



**И. И. Еремеева, Р. И. Никулина, А. А. Поляков
Д. Е. Черногубов, В. В. Чупин**

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Часть 1

Подготовлено кафедрой «Строительная механика»
Под общей редакцией проф., д-р техн. наук В. В. Чупина

Контрольные задания предназначены для студентов всех форм обучения всех специальностей, изучающих курс «Сопротивление материалов». В них включены задачи по расчетам на прочность и жесткость стержневых систем при простых видах деформаций, выполнение которых предусмотрено в курсовых и расчетно-графических работах. Содержание заданий соответствует программе обучения и требованиям государственных образовательных стандартов. При выполнении заданий следует использовать учебную литературу, а также материалы лекций и решения задач, рассмотренных на практических занятиях.

Екатеринбург
УГТУ–УПИ
2010

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

1. Задание выполняется на листах формата А4 – 297x210 мм с титульным листом из плотной бумаги (см. с. 6).
2. Текстовая часть расчета должна быть выполнена на листах писчей бумаги с одной стороны с оставлением полей 25 мм и написана чернилами четко и аккуратно.
3. Схемы и графики должны быть выполнены на листах (формат А4) карандашом строго в выбранных масштабах и с помощью чертежных инструментов.
4. На схемах следует проставлять как буквенные обозначения, так и числовые значения размеров, нагрузок и опорных реакций с указанием соответствующих размерностей. На графиках следует проставлять обозначения характерных ординат с указанием размерностей. Соотношения между единицами физических величин приведены в табл.1.
5. Если в условиях задач отсутствуют значения физических характеристик материалов, то их следует взять из табл.2.
6. Для каждой задачи следует записать условие и выполнить соответствующий чертеж. Пример оформления решения задачи приводится на с. 7.
7. Все вычисления должны выполняться с точностью до трех значащих цифр. При выполнении вычислений зачеркивание сокращаемых величин не допускается.
8. Не разрешается стирать записанные вопросы или замечания, сделанные преподавателем. Исправления расчетов проводятся на обратной стороне листа в соответствующем месте расчета.
9. Номер строки исходных данных к каждой задаче берется в соответствии с вариантом, указанным преподавателем по табл.3.
10. Задание, оформленное с нарушением настоящих указаний, не принимается.

В первую часть контрольных заданий, включено восемь задач с 1 по 8, приведенных ниже на с. 11–71. Номера задач, включенных в курсовую работу или расчетно-графические работы, указывает преподаватель.

Таблица 1

Соотношения между единицами
физических величин

Наименование величины	Единица СИ		Соотношения единиц
	Наимено- вание	Обозначе- ние	
Сила, нагрузка, вес	ньютон	Н	1 Н \cong 0,1 кгс 1 кН \cong 0,1 тс
Линейная нагрузка	ньютон на метр	Н/м	1 Н/м \cong 0,1 кгс/м 1 кН/м \cong 0,1 тс/м
Поверхностная нагрузка, механическое напряжение, модуль упругости	паскаль (ньютон на квадратный метр)	Па (Н/м ²)	1 Па \cong 0,1 кгс/м ² 1 МПа \cong 10 кгс/см ²
Момент силы, момент пары сил	ньютон-метр	Н·м	1 Нм \cong 0,1 кгс·м 1 кНм \cong 0,1 тс·м
Работа (энергия)	джоуль	Дж	1 Дж \cong 0,1 кгс·м
Мощность	ватт (джоуль в секунду)	Вт	1 Вт \cong 0,1 кгс·м/с

Таблица 2

Физические характеристики материалов

Материал	Модули упругости, ГПа		Темпера- турный коэффици- ент, α	Кoeffи- циент Пуассона, μ	Плотность ρ , кг/м ³
	E	G			
Сталь	200	80	12×10^{-6}	0,3	7850
Чугун	100	45	10×10^{-6}	0,25	7200
Медь	100	40	16×10^{-6}	0,32	8500
Алюминий и дюраль	70	27	23×10^{-6}	0,30	2700
Дерево (сосна)	10	0,55	–	–	550

Выбор вариантов

Номер строки	ФИО	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9
2		2	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10
3		3	1	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11
4		4	2	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12
5		5	3	1	29	27	25	23	21	19	17	15	13
6		6	4	2	30	28	26	24	22	20	18	16	14
7		7	5	3	1	29	27	25	23	21	19	17	15
8		8	6	4	2	30	28	26	24	22	20	18	16
9		9	7	5	3	1	29	27	25	23	21	19	17
10		10	8	6	4	2	30	28	26	24	22	20	18
11		11	9	7	5	3	1	29	27	25	23	21	19
12		12	10	8	6	4	2	30	28	26	24	22	20
13		13	11	9	7	5	3	1	29	27	25	23	21
14		14	12	10	8	6	4	2	30	28	26	24	22
15		15	13	11	9	7	5	3	1	29	27	25	23
16		16	14	12	10	8	6	4	2	30	28	26	24
17		17	15	13	11	9	7	5	3	1	29	27	25
18		18	16	14	12	10	8	6	4	2	30	28	26
19		19	17	15	13	11	9	7	5	3	1	29	27
20		20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	30	28
21		21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1	29
22		22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	30
23		23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1
24		24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2
25		25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3
26		26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4
27		27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5
28		28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6
29		29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7
30		30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8

Образец оформления титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Кафедра строительной механики

**РАСЧЕТНО – ГРАФИЧЕСКАЯ
РАБОТА №
ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ**

Тема. **Изгиб балок**

Вариант:

схема № ...

строка № ...

Выполнил студент гр. М–26061

Иванов А. А.

Проверил преподаватель

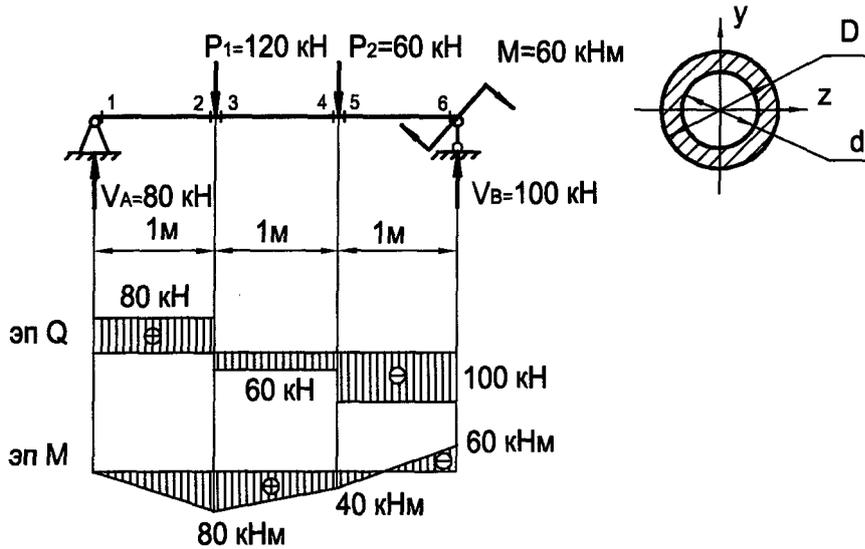
Петров В. В.

Екатеринбург
2010

Пример решения и оформления задачи

ЗАДАЧА № ...

Для балки схемы №... построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M и подобрать трубчатое сечение, приняв $d = 0,6D$ и $[\sigma] = 160$ МПа.



Решение:

1. Определение опорных реакций:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0; \\ -120 \cdot 1 - 60 \cdot 2 - 60 + V_B \cdot 3 &= 0; & V_B &= 100 \text{ кН}; \\ \Sigma M_B &= 0; \\ -60 \cdot 1 + 120 \cdot 2 - 60 - V_A \cdot 3 &= 0; & V_A &= 80 \text{ кН}. \end{aligned}$$

2. Построение эпюр Q и M :

$$\begin{aligned} Q_1 &= V_A = 80 \text{ кН}; & M_1 &= 0; \\ Q_2 &= Q_1 = 80 \text{ кН}; & M_2 &= 80 \cdot 1 = 80 \text{ кН}\cdot\text{м}; \\ Q_3 &= 80 - 120 = -40 \text{ кН}; & M_3 &= M_2 = 80 \text{ кН}\cdot\text{м}; \\ Q_4 &= Q_3 = -40 \text{ кН}; & M_4 &= 80 \cdot 2 - 120 \cdot 1 = 40 \text{ кН}\cdot\text{м}; \\ Q_5 &= 80 - 120 - 60 = -100 \text{ кН}; & M_5 &= M_4 = 40 \text{ кН}\cdot\text{м}; \\ Q_6 &= Q_5 = -100 \text{ кН}; & M_6 &= 80 \cdot 3 - 120 \cdot 2 - 60 \cdot 1 = 60 \text{ кН}\cdot\text{м}. \end{aligned}$$

3. Определение размеров поперечного сечения из условия прочности по нормальным напряжениям:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma].$$

Опасное сечение – сечение 2, в котором действует изгибающий момент $M_{\max} = 80 \text{ кН}\cdot\text{м}$.

Расчетная формула

$$W_{z(\text{тр})} \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{80 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 500 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Момент сопротивления трубчатого сечения

$$W_z = \frac{\pi D^3}{16} (1 - \alpha^4); \quad D = \sqrt[3]{\frac{W_z \cdot 16}{\pi(1 - \alpha^4)}} = \sqrt[3]{\frac{500 \cdot 16 \cdot 10^{-6}}{3.14 \cdot (1 - 0.6^4)}} = 14.2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (14.2 \text{ см}).$$

Ответ: $D = 14,2 \text{ см}$; $d = 8,52 \text{ см}$.

Исправления к задаче №...

