

ЗАДАНИЕ ПО РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Тема 1. Центральное растяжение-сжатие.

Задача №1

Расчет статически определимого стержня ступенчато-постоянного сечения

Для статически определимого стержня ступенчато постоянного сечения по схеме № ____ (рис. 1), при геометрических размерах, осевых нагрузках и модуле упругости по строке № ____ таблицы 1 требуется:

1. Определить опорную реакцию.
2. Вычислить значения продольных сил в характерных сечениях и построить эпюру продольных сил N .
3. Построить эпюру нормальных напряжений σ .
4. Найти величины удлинений участков стержня Δl_i и удлинение всего стержня Δl .
5. Определить значения осевых перемещений u в характерных сечениях стержня.

Таблица 1

Данные для задачи №1

№ п.п.	a , м	F , см ²	P , кН	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	E , МПа
1	0,8	20	12	10	20	$2,1 \cdot 10^5$
2	0,6	22	14	11	24	$2,0 \cdot 10^5$
3	1,2	24	15	12	24	$1,8 \cdot 10^5$
4	1,4	26	18	14	23	$1,9 \cdot 10^5$
5	1,8	28	20	15	22	$1,1 \cdot 10^5$
6	1,6	30	22	16	21	$1,2 \cdot 10^5$
7	1,0	32	20	17	20	$1,4 \cdot 10^5$
8	1,2	34	19	18	19	$1,6 \cdot 10^5$
9	1,4	32	18	19	18	$2,0 \cdot 10^5$
10	1,6	30	17	20	17	$1,8 \cdot 10^5$
11	1,8	28	16	21	16	$0,9 \cdot 10^5$
12	2,0	27	18	22	15	$0,8 \cdot 10^5$
13	2,2	26	19	23	14	$2,0 \cdot 10^5$
14	2,0	25	20	24	12	$1,6 \cdot 10^5$
15	1,8	24	21	26	11	$1,8 \cdot 10^5$
16	1,6	23	22	24	10	$2,1 \cdot 10^5$

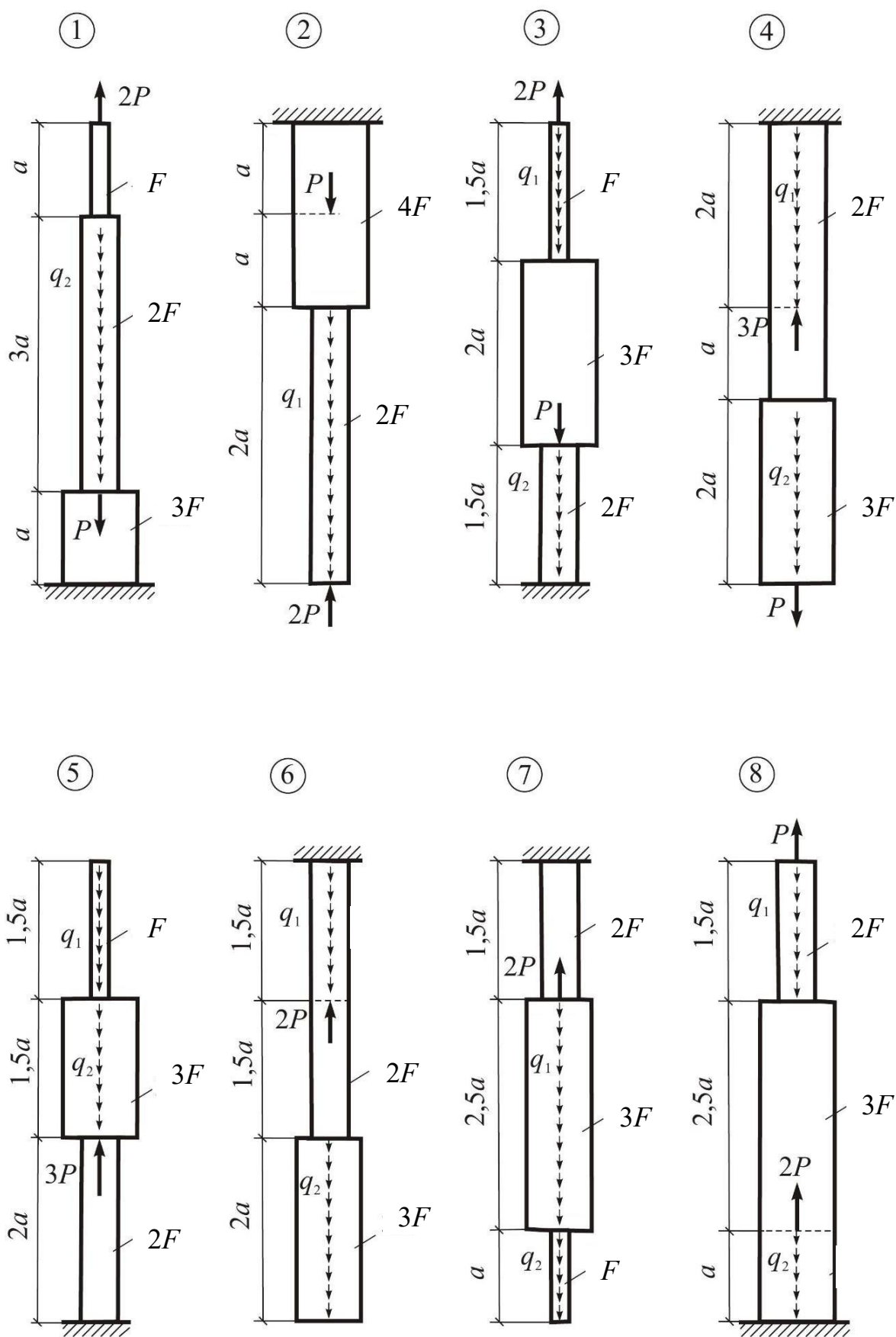


Рис. 1.1. Схемы к задаче 1.

