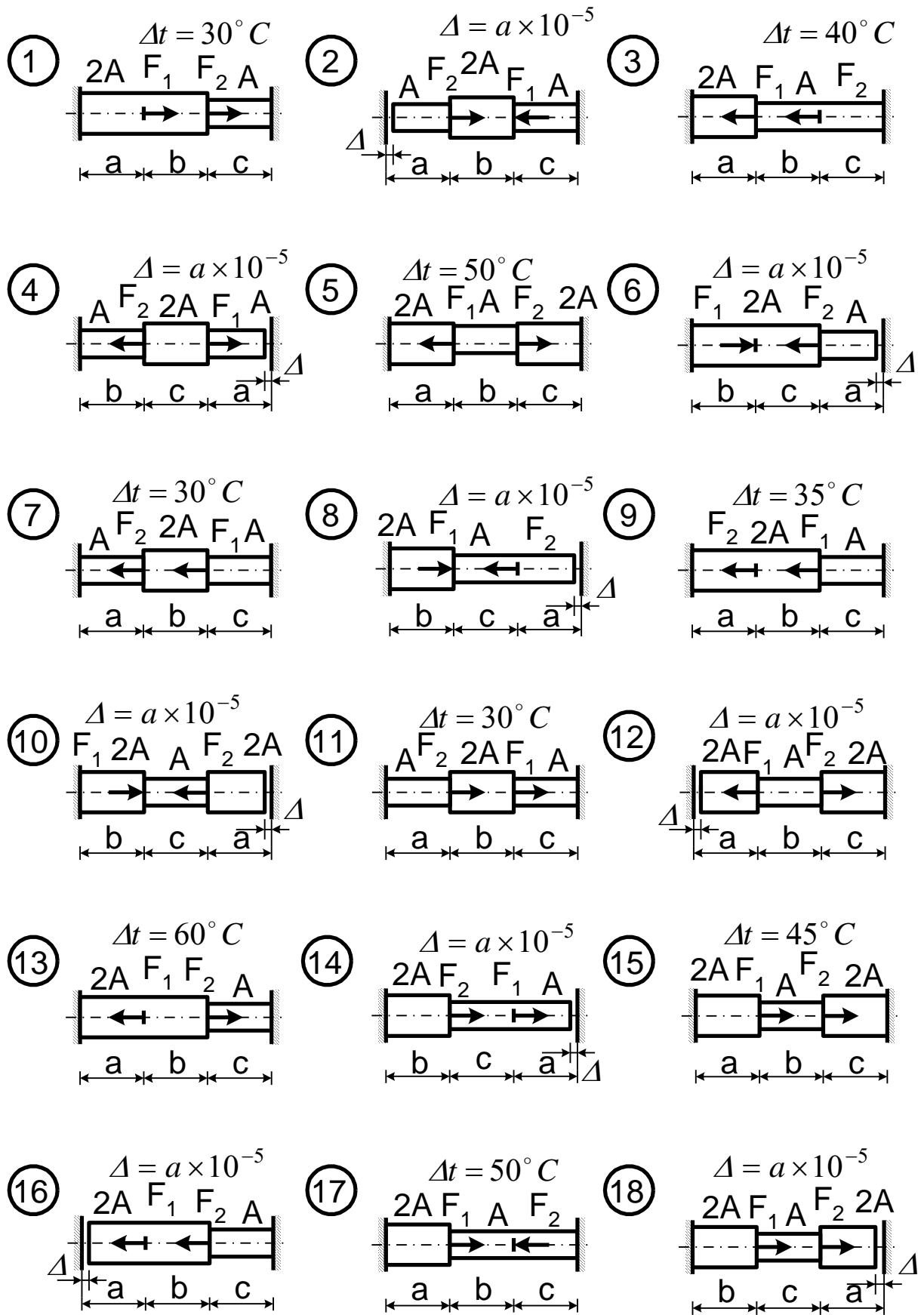


Рисунок 10 – Розрахункові схеми статично невизначних схем

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 2

Визначення геометричних характеристик плоских перерізів з контролем розв'язку на ПЕОМ. Розрахунок на міцність і визначення переміщень у балках при згині з контролем розв'язку на ПЕОМ

Задача 1. Для заданого варіанта даних і схеми складного перерізу стержня (рисунок 12) визначити положення головних центральних осей і знайти величини головних моментів інерції.

Дані для розрахунків узяті з таблиці 5.

Примітка – Схему перерізу в розрахунково-графічній роботі треба накреслити в масштабі 1:2 і вказати всі необхідні для розрахунків розміри.

Таблиця 5 – Дані для розрахунку

Варіант	b	h	Номер двотавра	Номер швелера	Розміри нерівнобокого кутика, мм
	см	см			
1	42	2.4	30	14	200 × 125 × 14
2	40	1.5	27	16а	180 × 110 × 12
3	45	1.2	24а	20	160 × 100 × 14
4	48	1.5	20	22а	140 × 90 × 8
5	45	1.8	16	24	125 × 80 × 12
6	48	2	14	27	100 × 63 × 10
7	42	2.4	27а	12	200 × 125 × 12
8	40	1.8	24	14а	180 × 110 × 10
9	45	2.4	20а	18	160 × 100 × 12
10	42	1.5	18	20а	140 × 90 × 10
11	48	2	30	22	125 × 80 × 10
12	50	1.8	22	30	90 × 56 × 10
13	45	1.6	22а	16	200 × 125 × 16
14	40	2	33	18а	160 × 100 × 9
15	50	2.4	36	24а	100 × 63 × 8
16	45	2	22	16	200 × 125 × 11
17	40	2.4	18а	20	110 × 70 × 8
18	42	1.2	20	24	100 × 63 × 8