Момент сопротивления трубчатого сечения

$$W_z = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4),$$

$$W_z = \sqrt[3]{\frac{W_z \cdot 32}{\pi(1 - \alpha^4)}} = \sqrt[3]{\frac{500 \cdot 32 \cdot 10^{-6}}{3.14 \cdot (1 - 0.6^4)}} = 17.8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad (17.8 \text{ см}),$$

$$D = 0.6 \cdot D = 0.6 \cdot 17.8 = 10.7 \text{ см}.$$

Принимаем $D = 180$; $d = 108$.

Примечание. Исправления выполняются на обратной стороне предыдущего листа.

ЗАДАЧА № 1

РАСТЯЖЕНИЕ – СЖАТИЕ

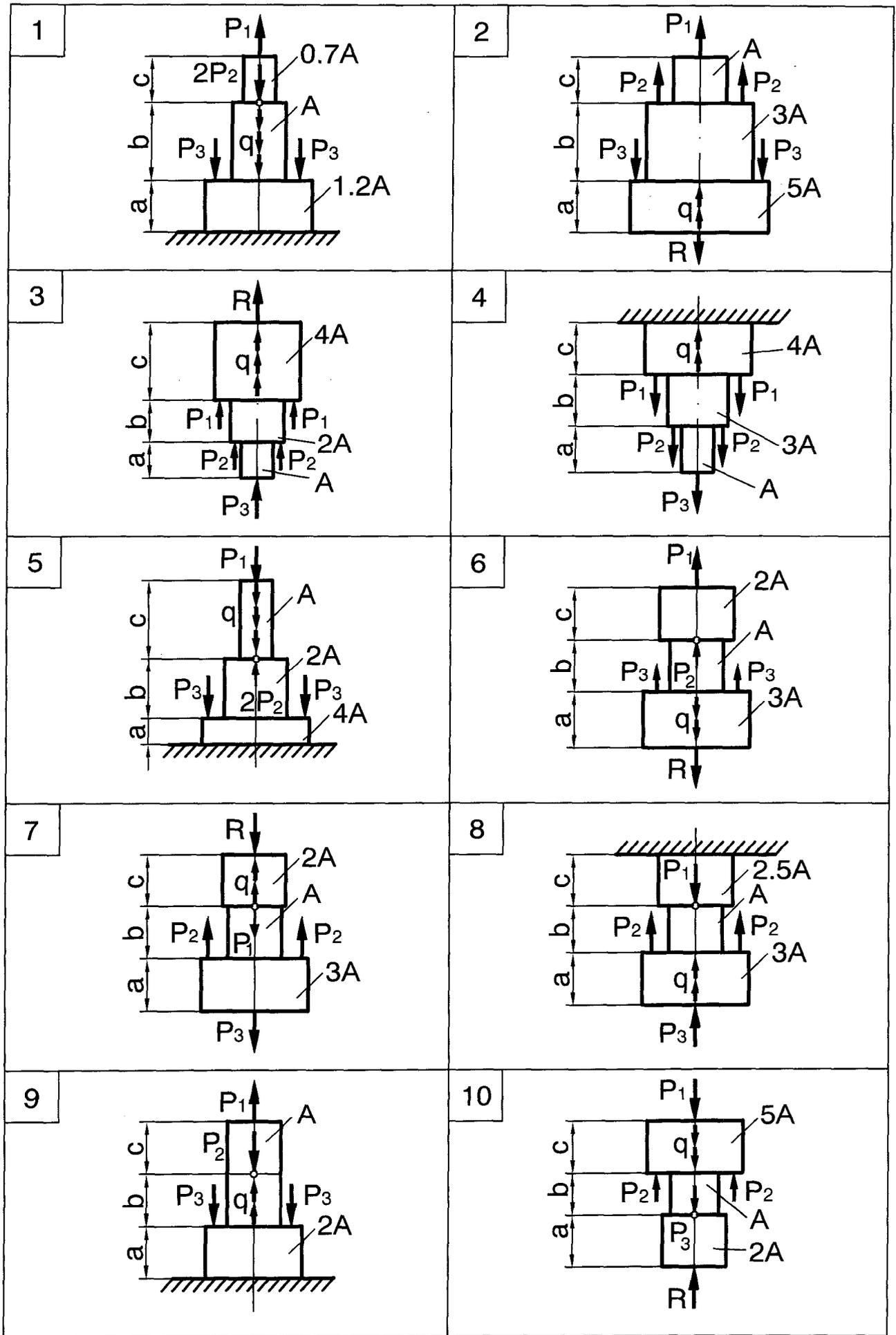
Для данного стержня требуется:

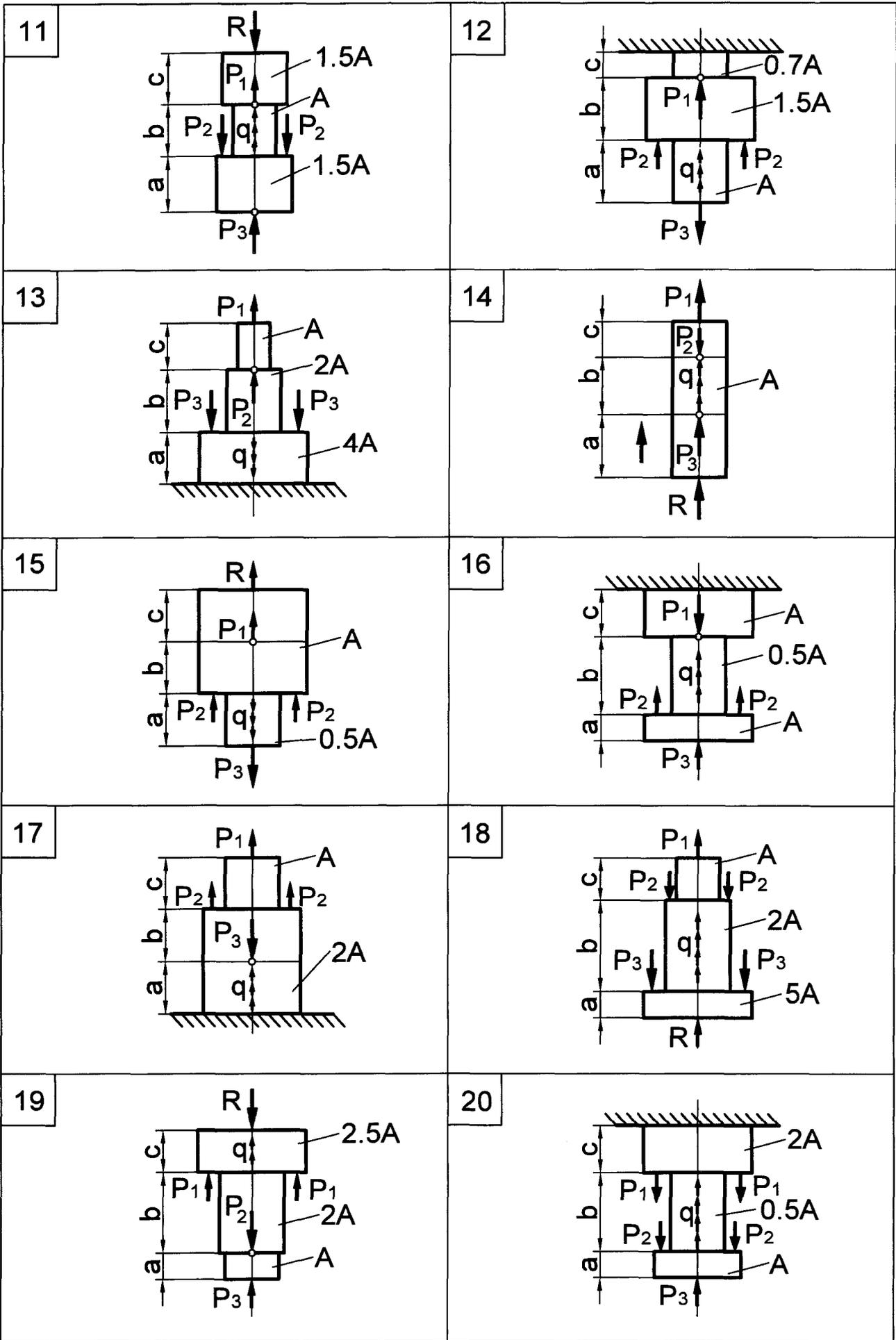
- 1) построить эпюру продольных усилий – N ;
- 2) построить эпюру нормальных напряжений – σ ;
- 3) построить эпюру перемещений точек, лежащих на оси стержня, – Δ ;
- 4) определить нормальные и касательные напряжения на площадках элемента, повернутого на угол 30° к оси стержня и взятого в точке, расположенной на расстоянии $a/2$ от нижнего конца стержня. Изобразить элемент, находящийся под воздействием указанных напряжений.