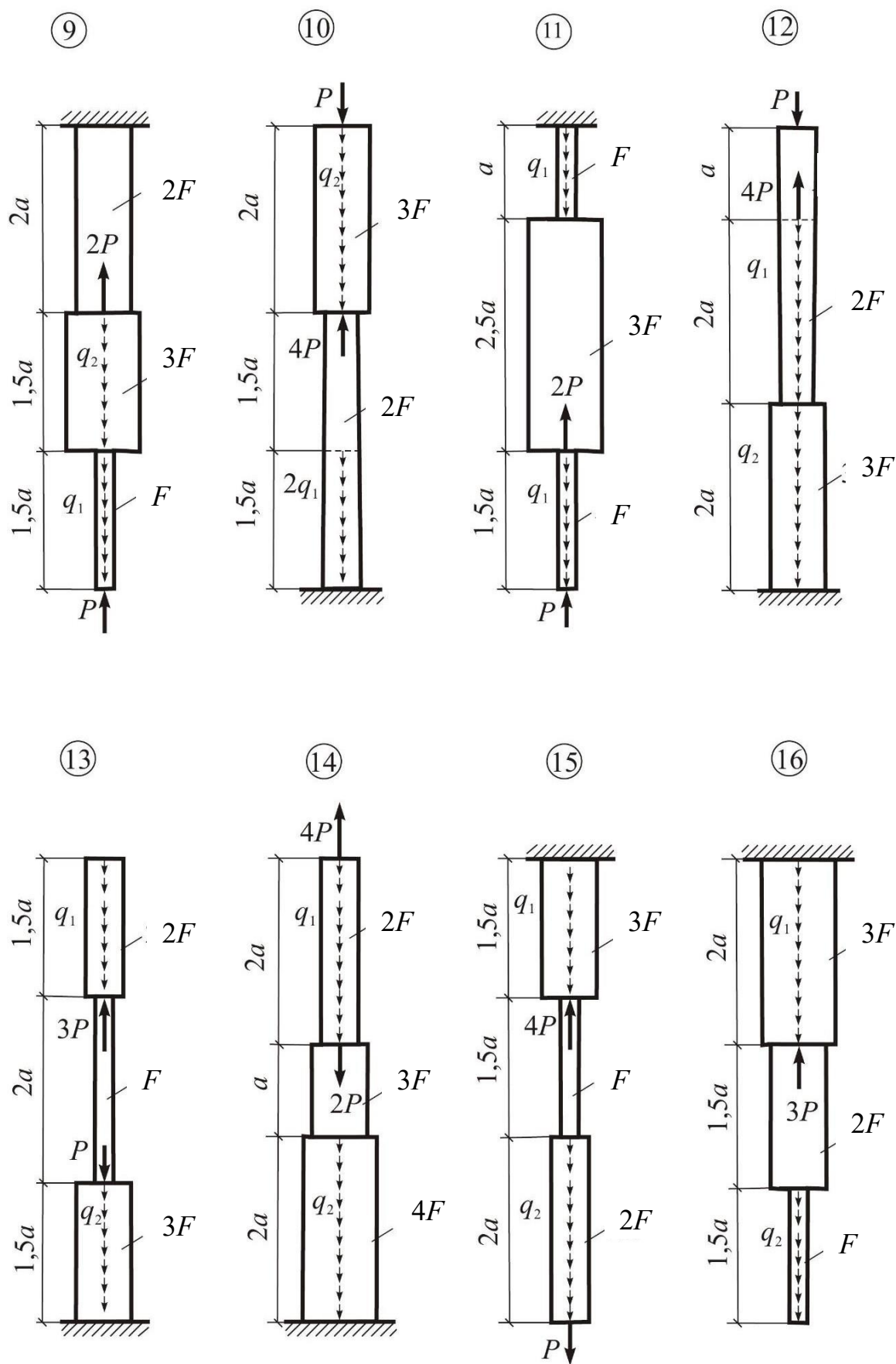


Рис. 1. Схемы к задаче 1 (продолжение).

Задача №2

Подбор сечения стержня при растяжении

Расчетная схема строительной конструкции представляет собой статически определимую систему по схеме № ____ (рис. 2), состоящую из шарнирно закрепленного в т. *C* абсолютно жесткого стержня, который поддерживается невесомым стержнем *AB* с шарнирно закрепленными концами. Система нагружена силой *P* и собственным весом *G* стержня. Геометрические размеры и нормативные нагрузки принять по строке № ____ таблицы 2.

Требуется произвести расчет по первой группе предельных состояний, полагая класс сооружения по ответственности КС-3 (коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1,1$).

1. Определить расчетное значение силы P_r , приняв коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$.
2. Определить расчетное значение собственного веса жесткого стержня G_r , приняв нормативную нагрузку q (вес 1 п. м) в соответствии с таблицей 2 и коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,1$.
3. Определить расчетное значение продольной силы N в стержне *AB*.
4. Подобрать сечение стержня *AB* из двух стальных прокатных равнополочных уголков из стали марки С245. Расчетное сопротивление материала принять равным $R = 240 \text{ МПа} = 24 \text{ кН/см}^2$, коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$.
5. Проверить прочность найденного сечения.
6. Определить удлинение Δl стержня *AB*, приняв модуль упругости стали $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Проверить выполнение условия жесткости: $(\Delta l / l \leq 1/200)$.

Таблица 2

Данные для задачи №2

№ п.п.	<i>a</i> , м	<i>b</i> , м	<i>h</i> , м	<i>P</i> , кН	<i>q</i> , кН/м
1	1,0	1,6	1,5	400	10
2	1,1	1,5	1,6	410	20
3	1,2	1,4	1,7	420	14
4	1,3	1,3	1,8	430	16
5	1,4	1,2	1,9	440	10
6	1,5	1,1	1,5	450	12
7	1,6	1,2	1,7	460	14
8	1,7	1,3	1,3	470	16
9	1,8	1,4	1,9	480	18
10	1,7	1,5	2,0	500	20
11	1,6	1,6	1,9	510	18
12	1,5	1,1	2,0	520	16
13	1,4	1,2	2,2	430	14
14	1,3	1,3	2,0	440	12
15	1,2	1,4	2,1	450	10
16	1,1	1,5	2,0	480	12

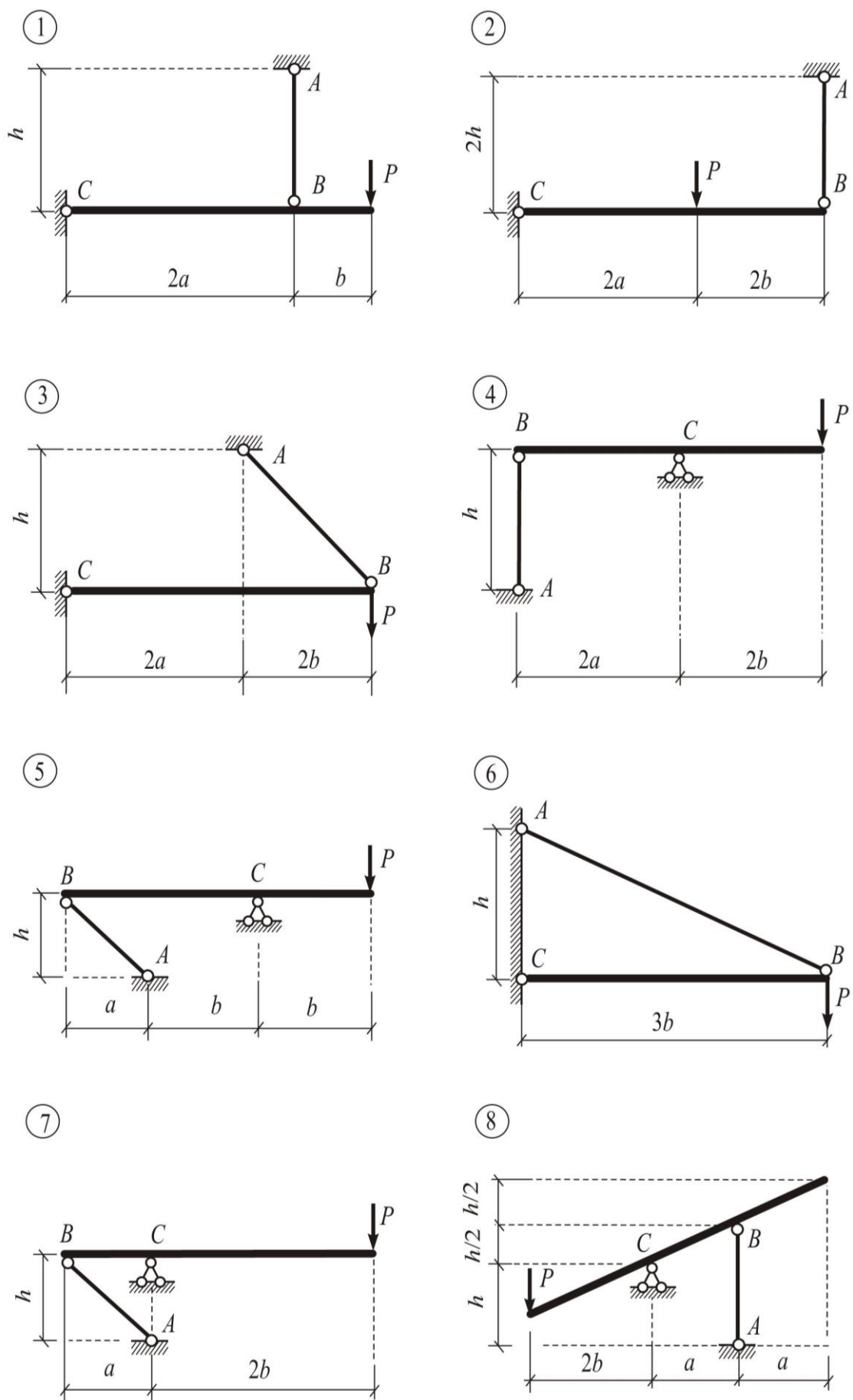
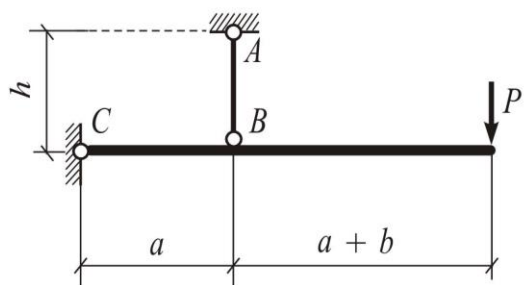
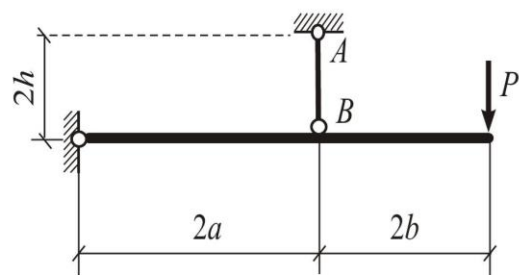