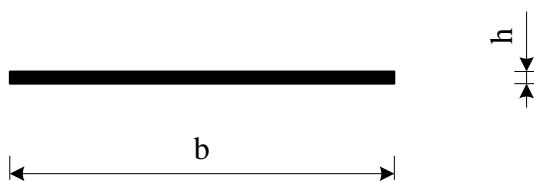


Рисунок 11 – Поперечний переріз пластини

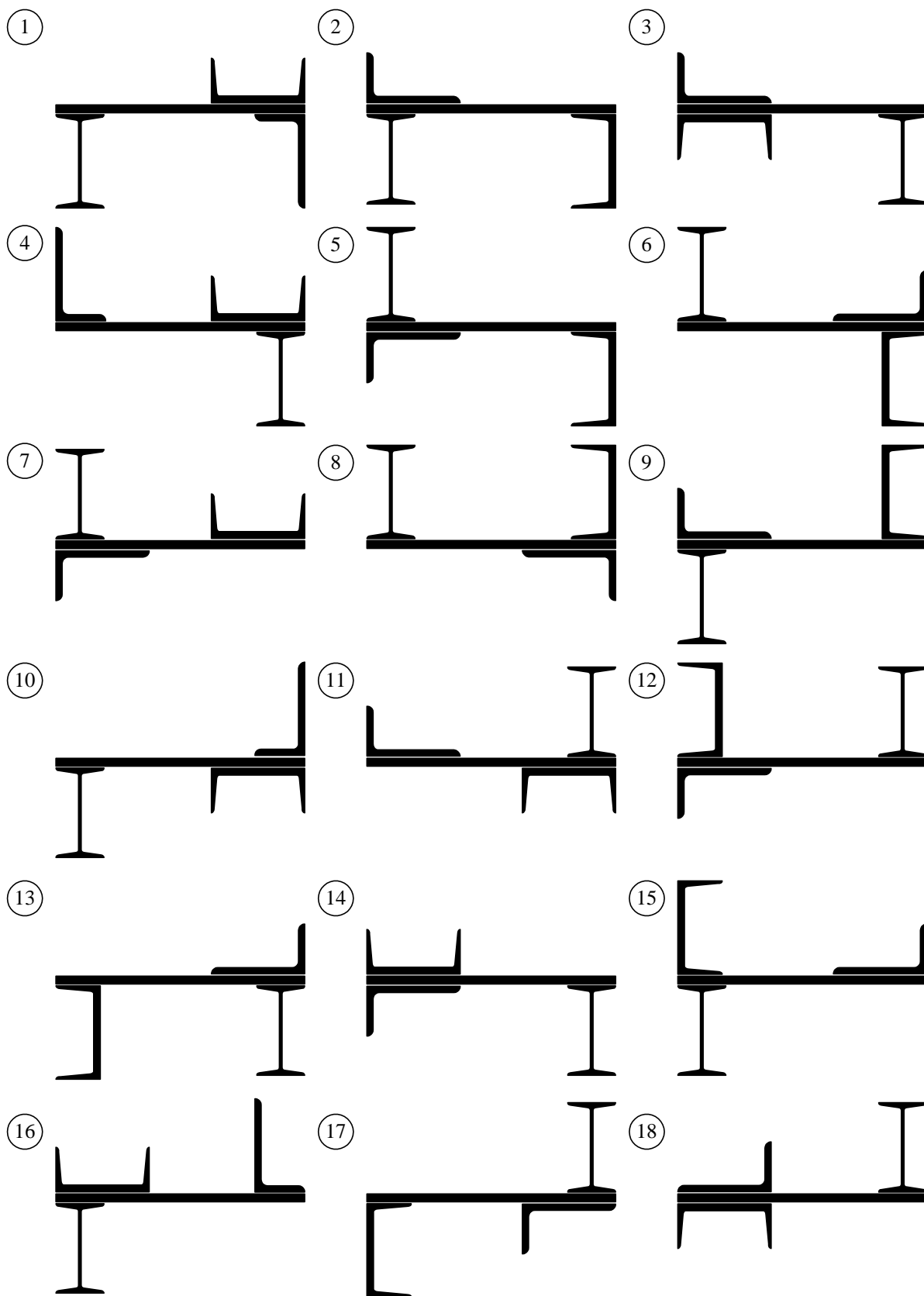


Рисунок 12 – Схеми плоских перерізів

Задача 2. Розрахунок сталевий балки.

Для заданого варіанта розрахункової схеми сталевий балки (рисунок 13) потрібно:

1 Побудувати епюри згинальних моментів і поперечних сил.

2 Підібрати переріз балки у вигляді двотавра, прямокутника (при $h/b = 2$ і $h/b = 0,5$), круга і кільця (при $K = d/D = 0,7$) і дати їх порівняльну оцінку залежно від площі перерізу.

3 Для балки двотаврового перерізу побудувати епюри нормальних, дотичних і головних напружень та виконати повну перевірку міцності в небезпечному перетині.

Допустиме напруження $[\sigma] = 160$ МПа, $[\tau] = 100$ МПа . Дані для розрахунку взяти з таблиці 6.

Таблиця 6 – Дані для розрахунку

Варіант Т	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
11	20	60	6	12	7	2
12	25	80	8	10	8	1
13	40	40	5	9	6	2
14	35	90	7	12	7	1
15	30	50	8	10	6	2
16	20	50	8	12	8	1
17	40	60	6	10	7	2
18	35	70	5	9	6	1

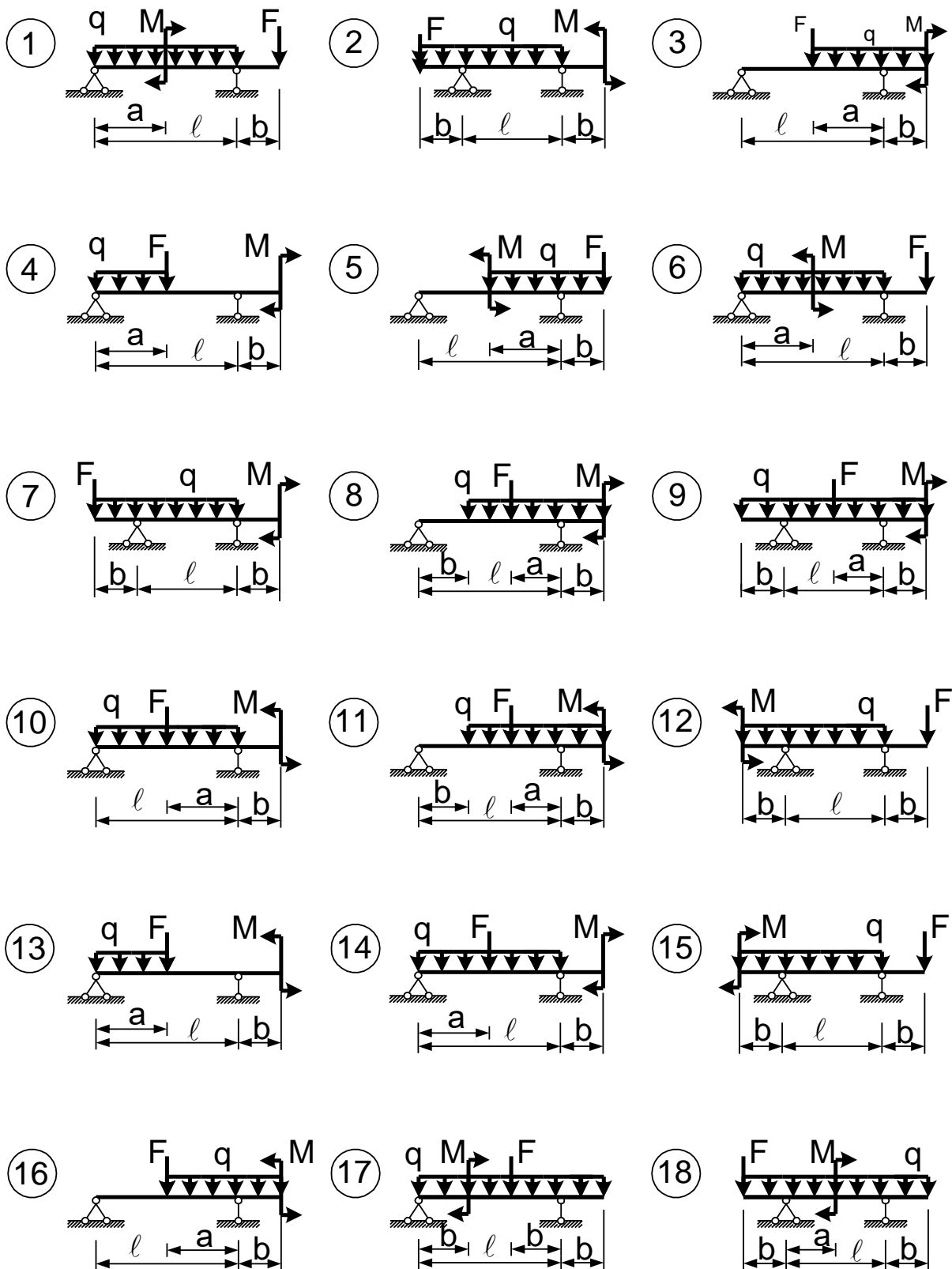


Рисунок 13 – Розрахункові схеми балок

Задача 3. Для заданого варіанта розрахункової схеми балки (рисунок 14) визначити в перетині К прогин і кут повороту.

Жорсткість балки по всій довжині прийняти постійною ($EI = \text{const}$).

Дані для розрахунків узяти з таблиці 7.

Таблиця 7 – Дані для розрахунків

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
11	20	40	4	10	3	6	2
12	25	40	6	12	4	6	1
13	15	50	4	9	3	7	2
14	30	50	5	10	3	7	1
15	15	20	5	12	3	8	1
16	20	50	8	10	4	5	2
17	25	20	4	12	3	6	1
18	30	30	6	9	3	6	1