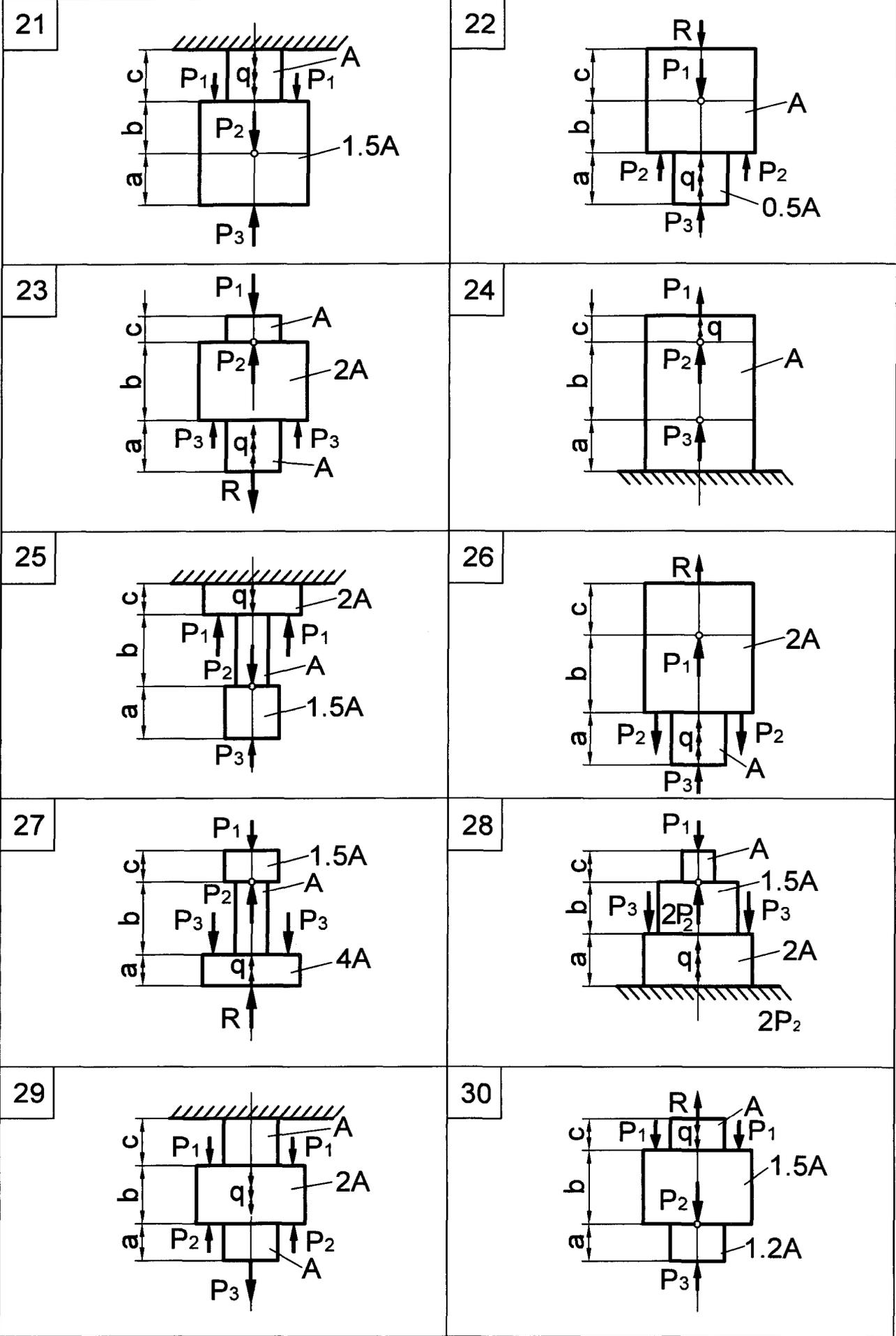
При решении задачи использовать таблицу исходных данных (с. 10) и расчетные схемы на с. 11–13.

Таблица к задаче № 1

Номер строки	Нагрузки				Размеры				Материал
	P ₁ , кН	P ₂ , кН	P ₃ , кН	q, кН/м	a, см	b, см	c, см	A, см ²	
1	100	140	200	5,5	40	60	30	25	Сталь
2	80	60	120	10	50	40	80	40	Медь
3	40	120	100	50	80	60	100	50	Чугун
4	30	90	40	8	100	120	50	40	Дерево
5	10	40	100	6	90	60	110	22	Алюминий
6	100	200	300	3	45	80	120	50	Сталь
7	200	400	100	90	25	40	55	50	Медь
8	200	300	300	40	40	30	105	60	Чугун
9	180	110	100	70	30	30	100	48	Алюминий
10	60	20	50	80	55	10	15	20	Алюминий
11	100	130	50	20	45	45	45	45	Чугун
12	70	150	90	60	40	20	30	27	Сталь
13	100	130	20	50	50	80	100	25	Сталь
14	40	80	40	5	55	100	75	50	Дерево
15	160	280	180	6	50	90	110	35	Сталь
16	35	50	120	20	40	100	30	21	Чугун
17	50	40	90	2	30	60	90	25	Медь
18	80	60	250	15	20	50	70	30	Алюминий
19	150	60	100	10	30	60	120	75	Дерево
20	40	200	70	4	40	50	100	45	Чугун
21	50	80	70	8	100	50	140	20	Медь
22	30	100	30	5	35	45	100	25	Сталь
23	80	50	50	4	40	50	60	30	Чугун
24	120	100	150	9	50	50	50	60	Медь
25	20	40	60	6	40	60	50	50	Дерево
26	60	300	50	20	50	30	40	40	Алюминий
27	200	80	140	30	40	50	30	45	Сталь
28	180	300	240	2	20	40	60	50	Чугун
29	100	180	80	5	50	40	90	45	Медь
30	200	50	150	3	40	60	80	40	Сталь







ЗАДАЧА № 2

РАСТЯЖЕНИЕ – СЖАТИЕ

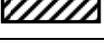
Для заданной шарнирно-стержневой системы требуется:

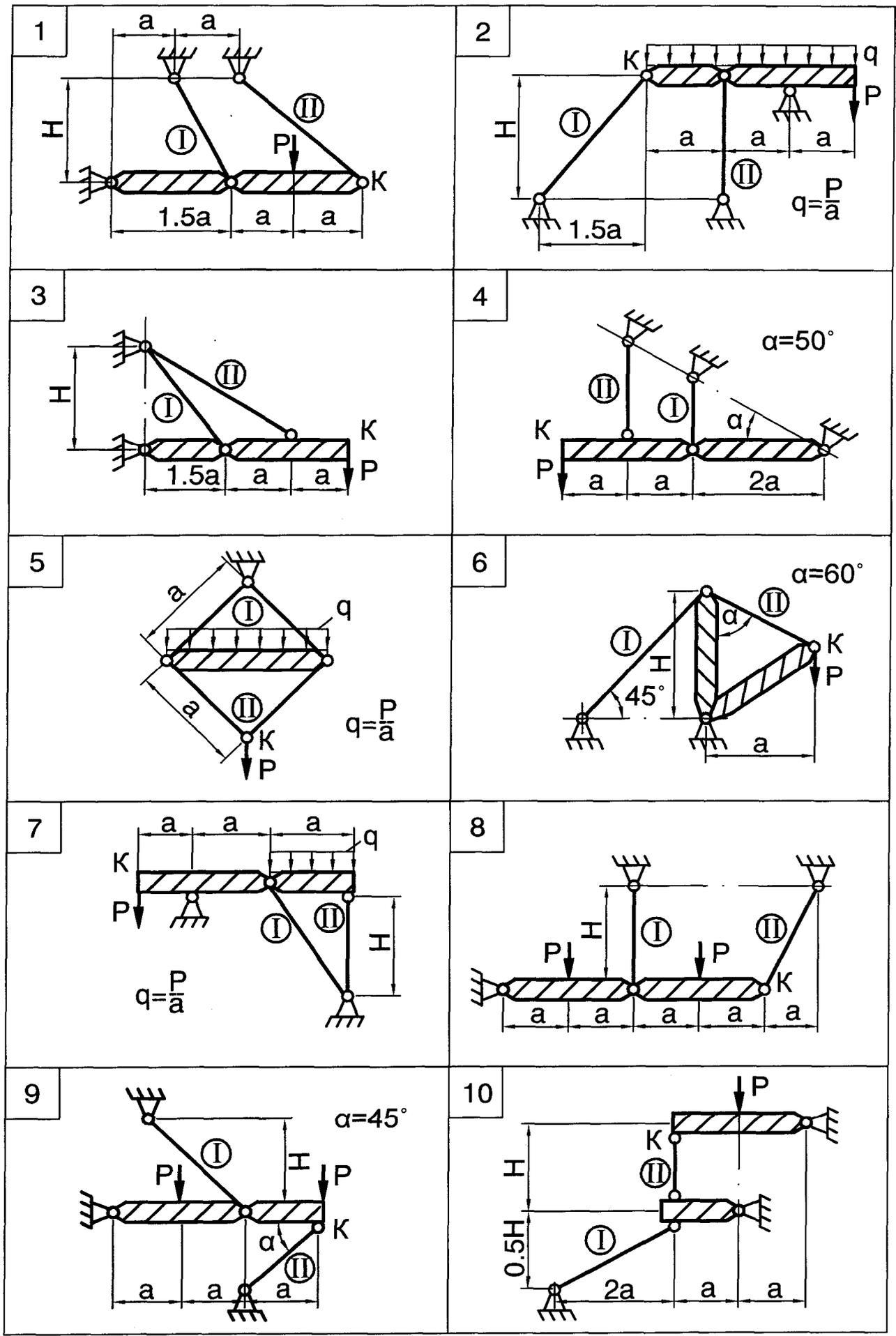
- 1) определить допускаемую нагрузку P , исходя из прочности стержня II;
- 2) определить усилия во всех остальных упругих стержнях;
- 3) подобрать сечения упругих стержней из условия прочности в форме, указанной в таблице;
- 4) определить перемещение точки K .