Рис. 2. Схемы к задаче №2.

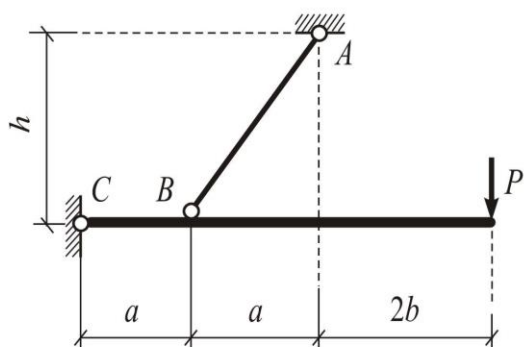
9



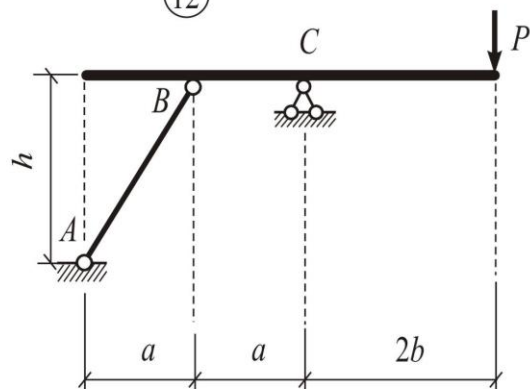
10



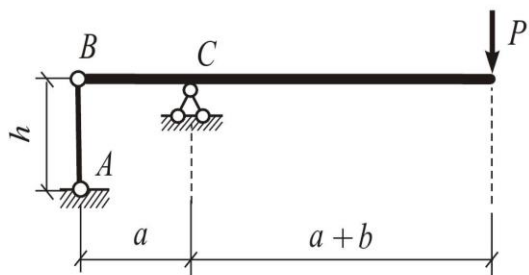
11



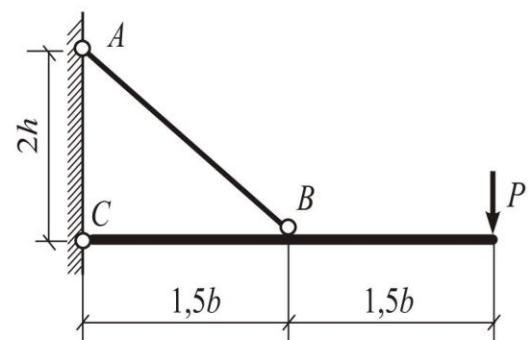
12



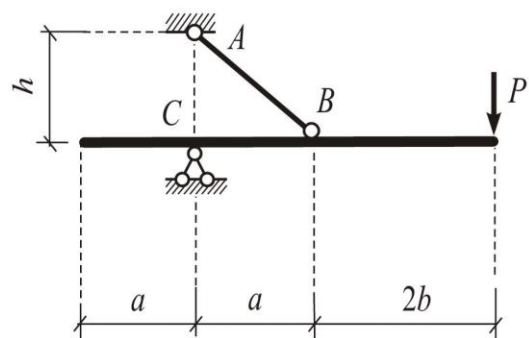
13



14



15



16

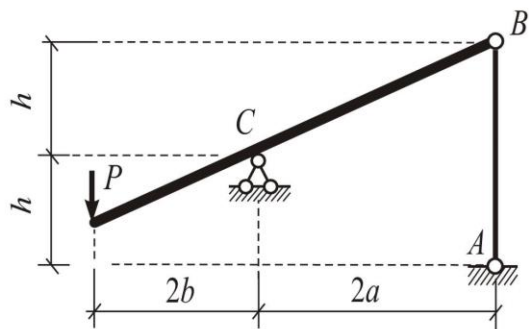


Рис. 2. Схемы к задаче №2 (продолжение).

Тема 2. Геометрические характеристики сечений.

Задача №3

Для сечения, имеющего одну ось симметрии, по схеме № ____ (рис.3) при геометрическом размере a по столбцу № ____ таблицы 3, требуется:

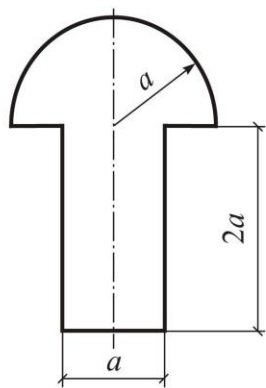
1. Определить положение центра тяжести сечения.
2. Вычислить моменты инерции относительно двух взаимно перпендикулярных центральных осей (одна из которых является осью симметрии).
3. Установить положение главных центральных осей инерции.
4. Вычислить главные радиусы инерции.
5. Определить моменты сопротивления сечения для нижних, верхних, правых и левых волокон.