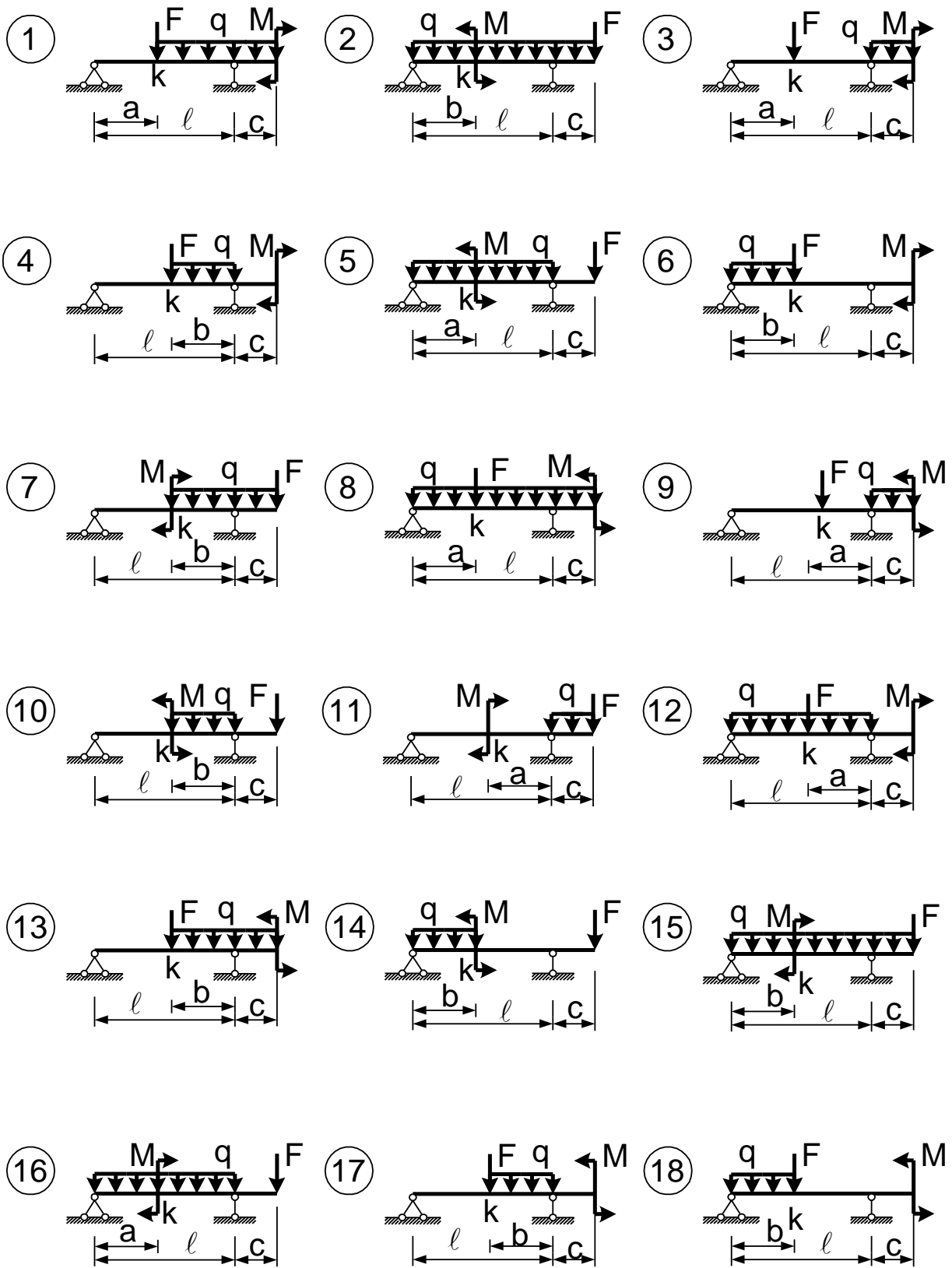


Рисунок 14 – Схеми дерев'яної балки

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 3

Розрахунок тонкостінного стержня відкритого профілю із застосуванням ПЕОМ

Для консольного тонкостінного стержня довжиною l , завантаженого на вільному кінці крутним моментом $M_{\text{окр}} = F \times l$ (рисунки 15, 16; таблиця 8), потрібно:

1 Визначити положення центру ваги перерізу, осьові I_y , I_z та відцентровий I_{yz} моменти інерції відносно центральних осей.

2 Визначити координати a і b у центрі згину.

3 Визначити секторальний момент інерції перерізу стержня.

4 Визначити нормальні й дотичні напруження в защемленні консольного стержня. Побудувати сумарні епюри нормальних напружень від бімоменту і згинальних моментів і дотичних напружень від згинально-крутного моменту і поперечних сил.

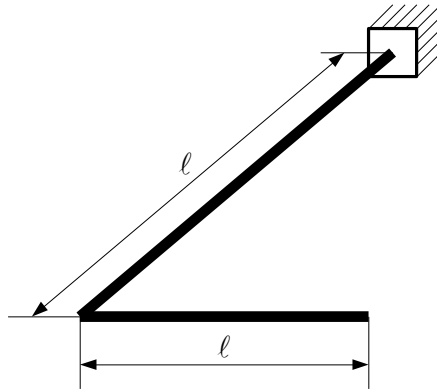


Рисунок 15

Таблиця 8 – Дані для розрахунку

Варіант	δ	a	b	F	l
	см			кН	м
1	0,8	20	30	10	3
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
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
11	1,6	40	20	40	4
12	0,8	30	40	10	3
13	1,0	20	30	20	4
14	1,2	15	20	30	3
15	1,4	40	20	40	4
16	1,6	30	30	50	3
17	1,8	20	30	10	3
18	1,0	20	40	20	4

Примітка – Сила F прикладається вертикально в найбільш віддаленій від центру точці перерізу стержня.

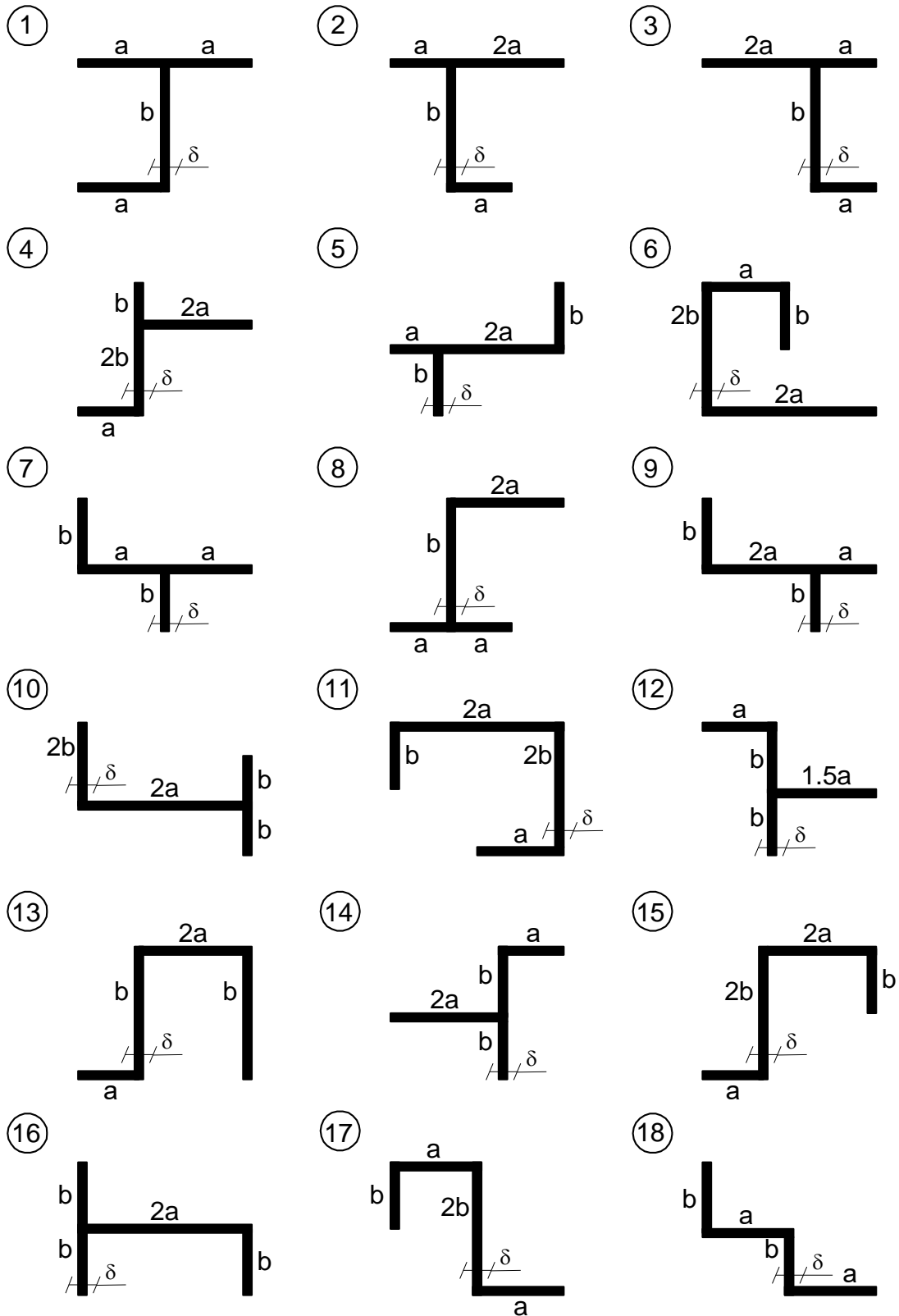


Рисунок 16 – Схеми перерізів тонкостінних стержнів

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 4

Розрахунок на складний опір та стійкість з контролем розв'язку на ПЕОМ

Задача 1. Дерев'яна балка прямокутного поперечного перерізу (рисунки 17, 19) навантажена вертикальною силою F у т. А та горизонтальною силою F у т. В (обидві точки розміщені на осі балки). В опорах балки виникають як вертикальні, так і горизонтальні реакції, які спрямовані за перпендикуляром до площини креслення. Потрібно:

1 Побудувати епюри $M_{\text{верт}}$ та $M_{\text{гор}}$ і виявити положення небезпечного перерізу.