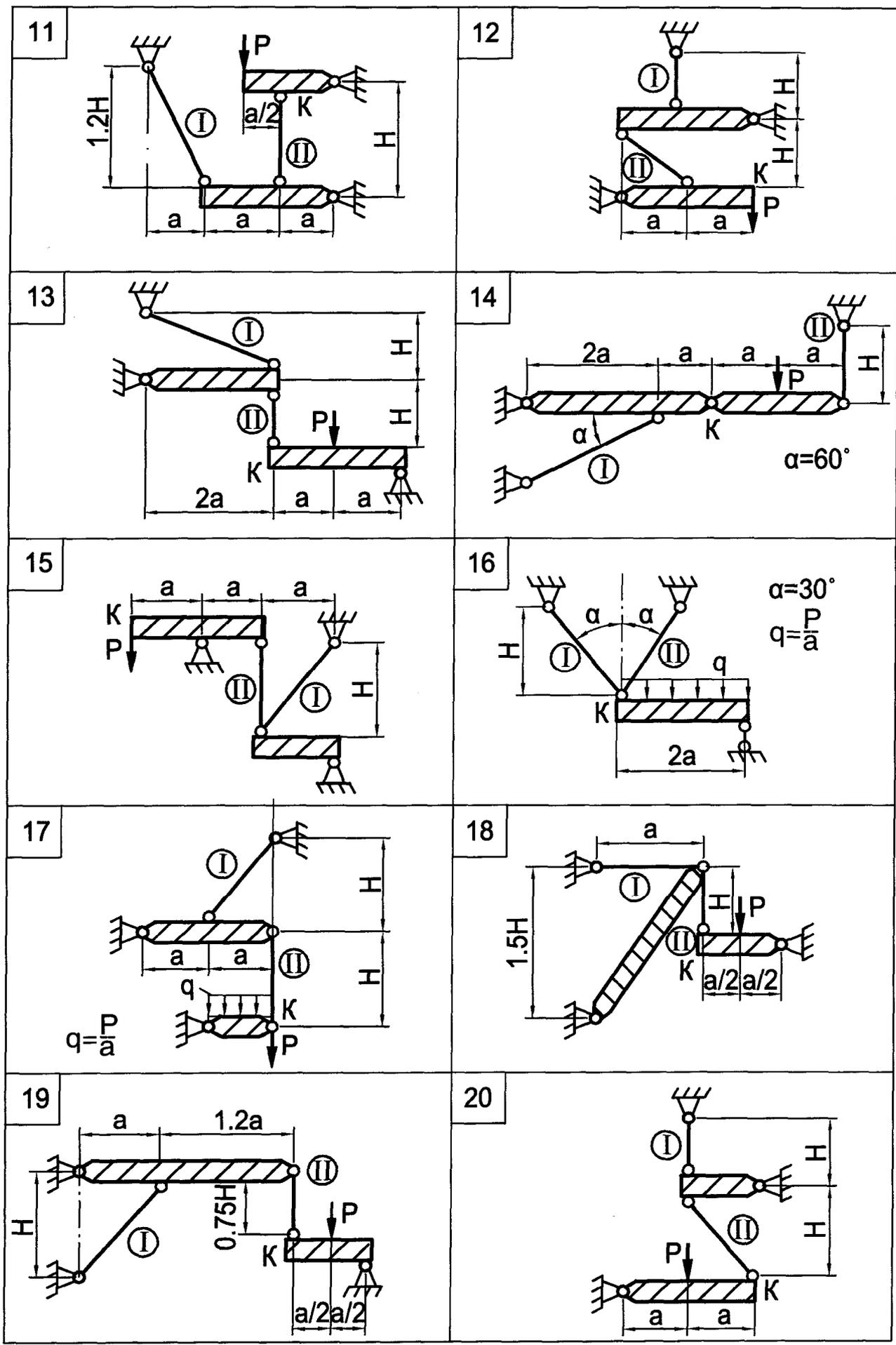
При решении задачи использовать таблицу исходных данных (с. 15) и расчетные схемы на с. 16–18.

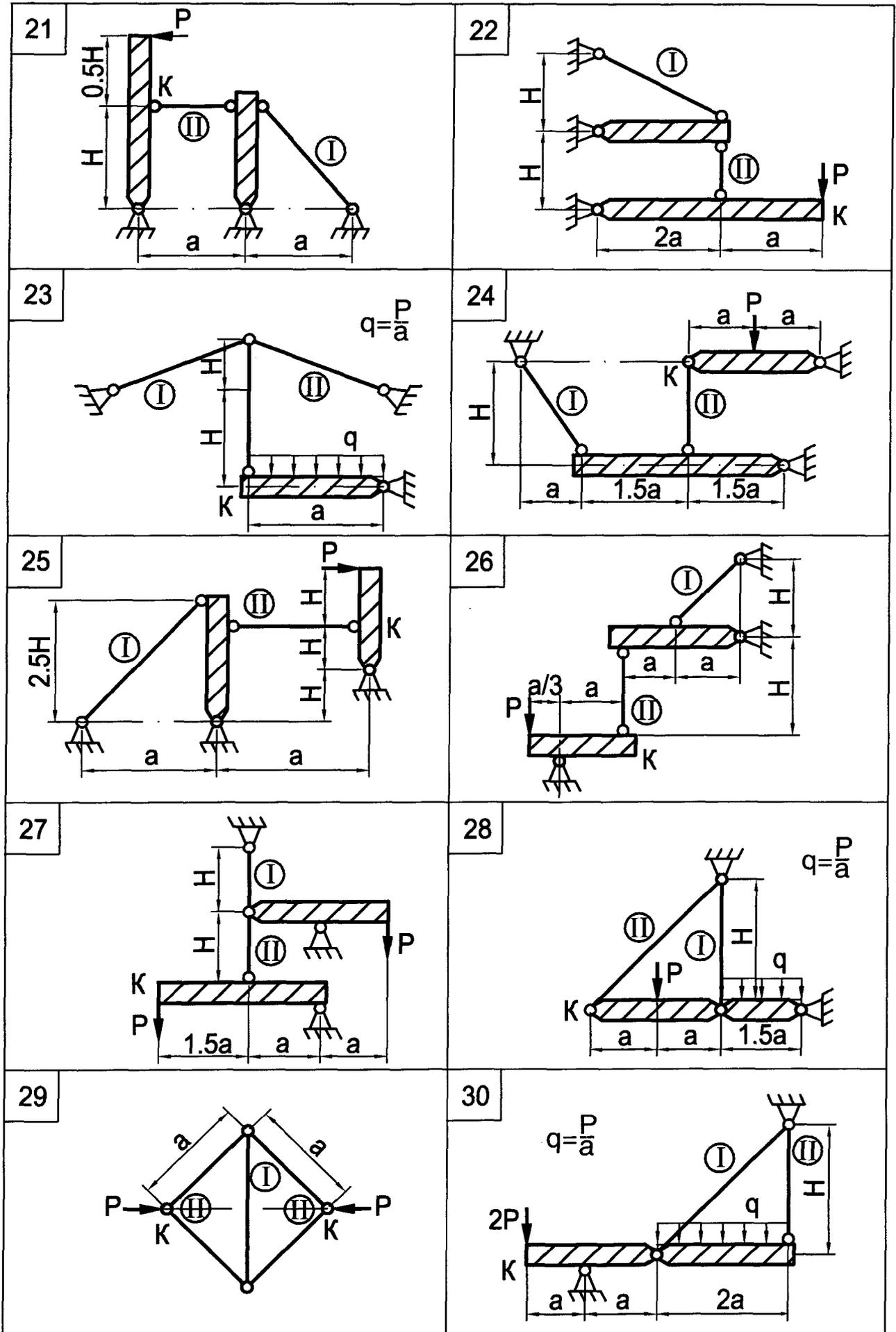
Примечание. Стержни, показанные двойной линией и заштрихованные, считать абсолютно жесткими, т. е. недеформируемыми.

Таблица к задаче № 2

Номер строки	Размеры, м		Допускаемые напряжения, МПа		Номер профиля или форма и размеры сечения в мм			
	a	H	$[\sigma_I]$	$[\sigma_{II}]$	I стержень		II стержень	
1	0,5	1	160	120	h/b=3		56x36x4	
2	0,7	0,9	140	20			200x100	
3	1	1,2	130	160			№ 16	
4	0,3	0,8	120	100			№ 8	
5	1	0,5	160	110			50x50x5	
6	0,8	1,5	150	120			№ 5	
7	0,4	0,8	100	140			№ 18	
8	0,5	1,2	110	16			25x100	
9	0,6	1,1	160	160			d=5	
10	0,9	1,3	170	100	d/D=0,7		№ 10	
11	0,5	1	100	110			160x100x9	
12	1	0,8	100	120			70x70x5	
13	0,6	1,4	130	17			100x150	
14	0,4	0,8	140	18			50x70	
15	1,2	1,5	160	140			d=10	
16	1	1	15	160			№ 10	
17	0,8	1	16	100			100x63x6	
18	1,2	1,7	17	110	b/h=3		№12	
19	0,7	1,5	22	120	b/h=4		d=10	
20	0,5	1	120	130	d/D=0,75		10x25	
21	1	2	160	160			10x10	
22	0,8	1,2	100	160			№ 14	
23	1,5	1,2	120	140			№ 6,5	
24	1	1,4	100	100	b/h=0,5		№ 20	
25	0,8	1	120	160			d=15	
26	0,6	0,8	20	100			10x20	
27	1	0,5	160	160	d/D=0,8		b=10,h=20	
28	0,5	0,7	150	100			№ 16	
29	1	0,6	22	160	b/h=2,5		70x70x6	
30	1,2	0,8	160	160			№ 10	