Таблица 3

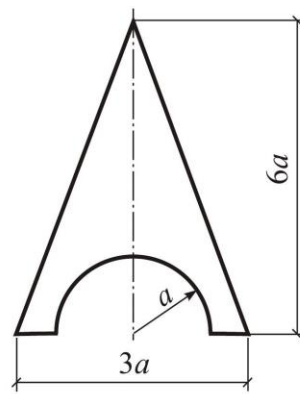
Данные для задачи №3

№ п.п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
a , см	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

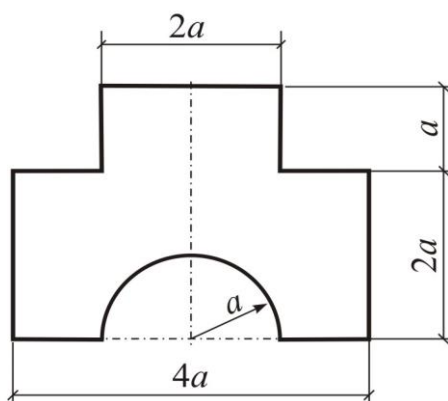
①



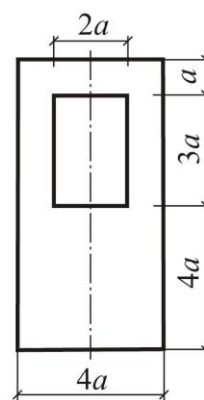
②



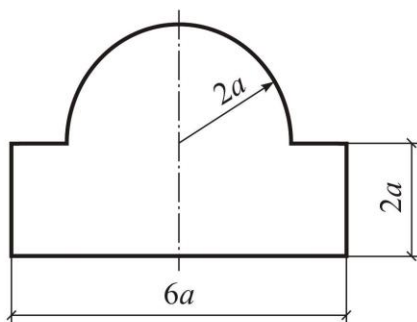
③



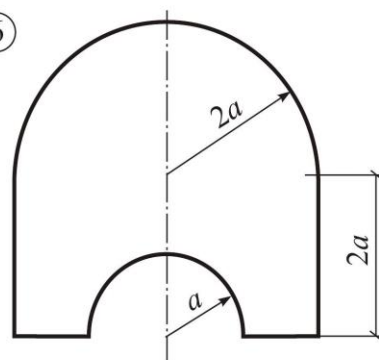
④



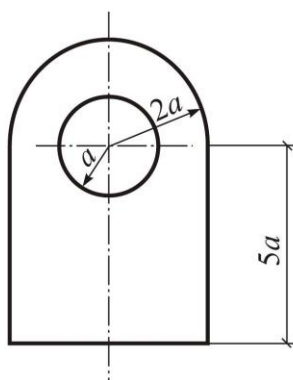
⑤



⑥



⑦



⑧

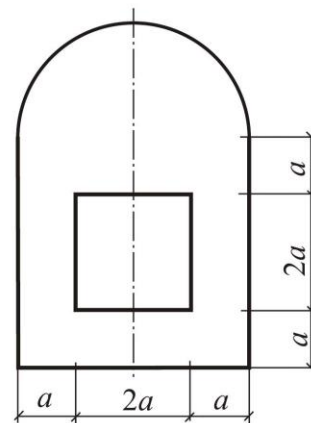


Рис. 3. Схемы к задаче №3.

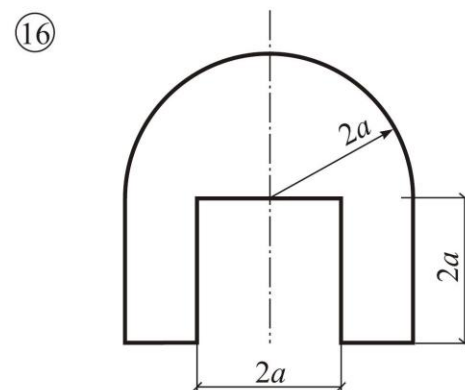
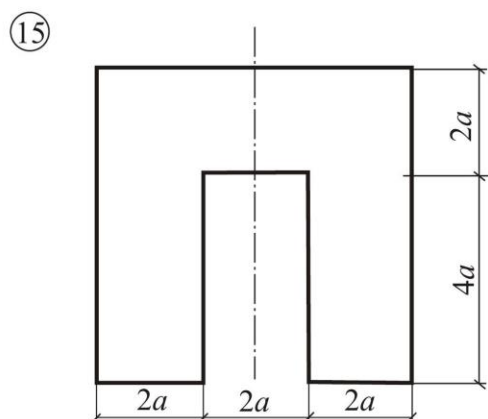
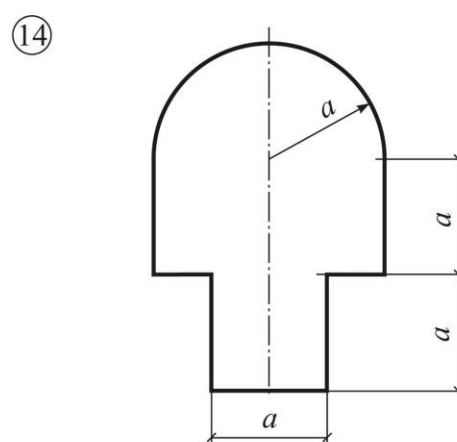
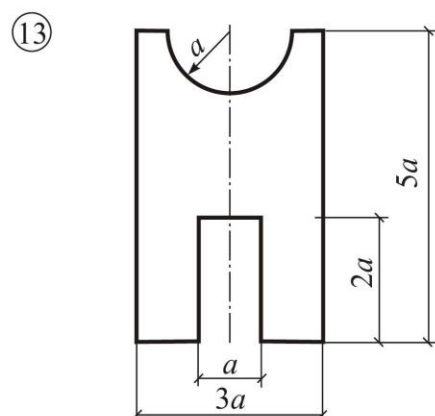
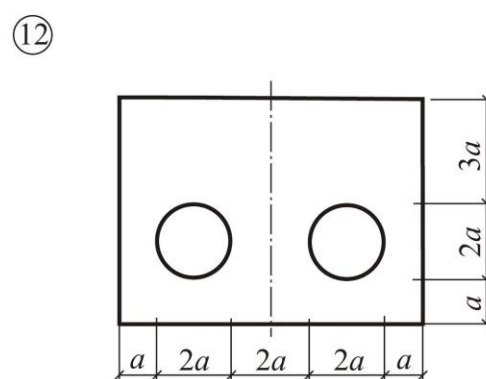
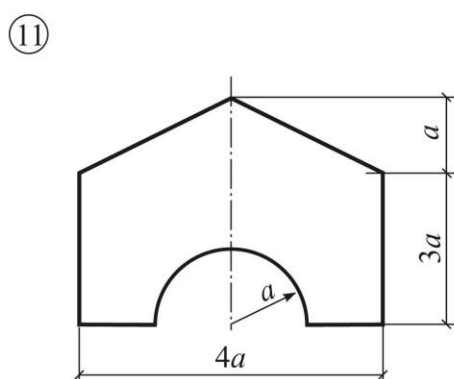
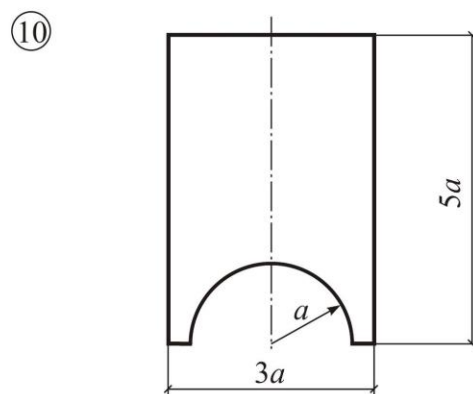
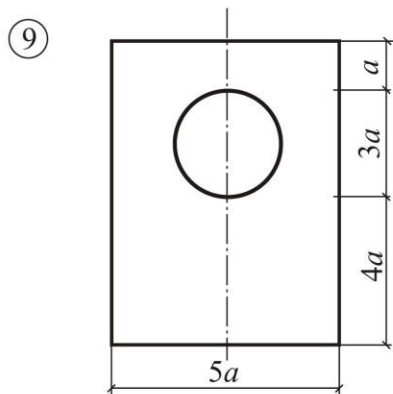


Рис. 3. Схемы к задаче №3 (продолжение).