2 Підібрати розміри поперечного перерізу при $[\sigma]=10\text{МПа}$.

3 Визначити положення нейтральної лінії у небезпечному перерізі балки та побудувати для цього перерізу епюру нормальних напружень в аксонометрії.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 9.

Таблиця 9 – Дані для розрахунку задачі 1

Варі- ант	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
11	12	15	8	6	1	2,2
12	10	18	6	8	2	1,8
13	6	12	4	12	1	2,0
14	8	15	3	10	2	2,2
15	12	14	8	12	1	2,1
16	10	17	5	6	2	2,0
17	12	19	6	8	2	2,2
18	6	21	7	10	1	1,8

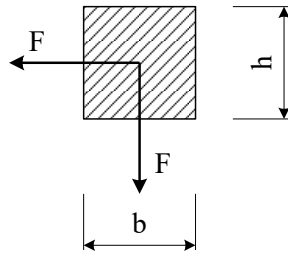


Рисунок 17 – Поперечний переріз дерев'яної балки

Задача 2. Бетонний короткий стержень (рисунок 20) стискується поздовжньою силою, яка прикладена в т. А. Потрібно:

1 Обчислити найбільші напруження, що виникають при розтяганні та стисканні, виразити значення цих напружень через F .

2 Знайти допустиме навантаження F при заданих розмірах поперечного перерізу та розрахунковому опорі бетону при стисканні $\sigma_{сж} = 30\text{МПа}$ і при розтяганні $\sigma_p = 2\text{МПа}$.

3 Побудувати ядро перерізу.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 10.

Таблиця 10 – Дані для розрахунку задачі 2

Варіант	а	в
	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
11	25	130
12	30	180
13	26	160
14	22	130
15	28	140
16	22	150
17	24	120
18	26	130

Задача 3. На рисунку 21 зображена в аксонометрії вісь ламаного стержня кільцевого поперечного перерізу, яка розташована в горизонтальній площині і має прямі кути в т. А і В. На стержень діє вертикальне навантаження. Потрібно:

1 Побудувати окремо (в аксонометрії) епюри згинальних та крутних моментів.

2 Знайти небезпечний переріз і визначити для нього значення розрахункового моменту, користуючись четвертою теорією міцності.

3 Визначити зовнішній та внутрішній діаметри стержня при допустимому напруженні $[\sigma]=80\text{МПа}$.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 11.

Таблиця 11 – Дані для розрахунку задачі 3

Варіант	F	q	l	a	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
11	12	8	1,5	1,0	0,6
12	8	12	1,2	0,4	0,5
13	9	10	1,0	0,6	0,8
14	10	6	1,4	0,5	0,6
15	14	12	2,0	0,8	0,8
16	12	10	2,0	0,9	0,8
17	8	6	1,6	0,7	0,6
18	10	10	1,8	0,5	0,5

Задача 4. Сталевий стержень довжиною l (рисунки 18, 22) стискається силою F . Потрібно:

1 Знайти розміри поперечного перерізу при допустимому напруженні на простий стиск $[\sigma]=160\text{МПа}$.

2 Розрахунок здійснювати послідовними наближеннями, спочатку задати значення коефіцієнта $\varphi = 0.5$.

Дані для розрахунків узяти з таблиці 12.

Таблиця 12 – Дані для розрахунку задачі 4

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
11	120	4,2
12	145	3,2
13	165	2,5
14	130	2,8
15	105	4,6
16	180	4,8
17	185	2,3
18	175	3,7