ЗАДАЧА № 3

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

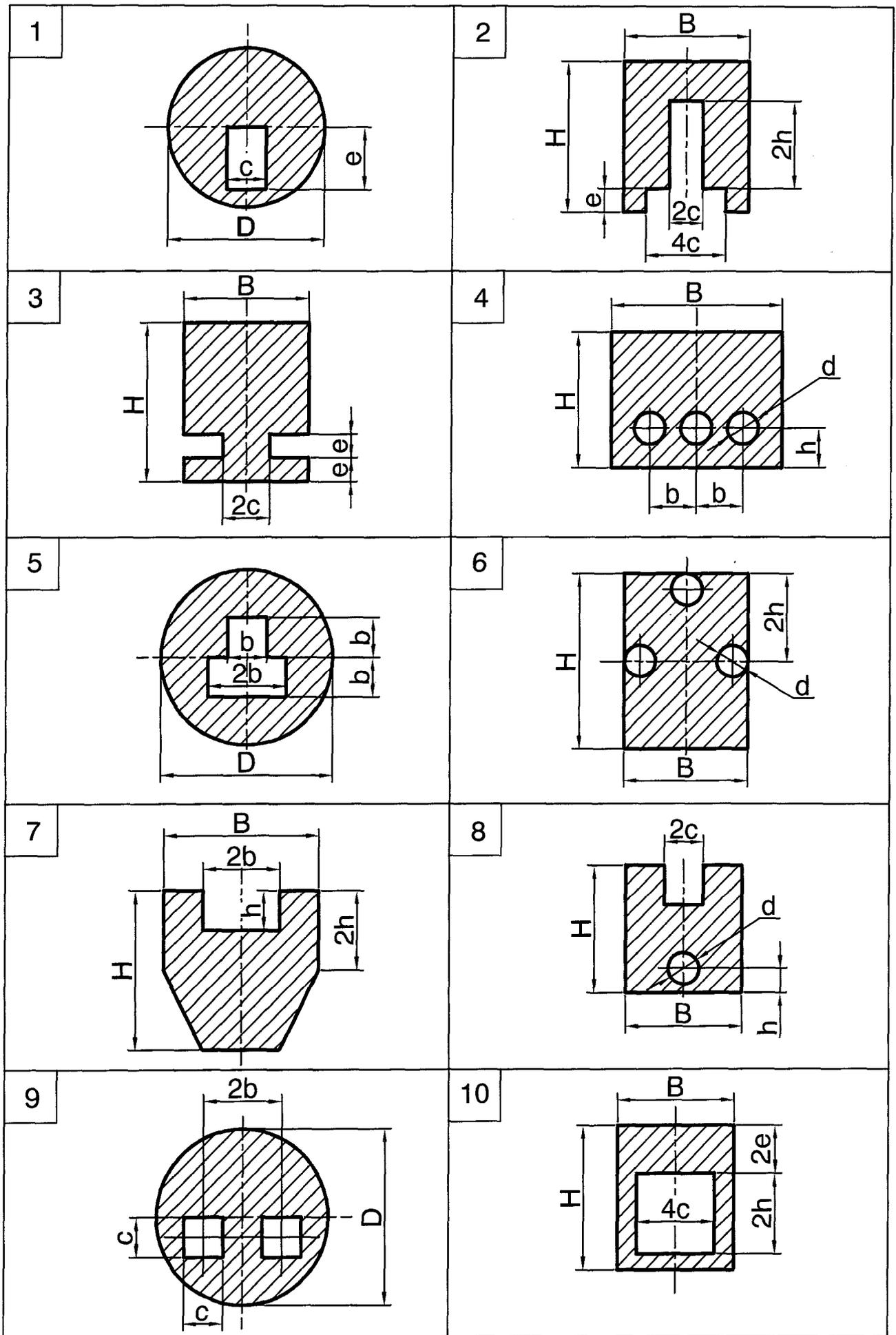
Для сечения, симметричного относительно вертикальной оси и составленного из простых геометрических фигур, требуется:

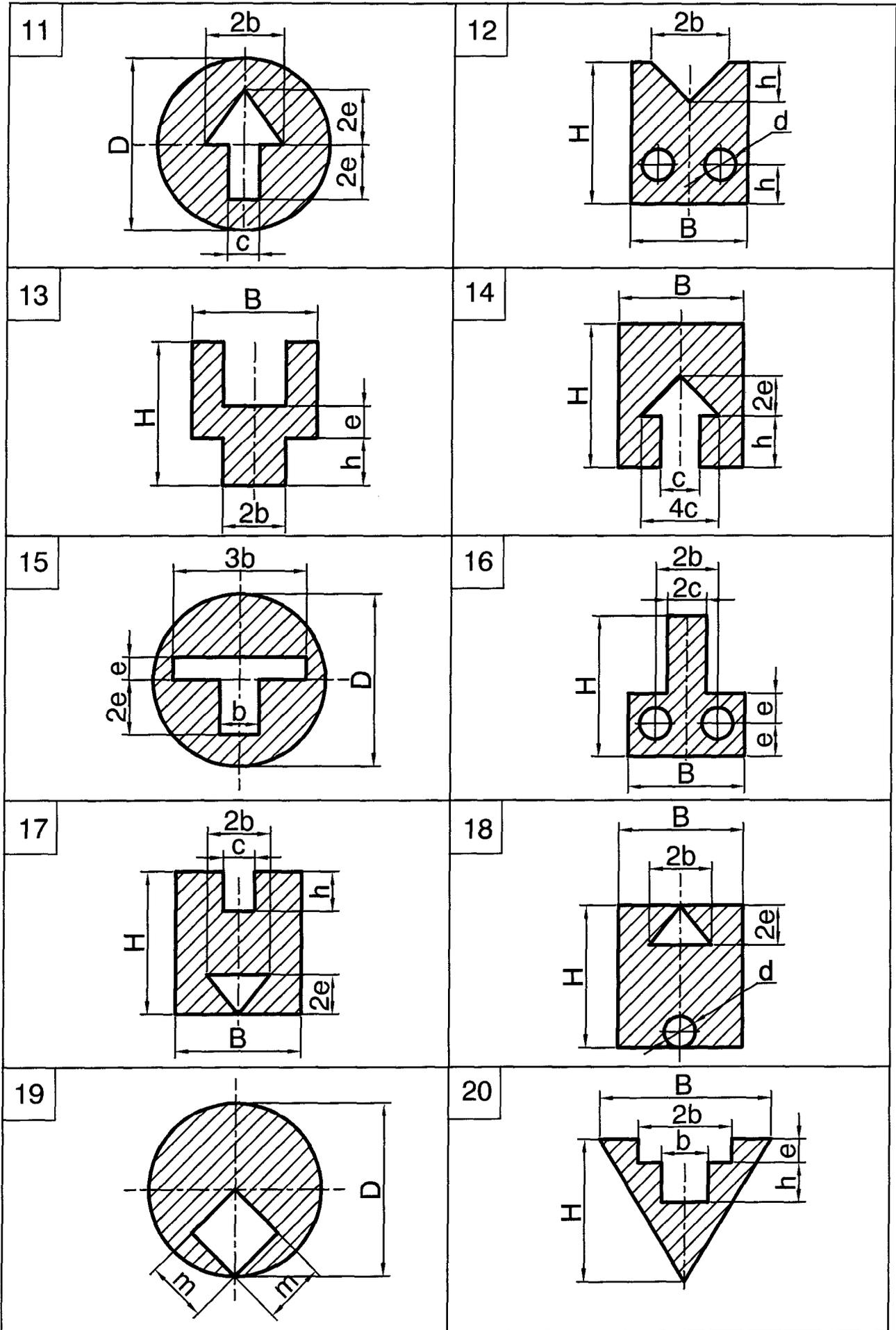
- 1) вычертить сечение в масштабе на листе формата А4 и показать основные размеры в числах;
- 2) определить положение центра тяжести и указать положение главных центральных осей;
- 3) вычислить величины главных моментов инерции.

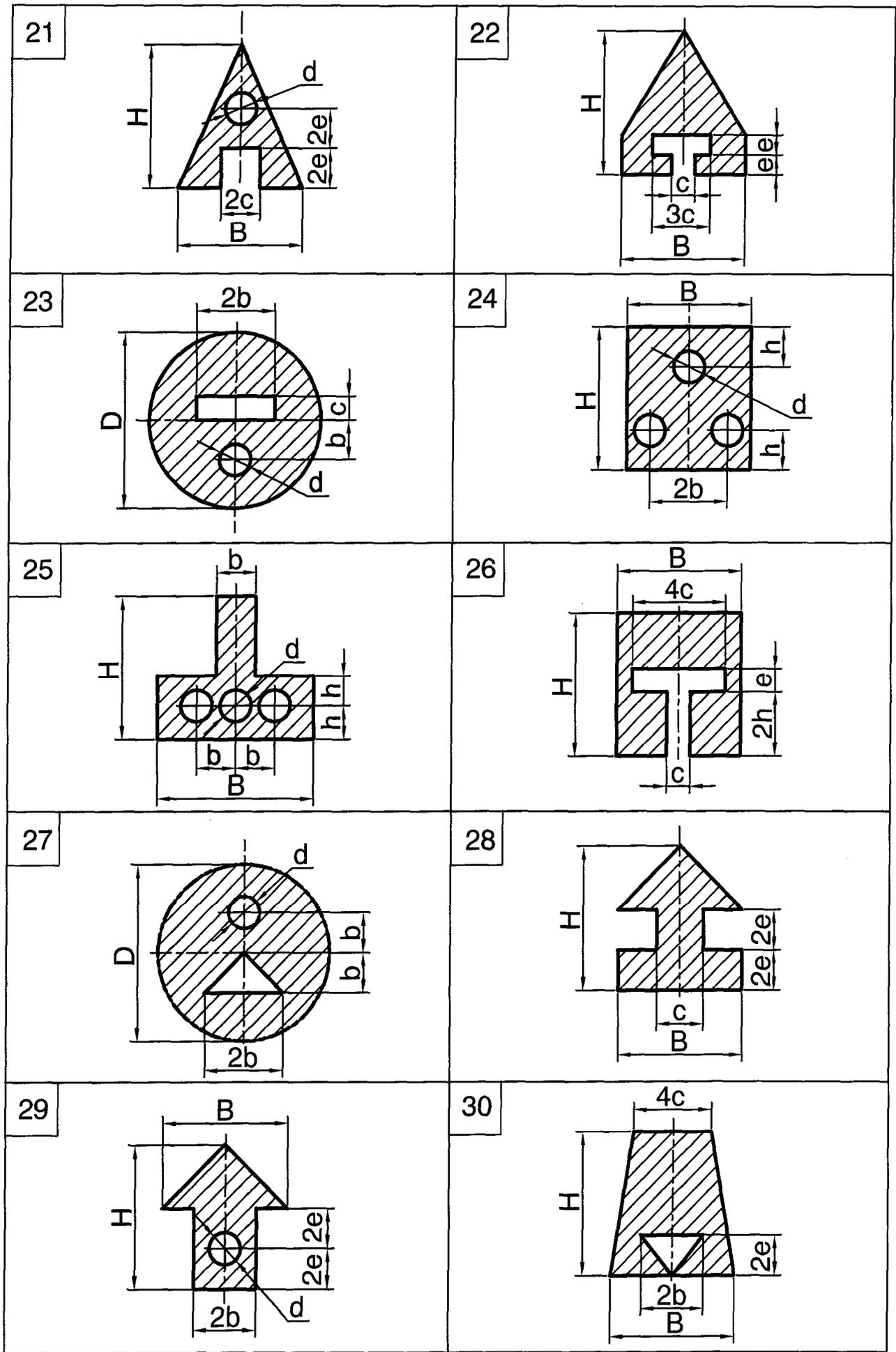
При решении задачи использовать таблицу исходных данных (с. 20) и расчетные схемы на с. 21–23.