Тема 3. Изгиб статически определимых балок

Задачи №№ 4÷6

Построение эпюр внутренних усилий

Для трех балок, показанных на рис.4, номера схем которых указаны в строке № ____ таблицы 4.1, при числовых значениях размеров и нагрузок по строке № ____ таблицы 4.2 требуется:

1. Определить опорные реакции.
2. Построить эпюры внутренних усилий Q и M .

Данные для задач №№4-6 (номера балок, подлежащих расчету)

Таблица 4.1

№ п.п.	№ схемы балки		
	Задача 4	Задача 5	Задача 6
1	1	11	21
2	2	12	22
3	3	13	23
4	4	14	24
5	5	15	25
6	6	16	26
7	7	17	27
8	8	18	28
9	9	19	29
10	10	20	30
11	1	12	23
12	2	13	24
13	3	14	25
14	4	15	26
15	5	16	27
16	6	17	28
17	7	18	29
18	8	19	30
19	9	20	21
20	10	11	22
21	1	13	25
22	2	14	26
23	3	15	27
24	4	16	28
25	5	17	29
26	6	18	30
27	7	19	21
28	8	20	22
29	9	11	23
30	10	12	24

Таблица 4.2

Данные для задач №№ 4-6 (геометрические размеры и нагрузки)

№ п.п.	a , м	b , м	c , м	P , кН	q , кН/м	M , кН·м
1	2,0	2,1	1,0	17	20	20
2	2,1	2,2	1,1	18	24	25
3	2,2	2,4	1,2	19	24	30
4	2,3	2,4	1,0	20	23	35
5	2,4	2,5	1,4	21	22	40
6	2,5	3,3	1,2	22	21	45
7	2,6	3,4	1,6	23	27	42
8	2,7	2,2	1,0	24	19	40
9	2,8	2,3	1,1	25	28	38
10	1,8	2,4	1,2	26	17	36
11	3,0	2,5	1,6	27	16	34
12	3,0	2,6	1,4	28	15	32
13	3,2	2,6	1,5	29	24	30
14	3,2	2,8	1,6	30	22	40
15	3,4	3,0	1,5	31	25	20
16	3,4	3,0	1,4	32	30	24
17	3,3	2,0	1,5	23	16	36
18	3,4	2,1	1,6	24	15	34
19	2,2	2,2	1,0	25	24	32
20	2,3	2,2	1,1	26	22	30
21	2,4	2,4	1,2	27	25	40
22	2,5	2,5	1,4	28	30	20
23	2,6	2,6	1,2	26	20	24
24	2,4	2,7	1,4	27	24	20
25	2,5	3,2	1,5	28	24	25
26	2,6	3,4	1,6	29	23	30
27	2,7	2,2	1,5	31	22	35
28	2,4	2,2	1,6	32	21	40
29	2,4	3,4	1,6	29	24	25
30	2,6	3,4	1,8	30	25	25
31	2,2	2,2	1,6	33	23	34
32	3,0	2,4	1,4	32	21	40

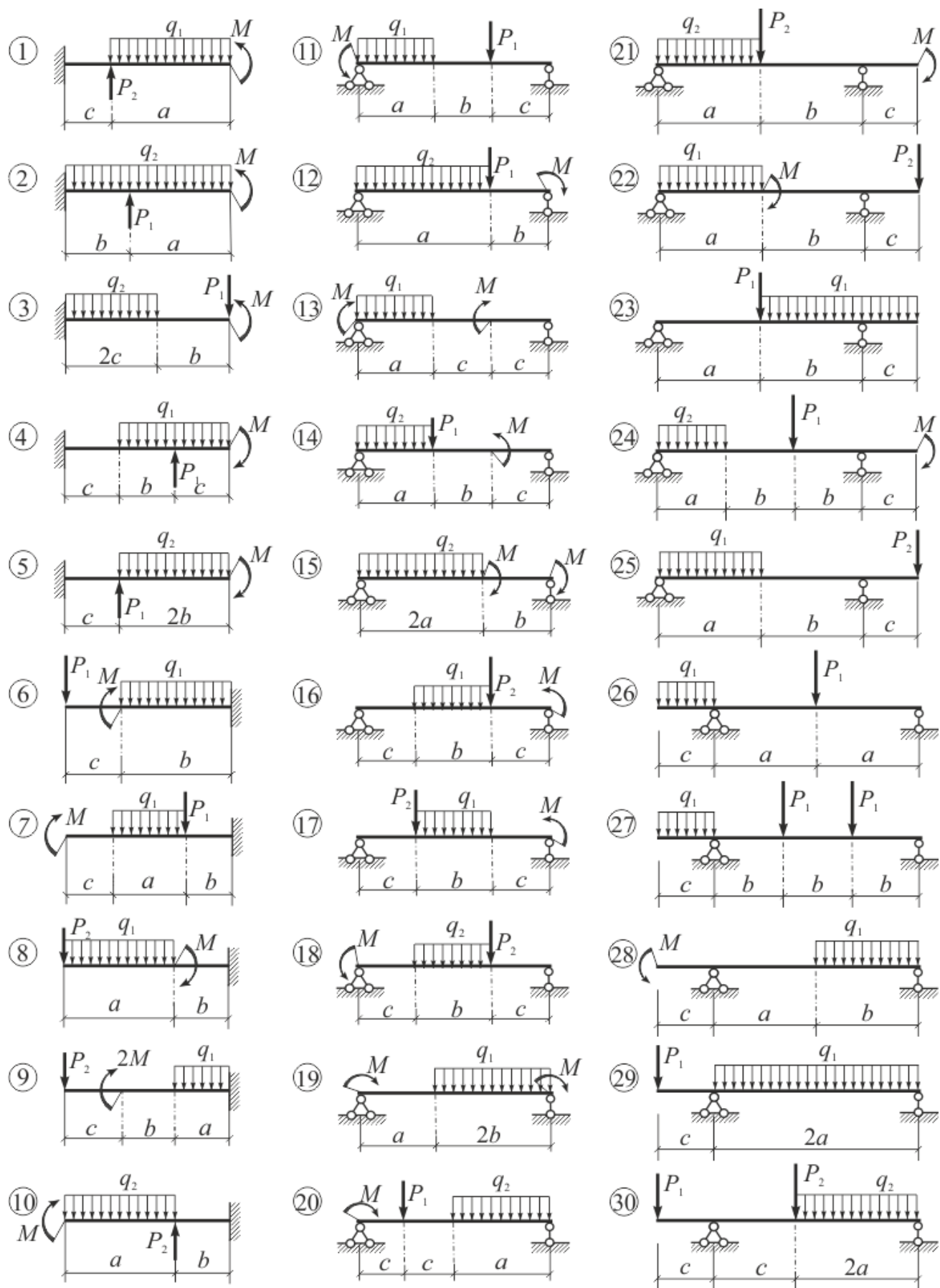


Рис. 4. Схемы балок для задач №№ 4-6.