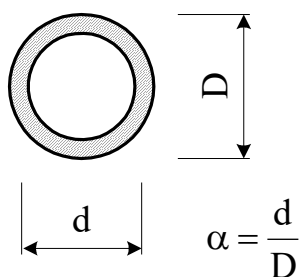


Рисунок 18 – Поперечний переріз ламаного стержня

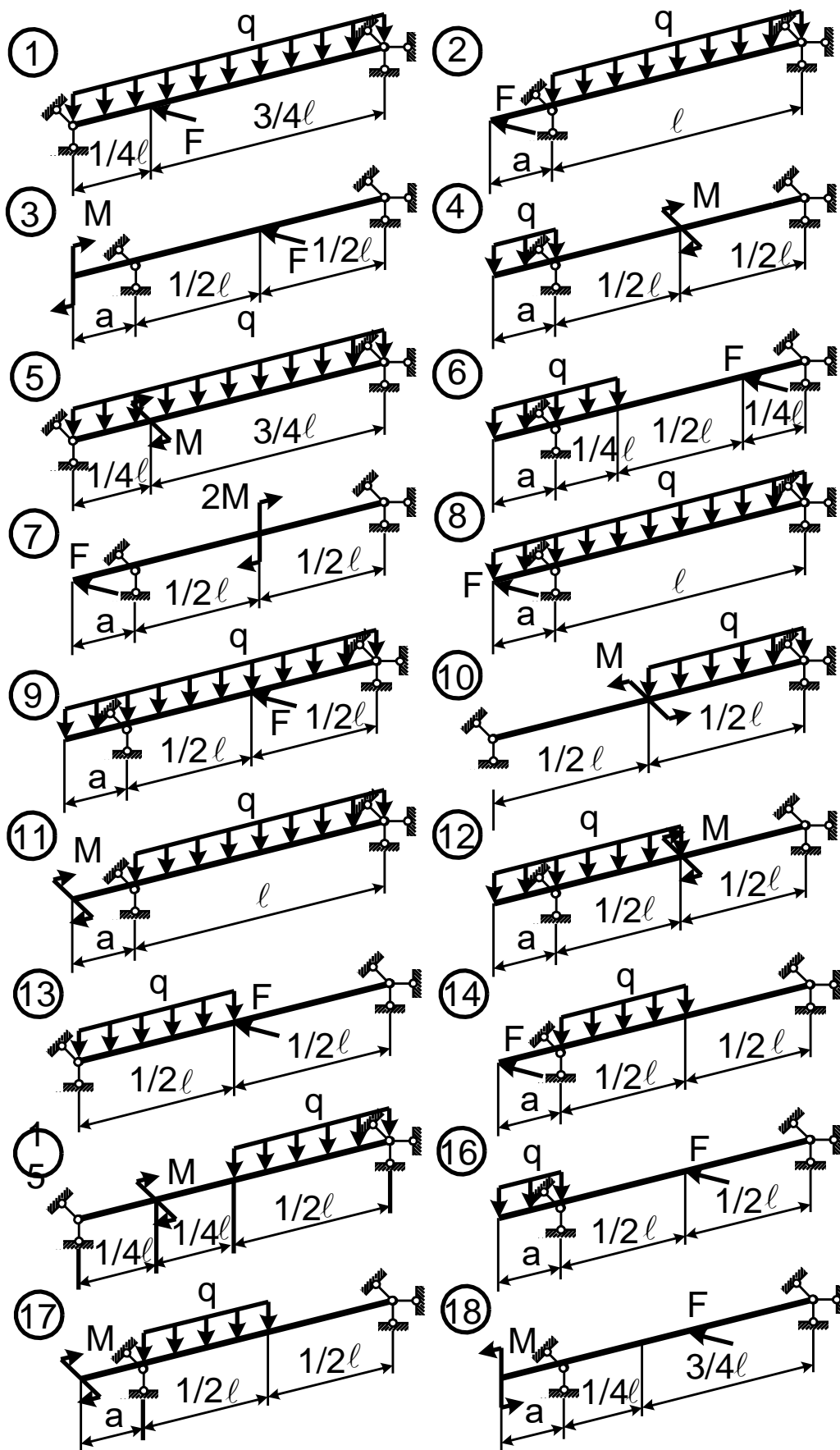


Рисунок 19 – Схеми дерев'яних балок

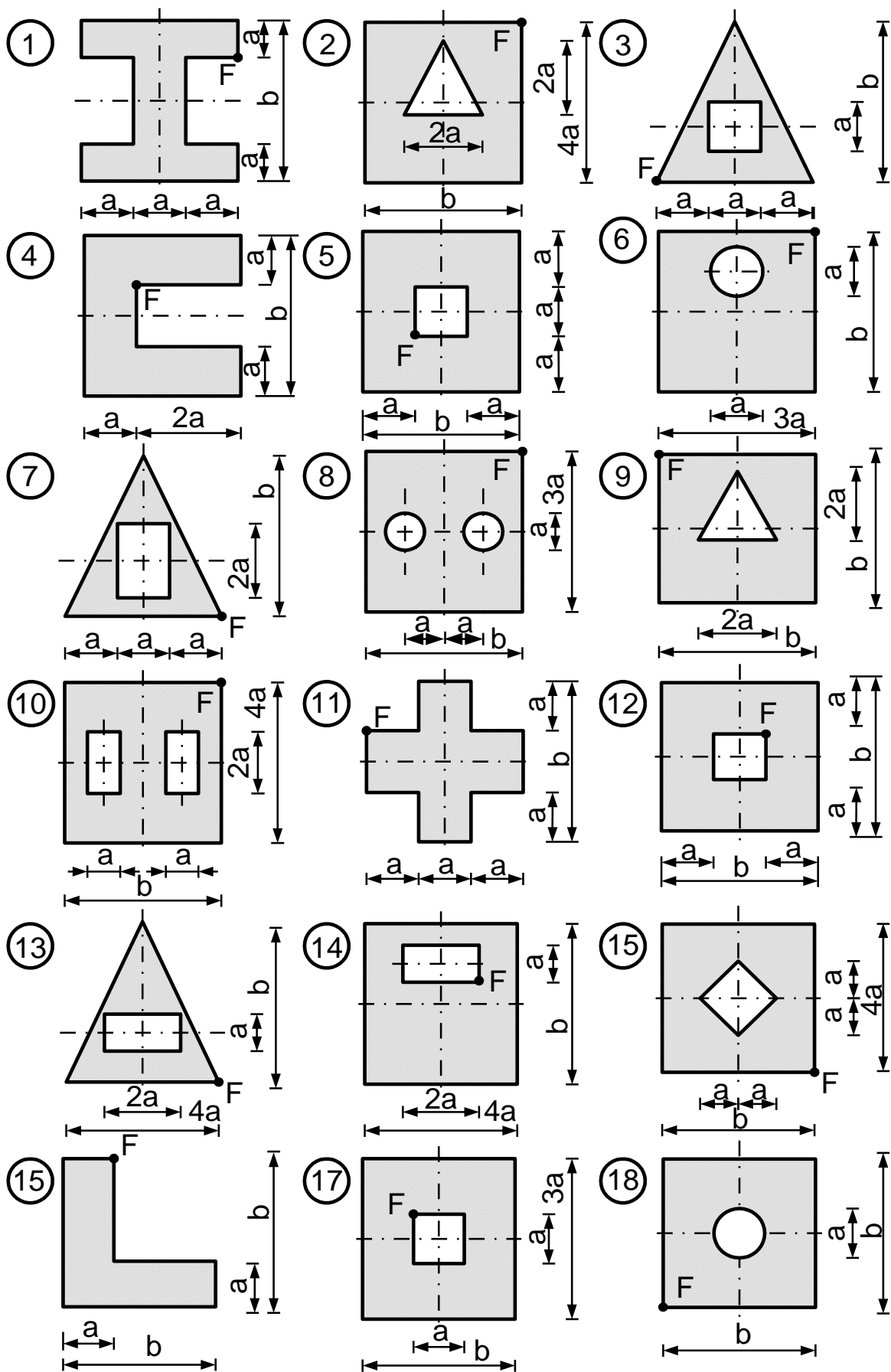


Рисунок 20 – Схеми поперечних перерізів бетонних стержнів

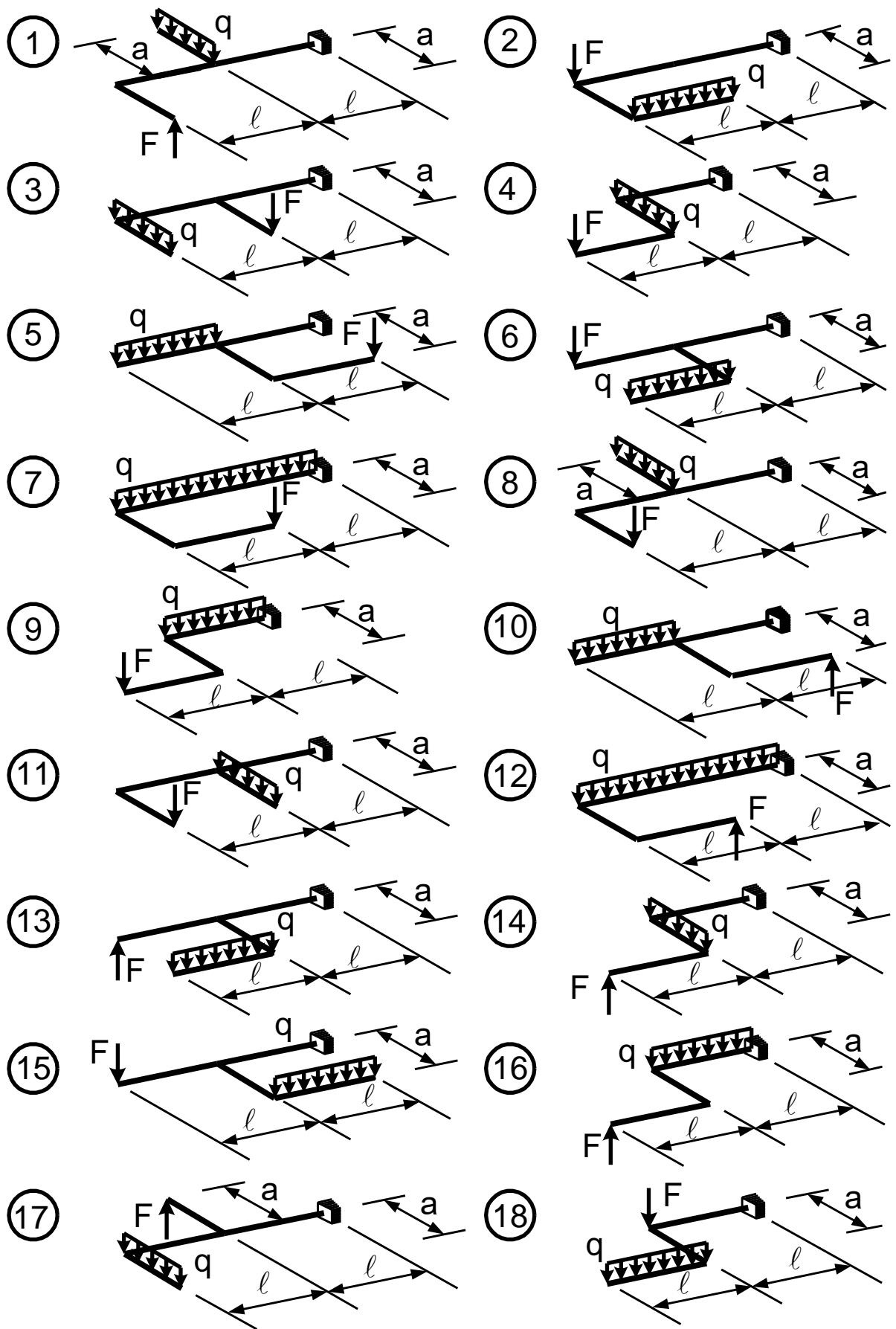


Рисунок 21 – Схеми ламаних стержнів

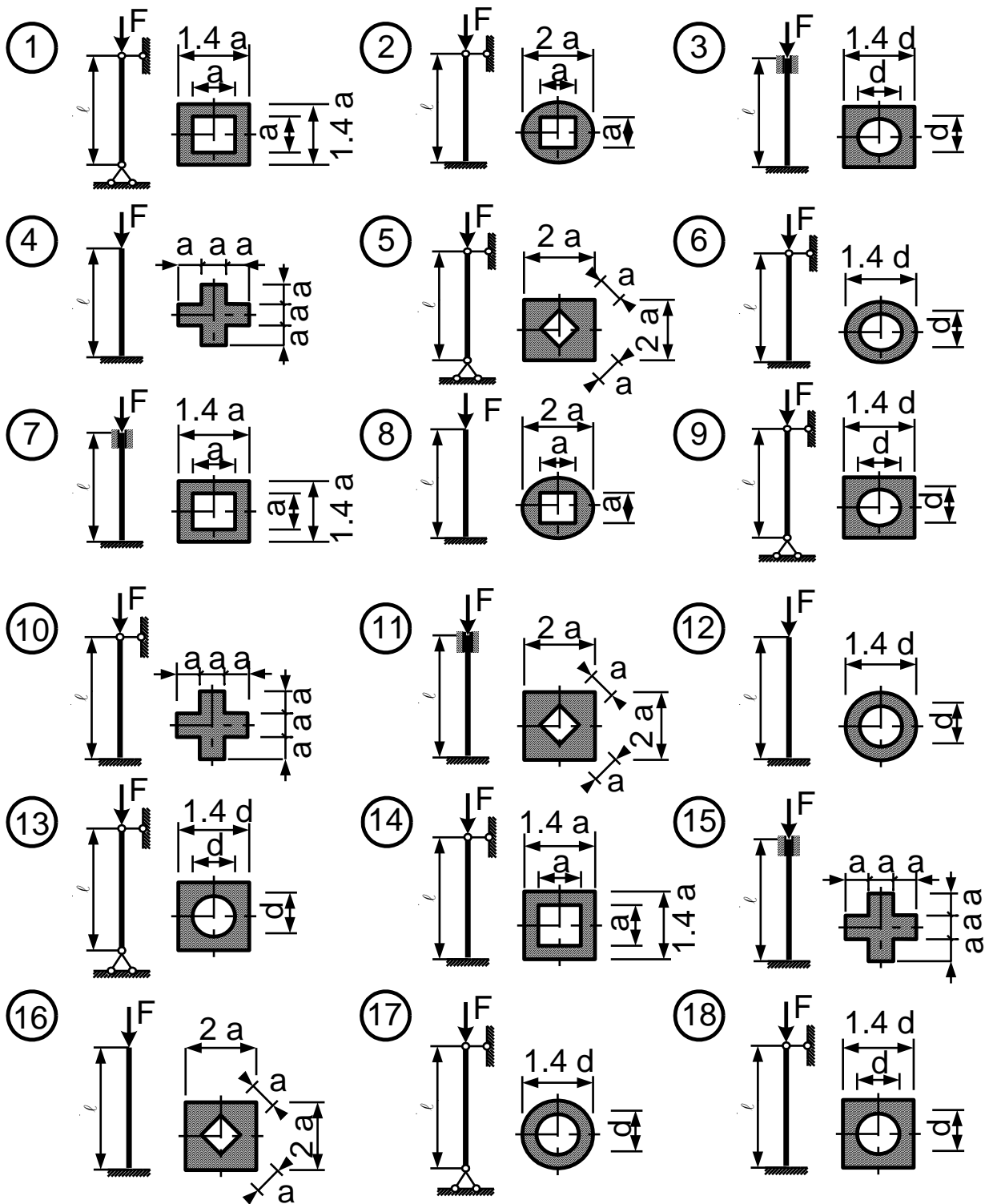


Рисунок 22 – Схеми сталевих стержнів

Частина 2

БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА ЗРС

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 1

Розрахунок плоских статично невизначних рам методом сил з контролем розв'язку на ПЕОМ

Задача 1. Розрахунок плоскої статично невизначної рами на дію зовнішнього навантаження.

Для заданого варіанта розрахункової схеми плоскої статично невизначної рами (рисунок 23) і вихідних даних (таблиця 13) потрібно:

- 1 Визначити ступінь статичної невизначності системи.
- 2 Намітити не менше трьох основних систем і вибрати з них раціональну.