Таблица к задаче № 3

Номер строки	Размеры сечения, см							
	H	B	h	b	e	c	D	d
1	80	60	20	15	13	10	60	10
2	90	60	25	15	15	10	60	15
3	100	70	25	17	17	12	70	14
4	110	80	28	20	19	14	80	15
5	120	90	30	23	20	15	90	18
6	130	90	33	23	22	15	95	20
7	140	100	35	25	24	17	100	20
8	150	120	37	30	25	20	110	22
9	160	120	40	30	27	20	120	25
10	170	130	42	33	29	22	130	27
11	180	140	45	35	30	24	140	30
12	190	150	47	37	32	25	150	30
13	200	160	50	40	34	27	160	32
14	220	160	55	40	37	27	160	32
15	240	160	60	40	40	27	170	34
16	260	180	65	45	43	30	180	36
17	280	200	70	50	46	34	200	40
18	300	220	75	55	50	37	220	44
19	320	240	80	60	53	40	240	48
20	340	260	85	65	56	43	260	52
21	360	280	90	70	60	46	280	56
22	380	300	95	75	63	50	300	60
23	400	320	100	80	66	53	320	64
24	420	340	105	85	70	57	340	68
25	440	360	110	90	73	60	360	72
26	460	380	115	95	76	63	380	76
27	480	400	120	100	80	67	400	80
28	500	400	125	100	83	67	500	100
29	520	420	130	105	86	70	600	120
30	540	420	135	105	90	70	700	140







ЗАДАЧА № 4

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

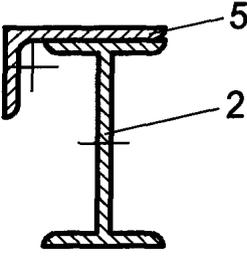
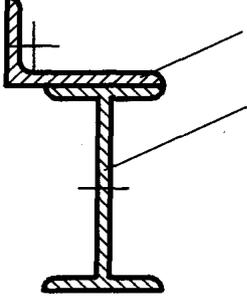
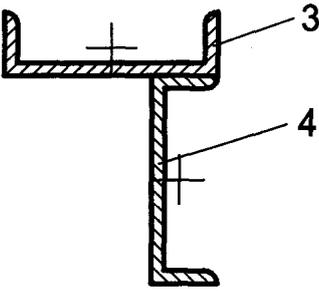
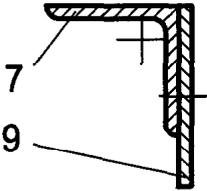
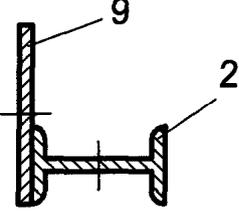
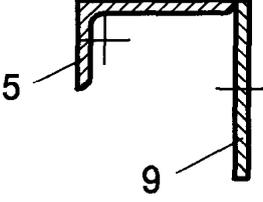
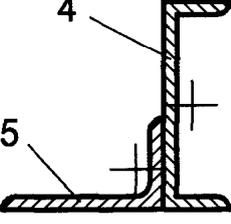
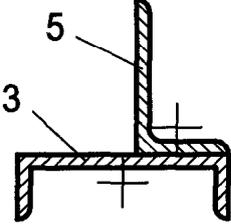
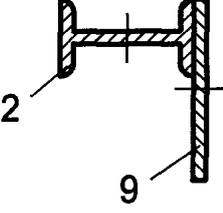
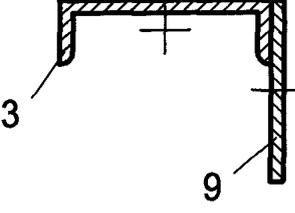
Для сечения, составленного из прокатных профилей, требуется:

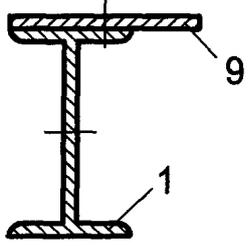
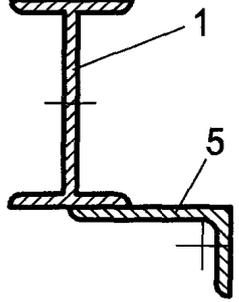
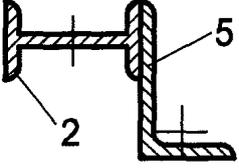
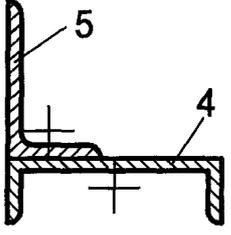
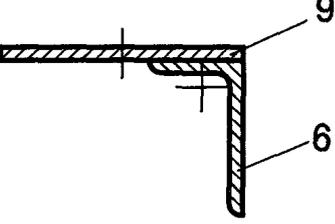
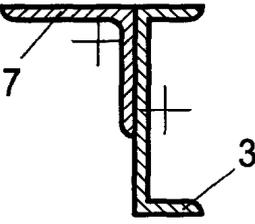
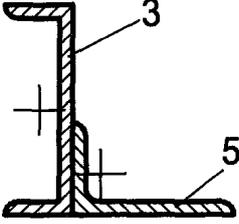
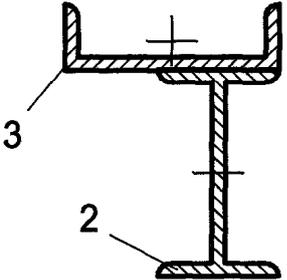
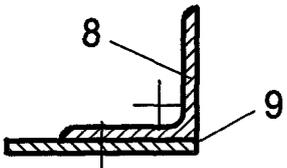
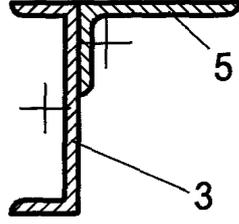
- 1) вычертить сечение в масштабе на листах формата А4 и показать основные размеры в числах;
- 2) определить положение центра тяжести и показать на чертеже положение горизонтальной и вертикальной центральных осей;
- 3) определить осевые и центробежный моменты инерции относительно центральных осей;
- 4) определить положение главных осей инерции и показать их на чертеже;
- 5) определить главные моменты инерции;
- 6) определить главные радиусы инерции.

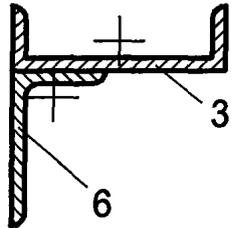
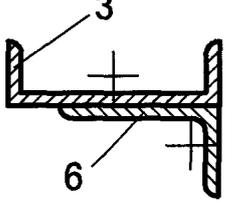
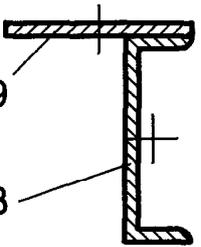
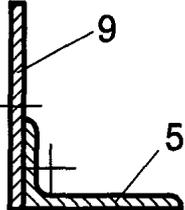
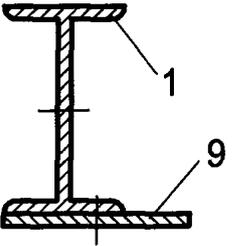
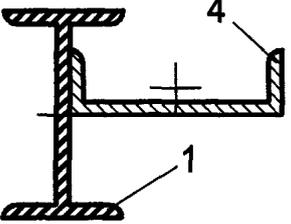
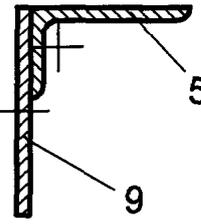
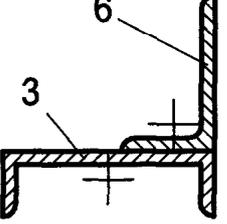
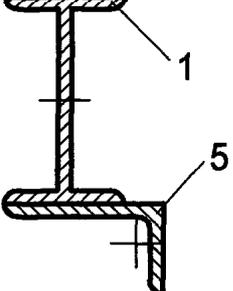
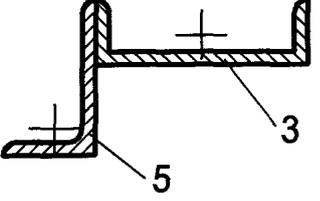
При решении задачи использовать таблицу исходных данных (с. 25) и расчетные схемы на с. 26–28.