Задача №7

Напряжения при изгибе

Для одной из балок задачи №6 (номера 21 – 30) (рис. 4) требуется:

1. Произвести расчет по первой группе предельных состояний, полагая класс сооружения по ответственности КС-3 (коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1,1$).
Считая представленные в таблице 2 нагрузки нормативными, определить их расчетные значения, приняв коэффициент надежности для всех нагрузок – $\gamma_f = 1,2$.
2. Подобрать сечение балки из стального двутавра (марка стали С245) Расчетное сопротивление материала принять равным $R = 240 \text{ МПа} = 24 \text{ кН/см}^2$, коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$.
3. Построить эпюры наибольших нормальных σ и касательных τ напряжений в сечении двутавра.
4. Проверить условия прочности по нормальным и касательным напряжениям для двутавра.
5. Подобрать сечение балки в виде прямоугольника, приняв отношение его высоты к ширине равным 2 (материал и коэффициенты принять в соответствии с п. 3).
6. Построить эпюры наибольших нормальных σ и касательных τ напряжений в подобранном прямоугольном сечении и проверить условия прочности по нормальным и касательным напряжениям.
7. Подобрать сечение балки в виде круга (материал и коэффициенты принять в соответствии с п. 3).
8. Построить эпюры наибольших нормальных σ и касательных τ напряжений в подобранном круглом сечении и проверить условия прочности по нормальным и касательным напряжениям.
9. Определить, какое из трех сечений является наиболее экономичным (по количеству материала).

Тема 4. Расчет плоских стержневых систем

Задача №8

Определение усилий и перемещений в статически определимой раме

Для статически определимой рамы по схеме № ____ (рис. 5), при геометрических размерах и нагрузках по строке № ____ таблицы 5 требуется:

1. Выполнить кинематический анализ.
2. Определить опорные реакции.
3. Построить эпюры M , Q и N .
4. Проверить выполнение условий равновесия для всех узлов рамы.
5. Определить методом Мора линейные (горизонтальное, вертикальное) и угловое перемещения в точке K .

Указания к п. 5 задачи №1

1. При расчете принять жесткости горизонтальных EJ_p (ригелей) и вертикальных $EJ_{ст}$ (стоек) стержней одинаковыми.
2. Результаты расчетов представить, не раскрывая значения жесткости.

Таблица 5

Данные для задачи №8

№ п.п.	l , м	h , м	q , кН/м	P , кН	M , кН·м
1	3,0	4,0	10	16	8
2	4,0	6,0	12	8	10
3	5,0	6,0	14	10	12
4	6,0	6,0	16	12	14
5	8,0	8,0	18	10	16
6	3,0	6,0	20	8	14
7	4,0	8,0	24	6	12
8	5,0	8,0	16	9	10
9	6,0	8,0	14	10	8
10	8,0	10,0	12	8	10
11	3,0	8,0	10	11	12
12	4,0	10,0	24	6	14
13	5,0	10,0	12	8	16
14	6,0	10,0	16	10	18
15	8,0	10,0	18	12	20
16	3,0	10,0	20	9	22

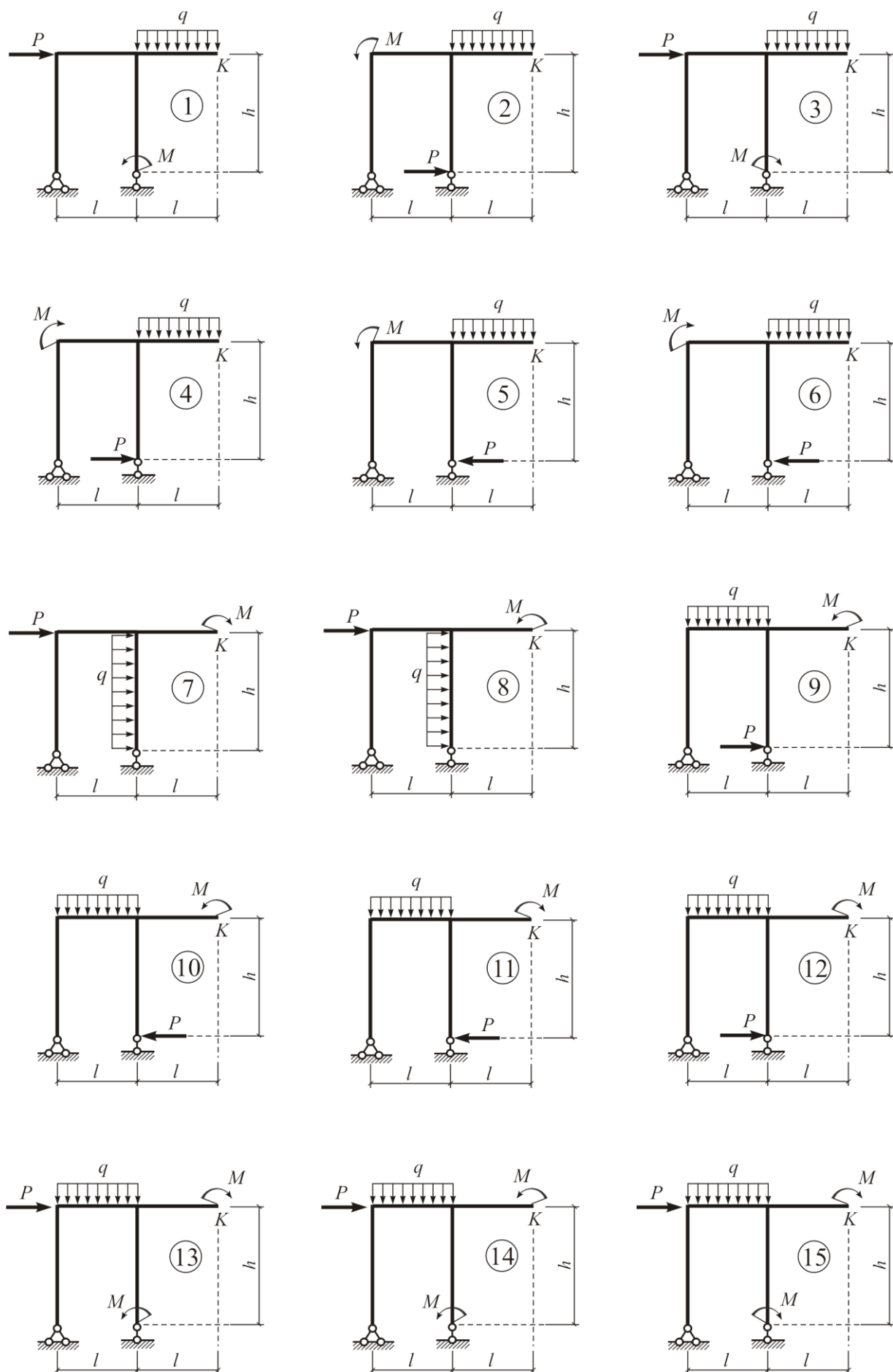


Рис. 5. Схемы рам к задаче №8.