- 3 Побудувати епюри згинальних моментів у вантажному та одиничному станах.
- 4 Записати канонічні рівняння методу сил.
- 5 Використовуючи інтеграл Мора, обчислити коефіцієнти канонічних рівнянь і вільні члени.
- 6 Перевірити правильність обчислених коефіцієнтів і вільних членів.
- 7 Розв'язати систему канонічних рівнянь та перевірити правильність їх розв'язку.
- 8 Побудувати епюру згинальних моментів у заданій системі.
- 9 Виконати деформаційну перевірку.
- 10 Побудувати епюри поперечних і поздовжніх сил.
- 11 Виконати статичну перевірку системи.
- 12 Скласти таблицю вихідної інформації для розрахунку рами на ПЕОМ і виконати розрахунок. Результати порівняти з даними пунктів 8 і 10.

Таблиця 13 – Дані для розрахунку

Варіант	F	q	l	h	n
	кН	кН/м	м	м	-
1	6	2	5	2	2
2	8	4	6	2	3
3	10	2	8	4	2
4	12	3	6	5	4
5	8	2	8	4	2
6	10	4	6	4	3
7	12	2	8	6	2
8	10	3	4	2	4
9	14	2	10	6	3
10	8	3	8	6	4
11	14	4	10	5	2
12	6	3	6	4	3
13	6	2	4	4	2
14	10	3	5	6	4
15	14	4	10	2	2
16	6	4	8	6	3
17	8	3	5	6	2
18	6	4	6	2	3