Задача №9

Расчет статически неопределимой рамы с помощью метода сил

Для статически неопределимой рамы по схеме № ____ (рис. 6) при геометрических размерах и нагрузках по строке № ____ таблицы 6 требуется:

1. Выполнить кинематический анализ и определить её степень статической неопределимости.
2. Рассчитать раму с помощью метода сил.
3. Построить окончательные эпюры N , Q и M .
4. Выполнить статическую и кинематическую проверки результатов расчета.
5. Определить методом Мора горизонтальное или угловое перемещение в точке K .

Указания к задаче №9

1. При расчете принять жесткости горизонтальных EJ_p (ригелей) и вертикальных $EJ_{ст}$ (стоек) стержней одинаковыми.
2. Результат расчета перемещений представить, не раскрывая значения жесткости.

Таблица 6

Данные для задачи №9

№ п.п.	l , м	h , м	q , кН/м	P , кН	M , кН·м
1	3,0	4,0	10	16	8
2	4,0	6,0	12	8	10
3	5,0	6,0	14	10	12
4	6,0	6,0	16	12	14
5	8,0	8,0	18	10	16
6	3,0	6,0	20	8	14
7	4,0	8,0	24	6	12
8	5,0	8,0	16	9	10
9	6,0	8,0	14	10	8
10	8,0	10,0	12	8	10
11	3,0	8,0	10	11	12
12	4,0	10,0	24	6	14
13	5,0	10,0	12	8	16
14	6,0	10,0	16	10	18
15	8,0	10,0	18	12	20
16	3,0	10,0	20	9	22

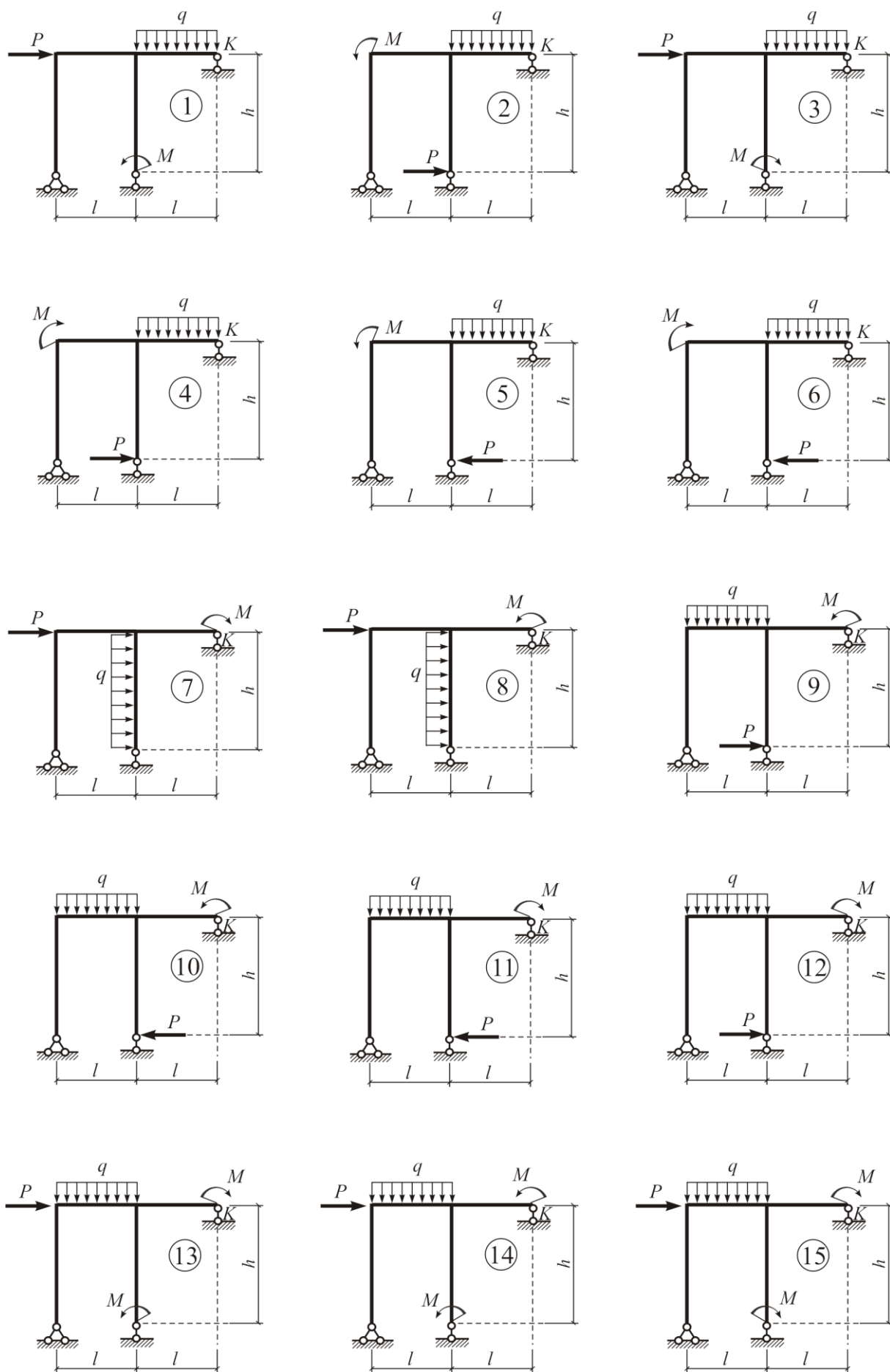


Рис. 6. Схемы рам к задаче №9.

Тема 5. Устойчивость центрально сжатого стержня

Задача №10

Расчет центрально-сжатого стержня на устойчивость

Для стального центрально-сжатого стержня симметричного сечения по схеме № ____ (рис. 7.1) с различными условиями закрепления в разных плоскостях по схеме № ____ (рис. 7.2) с геометрическими параметрами поперечного сечения по строке № ____ таблицы 7 требуется:

1. Определить геометрические характеристики поперечного сечения.
2. Найти гибкости в главных плоскостях.
3. Определить значение критической силы $P_{кр}$, приняв модуль упругости стали равным $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.
4. Определить значение допускаемой силы $P_{доп}$, приняв расчетное сопротивление стали $R = 240$ МПа, коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$.

Таблица 7

Данные для задачи №10

№ п.п.	Длина l , м	Двутавр	Швеллер	Равнополочный уголок	Лист ($b \times \delta$), мм
1	8,8	12	12	70×70×6	180×10
2	9,2	14	14	75×75×7	200×10
3	9,6	16	16	80×80×7	220×10
4	10,0	18	18	90×90×8	240×10
5	10,4	20	20	100×100×12	260×10
6	10,8	22	22	110×110×8	280×10
7	11,2	24	24	125×125×12	300×10
8	11,6	27	27	140×140×12	320×10
9	12,0	30	30	160×160×16	340×10
10	12,4	33	33	180×180×12	360×10
11	12,8	36	36	200×200×14	380×10
12	13,2	40	40	220×220×16	400×10