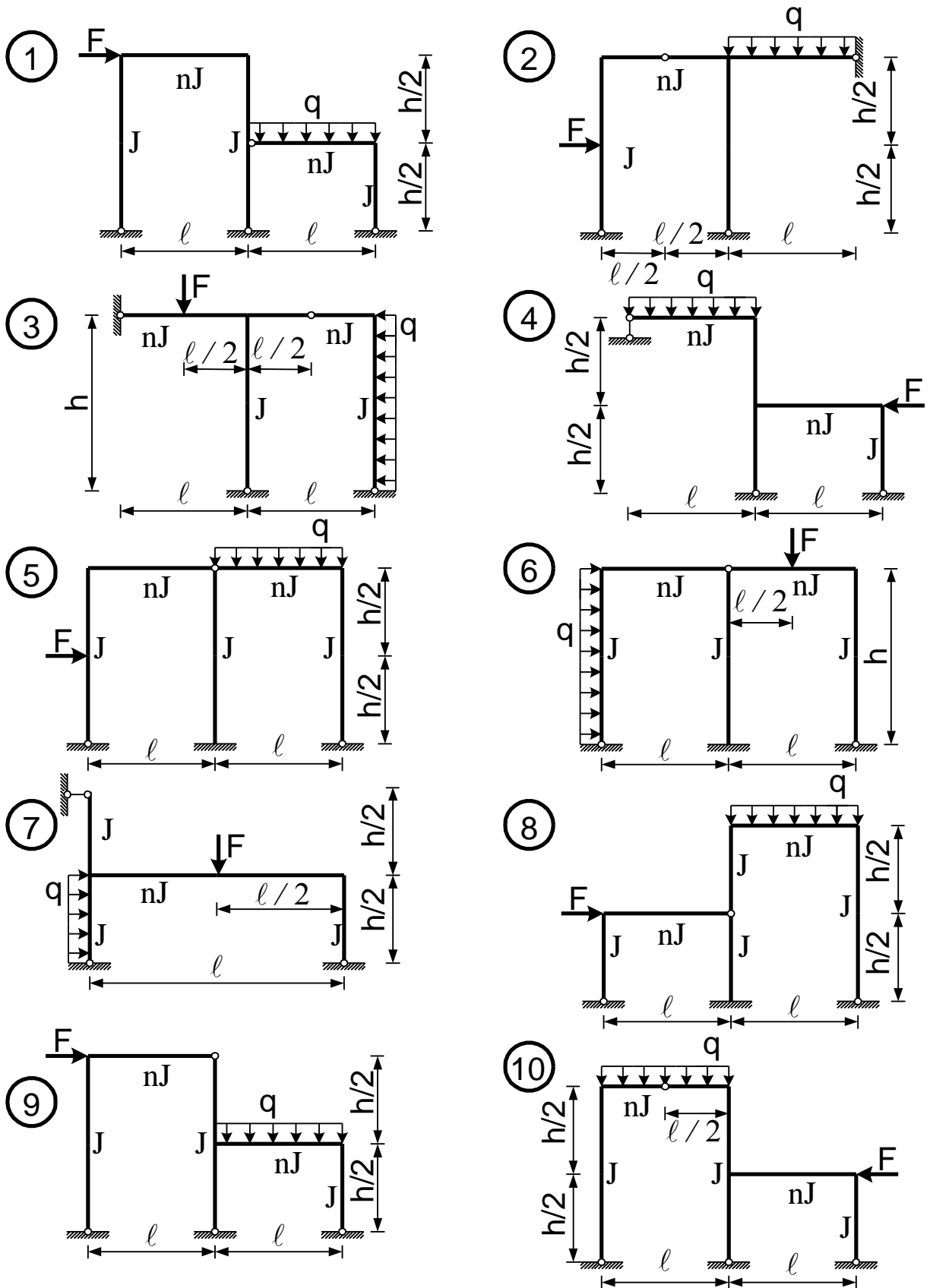


Рисунок 23 – Схеми статично невизначних рам

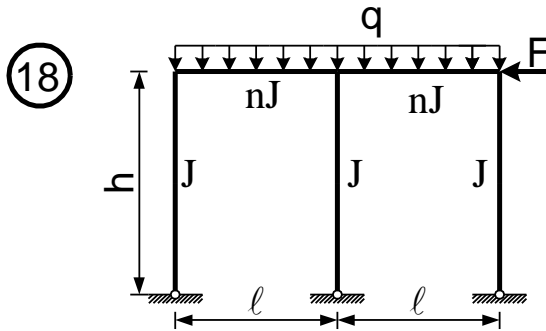
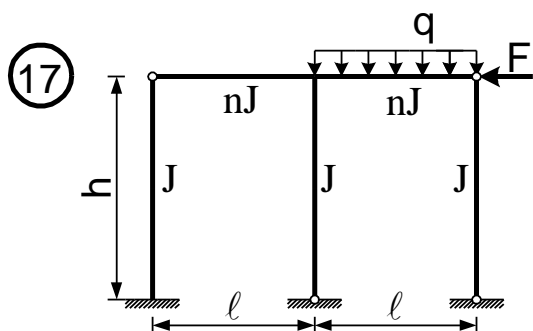
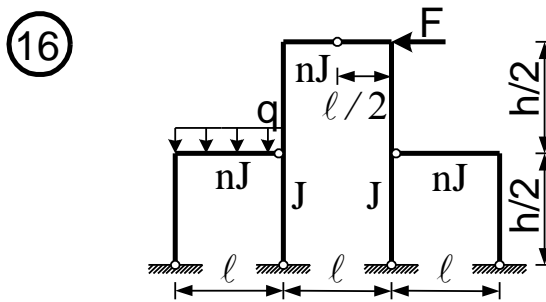
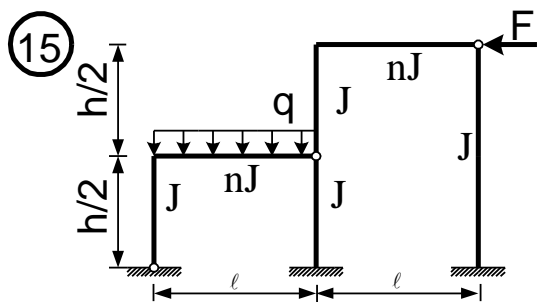
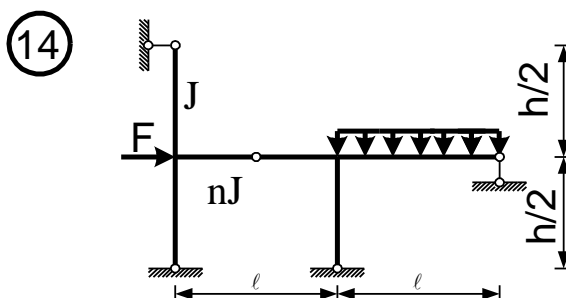
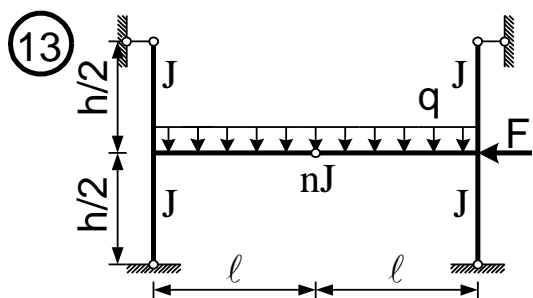
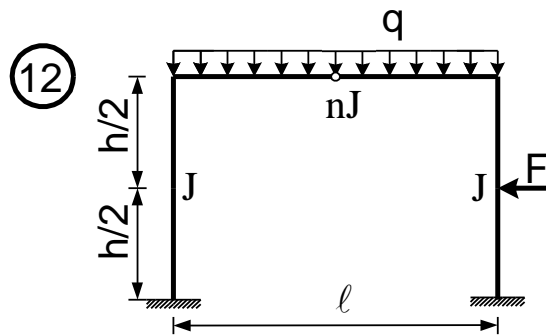
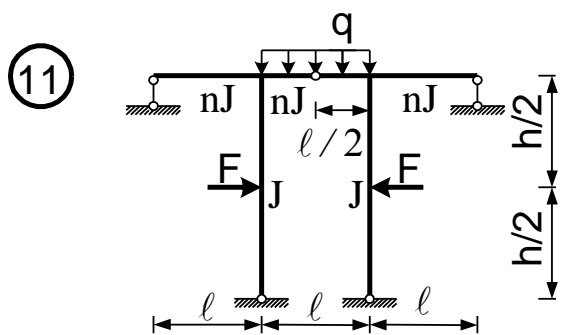


Рисунок 23, аркуш 2

Завдання на розрахунково-проектувальну роботу 2

Розрахунок плоских статично невизначних рам методом переміщень з контролем розв'язку на ПЕОМ

Задача 1. Розрахунок плоскої статично невизначної рами на дію зовнішнього навантаження.

План розв'язання задачі:

- 1 Визначити число невідомих.
- 2 Вибрати основну систему.
- 3 Побудувати в основній системі епюри згинальних моментів від одиничних невідомих та зовнішнього навантаження.
- 4 Скласти систему канонічних рівнянь.
- 5 Визначити коефіцієнти та вільні члени системи канонічних рівнянь і перевірити правильність обчислень.
- 6 Розв'язати систему та перевірити правильність розрахунку.
- 7 Побудувати епюру згинальних моментів у заданій статично невизначній рамі і перевірити її правильність.
- 8 Побудувати епюри поперечних і повздовжніх сил у заданій статично невизначній рамі і перевірити їх правильність.

Дані для розрахунку наведено у таблиці 14, схеми варіантів – на рисунку 24.

Таблиця 14 – Дані для розрахунку

Варіант	l_1	l_2	h_1	F	q	J_1/J_2
	м	м	м	кН	кН/м	
1	8	10	6	8	4	2
2	6	4	5	7	3	3
3	10	6	3	10	4	2
4	8	6	4	12	3	3
5	6	8	6	7	4	2
6	10	6	5	8	3	3
7	8	4	6	10	4	2
8	6	8	5	12	2	3
9	10	4	6	8	3	2
10	8	8	4	10	2	3
11	5	6	4	12	5	2
12	8	10	6	10	3	3
13	6	12	6	8	4	2
14	5	8	4	12	3	3
15	6	5	5	10	2	2
16	8	12	6	6	4	3
17	10	12	6	8	2	2
18	12	8	6	6	3	3