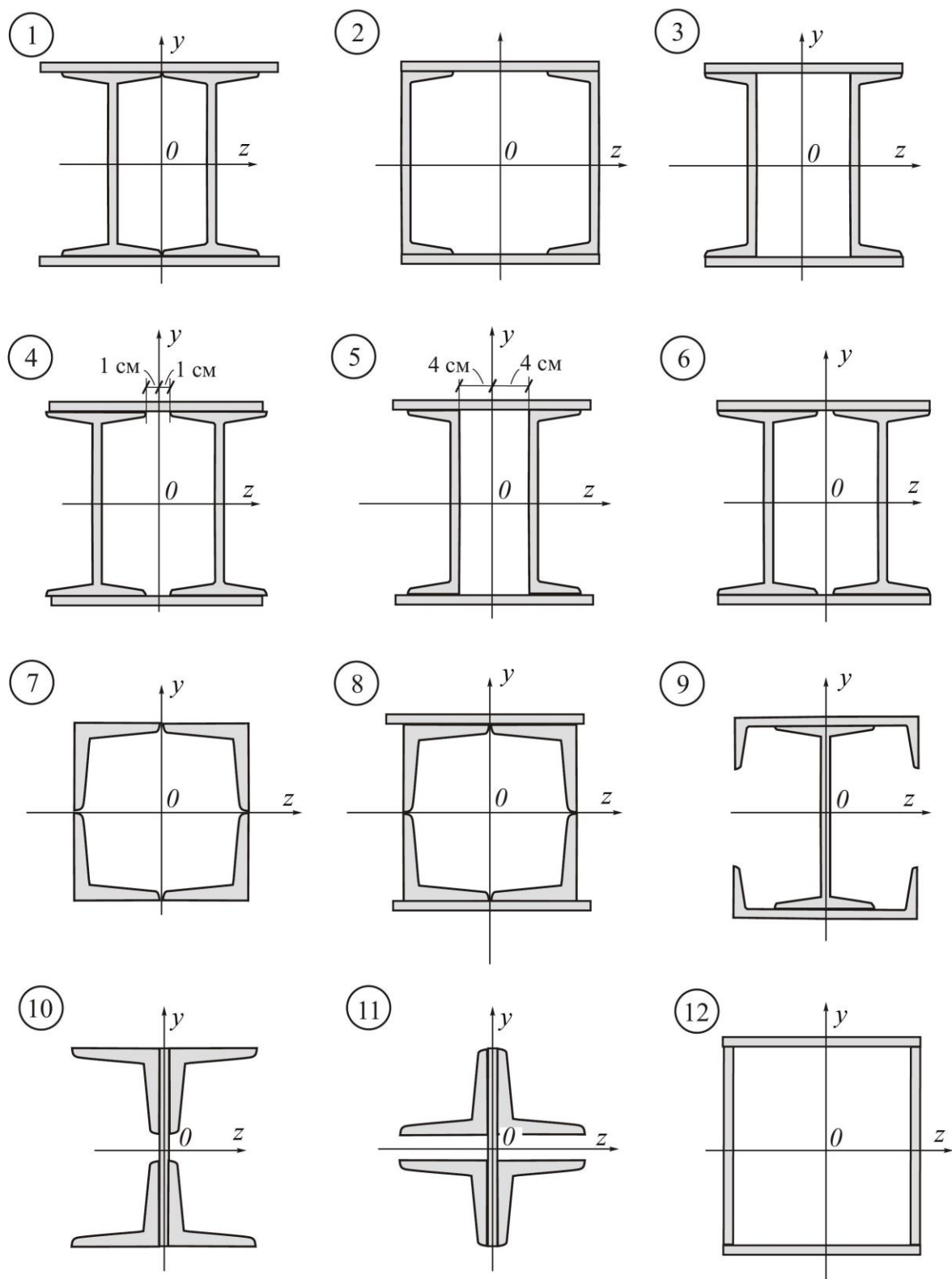


Рис. 7.1. Схемы поперечных сечений к задаче №10.

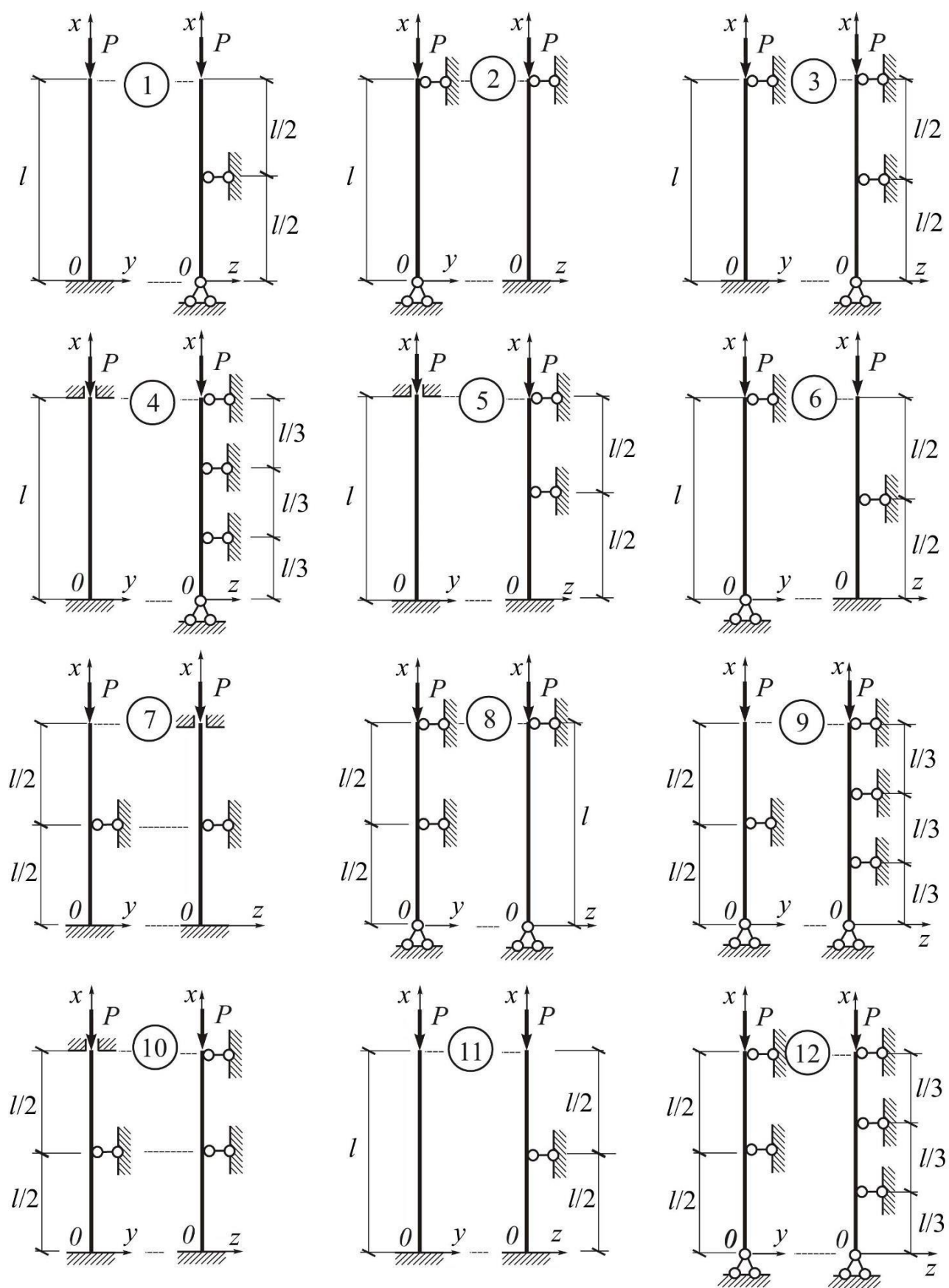


Рис. 7.2. Схемы стержней к задаче №10.