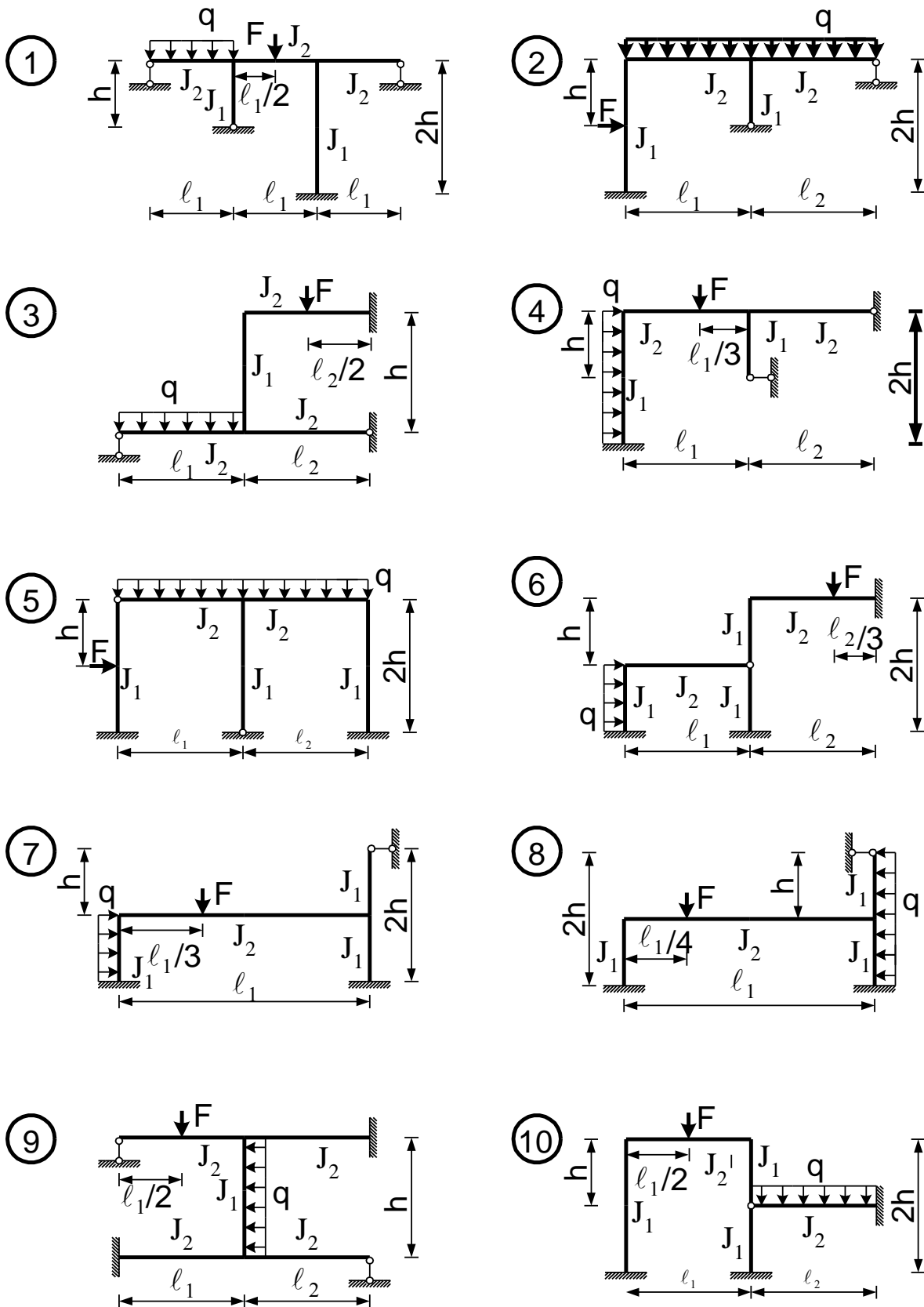


Рисунок 24 – Схеми статично невизначних рам

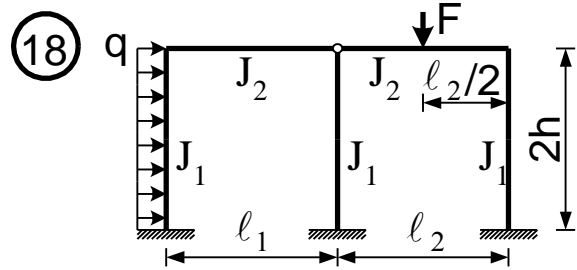
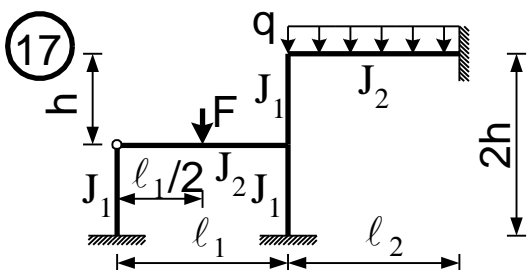
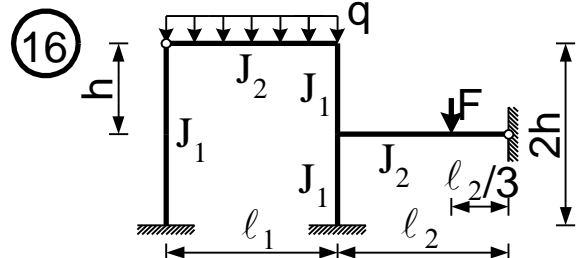
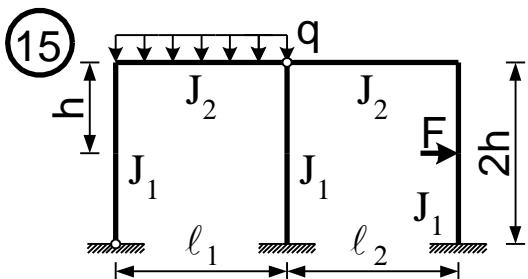
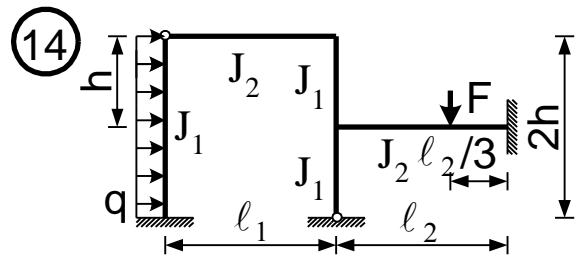
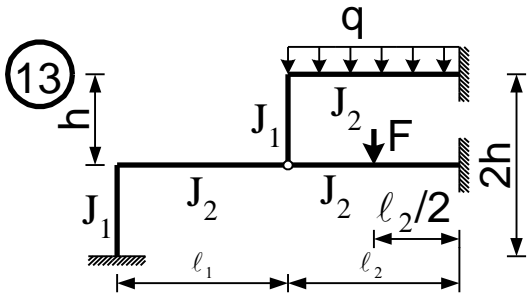
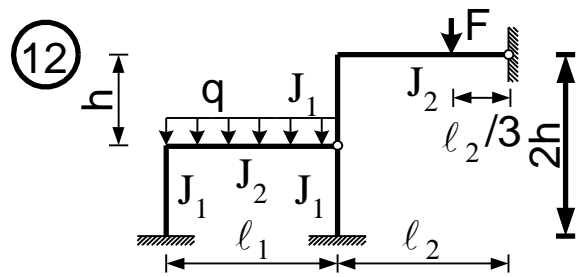
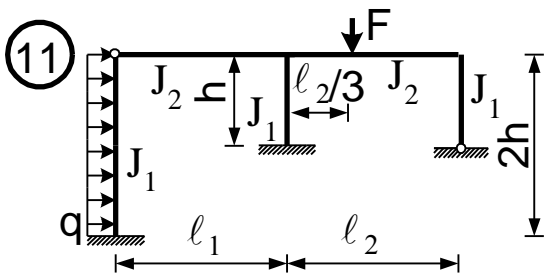


Рисунок 24, аркуш 2

Список літератури

- 1 Сопротивление материалов / Под ред. Г.С. Писаренко. – К.: Вища школа, 1986. – 775 с.
- 2 Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1965. – 856 с.
- 3 Чихладзе Е.Д. Опір матеріалів: Підручник. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 366 с.
- 4 Чихладзе Э.Д. Сопротивление материалов: Учебник. – Харьков: УкрГАЖТ, 2011. – 366 с.
- 5 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П. Побудова епюр внутрішніх сил в рамах з використанням ПЕОМ: Методичні вказівки. – Харків: ХарДАЗТ, 1998. – 48 с. – № 3322.
- 6 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П., Веревічева М.А. та ін. Визначення геометричних характеристик складних плоских перерізів з контролем рішення на комп'ютері: Методичні вказівки. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 48 с. – № 1424.
- 7 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П., Гайдук О.М. Розрахунок на міцність і визначення переміщень в балках при згині з контролем рішення на ПЕОМ: Методичні вказівки. – Харьков: ХарГАЖТ, 2001. – 76 с. – № 877.
- 8 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П., Веревічева М.А. Розрахунок тонкостінних стержнів відкритого профілю із застосуванням комп'ютера: Методичні вказівки. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 40 с. – № 3347.
- 9 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П., Веревічева М.А. та ін. Розрахунки на складний опір та стійкість із застосуванням ПЕОМ: Методичні вказівки. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 52 с. – № 888.
- 10 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П. Вибрані задачі з опору матеріалів з відповідями і розв'язаннями. – Харків: ХарДАЗТ, 2003. – 194 с.
- 11 Чихладзе Э.Д., Кислов А.Г., Кітов Ю.П. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов и строительной механике. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 233 с.
- 12 Чихладзе Е.Д., Кіслов О.Г., Кітов Ю.П. Лабораторний практикум з опору матеріалів та будівельної механіки. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 233 с.

13 Кітов Ю.П., Веревічева М.А., Чуменко С.М. Навчальний програмний комплекс з опору матеріалів. – Харків: ХарДАЗТ, 2002. – 62 с. – № 1050.

14 Дарков А.В., Кузнецов В.И. Строительная механика. – М.: Высшая школа, 1962. – 743 с.

15 Чихладзе Э.Д. Строительная механика. – Харьков: УкрГАЖТ, 2011. – 320 с.

16 Чихладзе Е.Д. Будівельна механіка. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 320 с.

17 Строительная механика стержневых систем и оболочек / Под ред. Ю.И. Бутенко. – К.: Вища школа, 1980. – 488 с.

18 Черненко М.Г., Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П. та ін. Розрахунок плоских статично невизначних рам методом сил з використанням ПЕОМ: Методичні вказівки. – Харків: ХарДАЗТ, 1998. – 38 с. – № 3342.

19 Чихладзе Э.Д., Черненко Н.Г. Расчет плоских статически неопределимых рам методом перемещений с применением ПЭВМ: Методичні вказівки. – Харьков : ХарГАЖТ, 1998. – 69 с. - № 3336.

20 Веревічева М.А. Строительная механика: Конспект лекцій. – Харьков: УкрГАЖТ, 2003. – 147 с. – № 624.04 В313.

21 Кітов Ю.П., Черненко М.Г., Веревічева М.А. Програмний комплекс для контролю і розв'язання задач на ПЕОМ за курсом "Будівельна механіка". – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – 100 с. – № 3614.