Таблица к задаче № 4

Номер строки	Номера элементов сечений								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номера сечений				Размеры сечений, мм				
1	30	10	20	5	100×63×8	53×36×4	80×80×6	50×50×4	8×200
2	33	12	22	6,5	110×70×8	63×40×4	80×80×7	56×56×4	10×200
3	36	14	24	8	125×80×10	70×45×5	80×80×8	63×63×4	12×200
4	40	16	27	10	140×90×8	75×50×5	90×90×6	70×70×5	14×200
5	45	18	30	12	160×100×10	80×50×5	90×90×7	75×75×5	12×250
6	50	20	33	14	180×110×10	90×56×5,5	90×90×8	80×80×6	14×250
7	55	22	36	16	200×125×12	100×63×6	100×100×7	90×90×6	8×180
8	60	24	40	18	180×110×12	110×70×6,5	100×100×8	100×100×6,5	10×180
9	65	27	16	20	160×100×12	125×80×7	100×100×10	110×110×7	12×180
10	30	24	18	18	140×90×10	56×36×5	100×100×12	125×125×9	14×180
11	33	22	20	16	125×80×12	63×40×5	100×100×8	50×50×5	8×150
12	36	20	22	14	110×70×6,5	70×45×5	110×110×8	56×56×5	16×150
13	40	18	24	12	100×63×10	75×50×6	125×125×8	63×63×5	14×200
14	45	16	27	10	110×70×8	80×50×6	125×125×10	70×70×6	12×250
15	50	14	30	8	125×80×8	90×56×6	125×125×12	75×75×6	8×160
16	55	12	33	6,5	140×90×8	100×63×7	125×125×14	80×80×7	8×140
17	60	10	36	5	160×100×14	110×70×8	140×140×9	90×90×7	8×150
18	65	12	40	6,5	180×110×10	125×80×8	140×140×10	100×100×7	10×160
19	30	14	16	8	200×125×14	56×36×4	140×140×12	110×110×8	10×180
20	33	16	18	10	180×110×12	63×40×6	160×160×10	125×125×10	10×250
21	36	18	20	12	160×100×9	70×45×5	160×160×12	50×50×4	12×200
22	40	20	22	14	140×90×10	75×50×8	160×160×14	56×56×4	12×220
23	45	22	24	16	125×80×7	80×50×5	180×180×11	63×63×6	12×240
24	50	24	27	18	110×70×6,5	90×56×8	180×180×12	70×70×7	14×250
25	55	27	30	20	100×63×7	56×36×5	200×200×12	75×75×7	14×260
26	60	24	33	18	110×70×8	63×40×8	200×200×14	80×80×8	14×280
27	65	22	36	16	125×80×10	70×45×5	220×220×14	90×90×8	14×150
28	30	20	40	14	140×90×8	100×63×8	250×250×16	100×100×8	12×200
29	33	18	16	12	160×100×10	110×70×6,5	140×140×10	110×110×7	10×150
30	36	16	18	10	180×110×10	125×80×10	110×110×8	125×125×12	10×125

1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	

11		12	
13		14	
15		16	
17		18	
19		20	

21		22	
23		24	
25		26	
27		28	
29		30	

ЗАДАЧА № 5

КРУЧЕНИЕ ВАЛОВ КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Вал круглого поперечного сечения нагружен системой внешних скручивающих моментов.

Требуется:

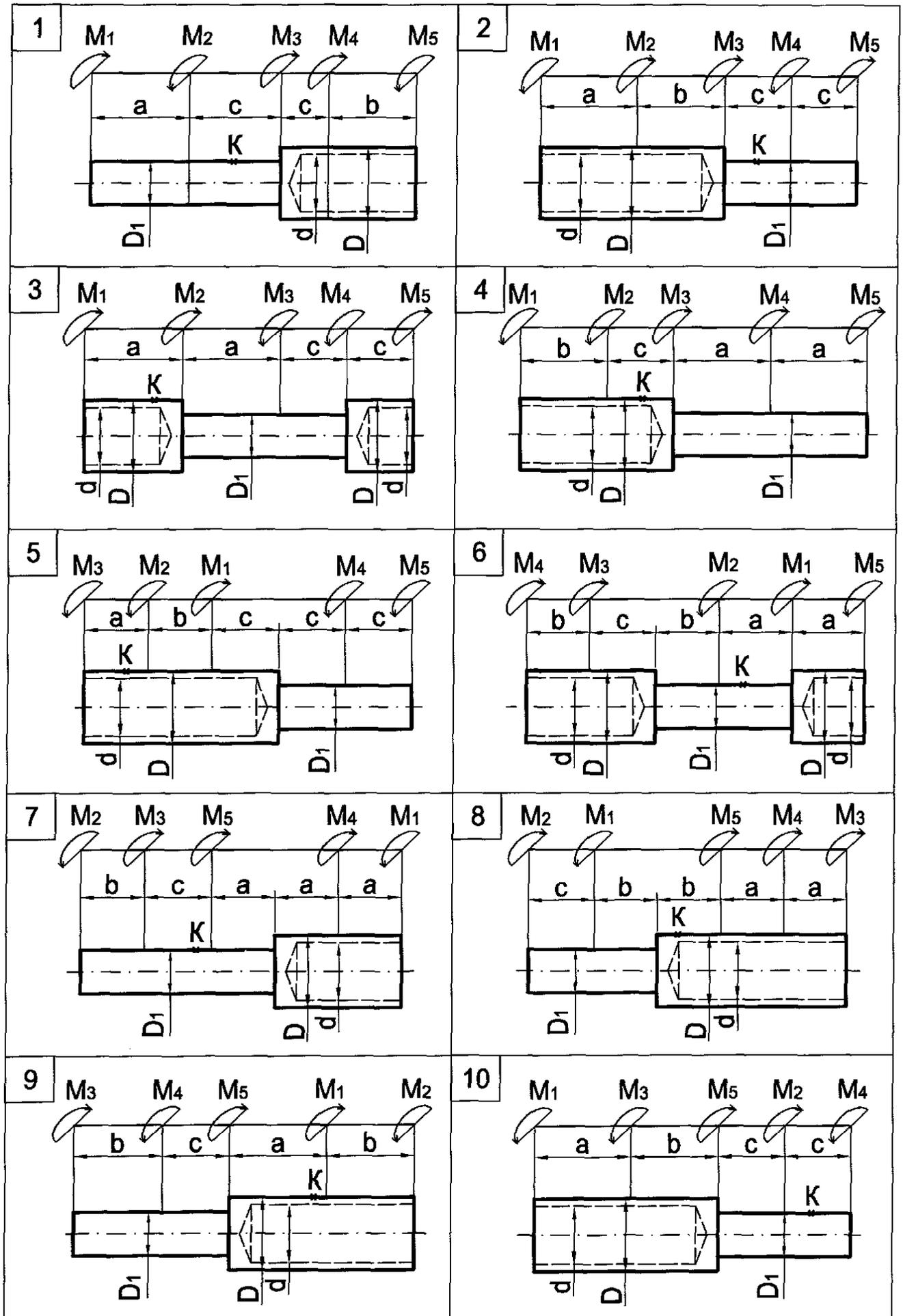
- 1) из условия равновесия определить направление и величину незаданного скручивающего момента M_i ;
- 2) построить эпюру крутящего момента M_K ;
- 3) из условия прочности и жесткости подобрать диаметры d и D сплошного и полого участков вала ($\alpha = d/D$ – отношение внутреннего диаметра к наружному);
- 4) построить эпюру углов закручивания, приняв за неподвижное левое торцевое сечение вала;
- 5) исследовать напряженное состояние элемента, расположенного на поверхности вала в окрестности точки K .

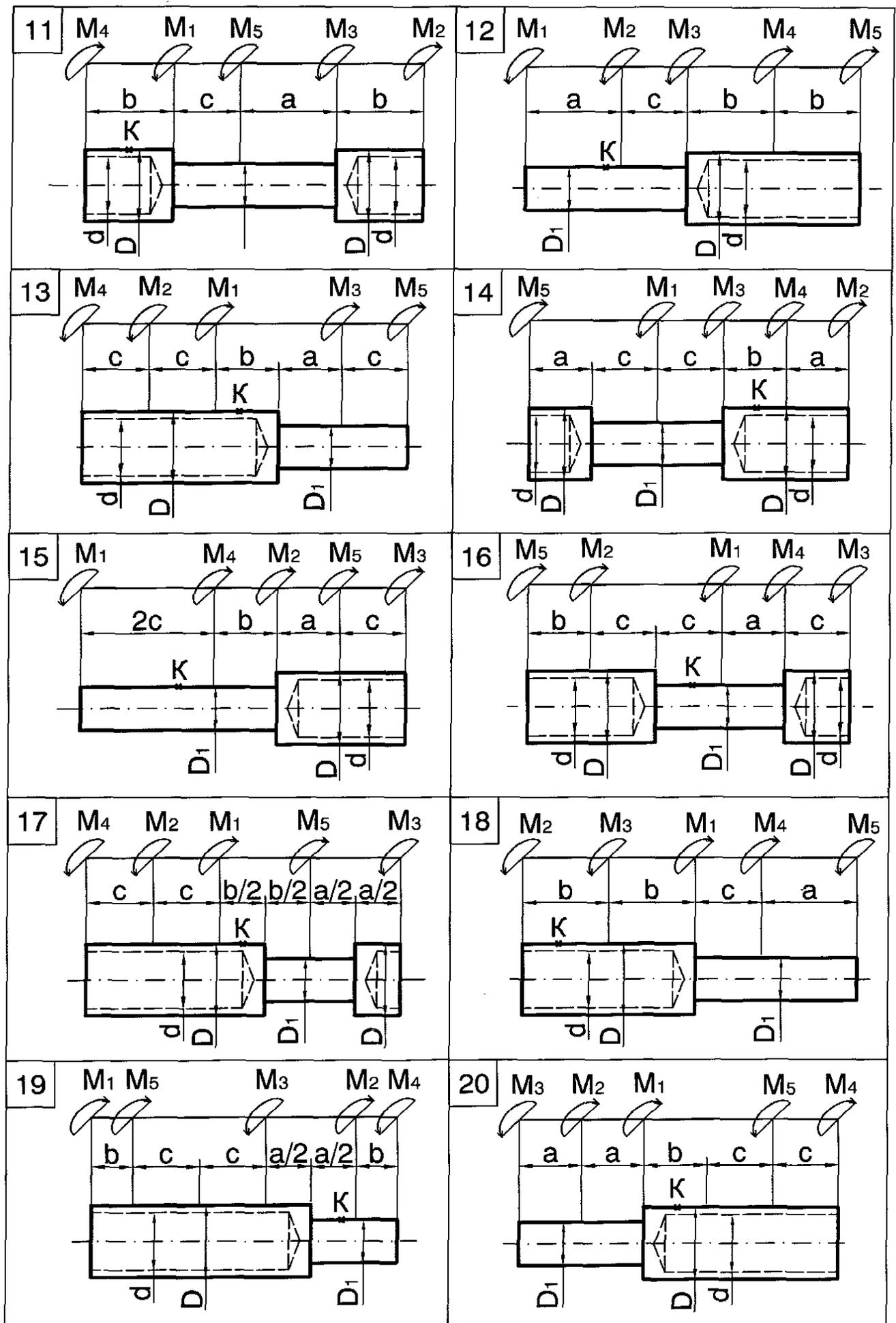
При выполнении данного пункта необходимо:

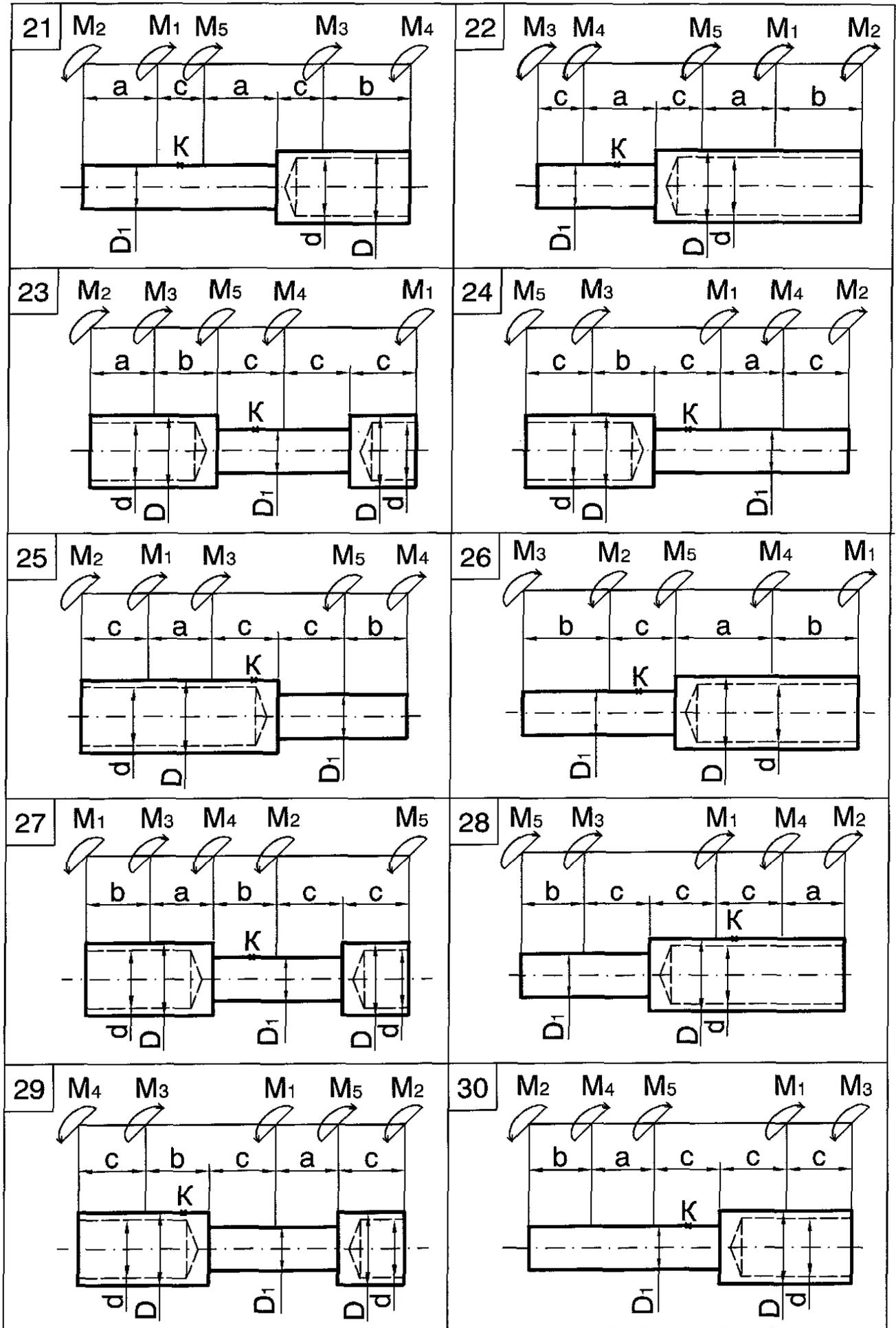
- а) выделить элементарный параллелепипед и определить касательные напряжения на гранях, совпадающих с поперечными и осевыми сечениями;
- б) изобразить плоский элемент, определить положение главных площадок, найти главные нормальные напряжения и показать их на чертеже;
- б) изобразить в масштабе вал в соответствии с полученными значениями диаметров.

При решении задачи использовать таблицу исходных данных (с. 30) и расчетные схемы на с. 31–33.

Номер строки	Внешние моменты, кНм					Размеры, м			Допус- каемое напря- жение, МПа	Допус- каемый угол, град/м	$\alpha = \frac{d}{D}$
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	a	b	c	[τ]	[φ]	
1	2	1,6	-	0,4	0,6	1	0,4	0,5	50	0,1	0,8
2	1,8	1,8	0,6	1,2	-	0,9	0,5	0,4	55	0,15	0,7
3	-	1,4	2	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	60	0,2	0,6
4	1,6	-	1,2	1,5	0,6	0,7	0,7	0,8	65	0,25	0,5
5	1,4	1,2	1,8	-	1,5	0,6	0,8	0,7	70	0,3	0,45
6	-	2	0,8	0,4	1,2	0,5	0,9	0,5	75	0,35	0,55
7	1,2	-	1,2	0,8	1	0,4	1	0,6	80	0,4	0,65
8	1	0,8	2	-	0,6	0,6	0,9	0,4	85	0,45	0,75
9	1,8	1,5	-	1,4	0,5	0,7	0,9	0,6	50	0,5	0,8
10	1,5	1	0,6	1,2	-	0,8	0,7	0,5	60	0,2	0,5
11	-	1,8	0,4	1,2	2	0,9	0,6	0,4	70	0,3	0,6
12	1,6	0,4	-	2	0,8	1	0,5	0,5	80	0,1	0,55
13	1,2	-	1,5	0,6	1,5	0,4	1	0,6	55	0,4	0,7
14	1	1,2	0,8	-	0,8	0,5	0,9	0,7	65	0,15	0,65
15	1,7	1,4	1	1,5	-	0,6	0,7	0,8	75	0,25	0,8
16	-	2	1,2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,9	85	0,35	0,45
17	2	-	1,4	0,8	1	0,8	0,4	1	80	0,45	0,5
18	1,4	1	-	1	1,5	0,9	0,8	0,4	75	0,15	0,55
19	1,5	0,6	2	1,2	-	1	0,9	0,4	70	0,2	0,6
20	1,8	0,8	1,5	-	0,8	0,7	1	0,5	65	0,25	0,65
21	1,2	1,2	-	1,5	0,4	0,8	0,8	0,4	60	0,3	0,7
22	-	0,4	1,6	0,5	2	0,6	0,9	0,5	55	0,35	0,75
23	1,7	-	0,6	2	0,5	0,5	0,7	0,8	50	0,4	0,8
24	1,4	2	1,2	0,8	-	0,4	0,6	1	85	0,45	0,5
25	1,6	0,8	1,5	-	1	0,9	0,5	0,6	90	0,5	0,6
26	1,8	1	-	1,2	0,6	1	0,7	0,4	95	0,4	0,4
27	-	1,5	2	0,6	1,2	0,8	0,4	0,7	100	0,3	0,45
28	1,5	-	0,8	1,8	1,5	0,7	0,5	0,8	60	0,2	0,55
29	2	1,2	1	0,4	-	0,6	0,6	0,9	70	0,1	0,65
30	-	1,8	0,6	0,5	2	0,5	1	0,6	80	0,25	0,7







ЗАДАЧА № 6

ПЛОСКИЙ ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ БАЛОК

1. Для заданных 8 схем балок требуется построить эпюры Q и M с вычислением значений поперечных сил и изгибающих моментов в характерных сечениях балки.

2. Для схем 1 и 2 записать уравнения поперечных сил и изгибающих моментов для каждого участка балки.

3. Для схемы 4 подобрать необходимые размеры поперечного сечения деревянной балки из условия прочности по нормальным напряжениям. Принятые размеры сечения балки проверить по касательным напряжениям, если $[\tau] = 2,5$ МПа.

В вариантах 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 16, 18, 21, 24, 26, 28, 30 принять допустимое напряжение на растяжение и сжатие $[\sigma] = 12$ МПа. В вариантах 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 25, 27, 29 $[\sigma] = 10$ МПа.

4. Для схемы 5 подобрать номер указанного прокатного профиля, если $[\sigma] = 160$ МПа.

5. Для схемы 6 определить наибольшие нормальные напряжения в опасном сечении балки. Построить эпюру нормальных напряжений в этом же сечении.

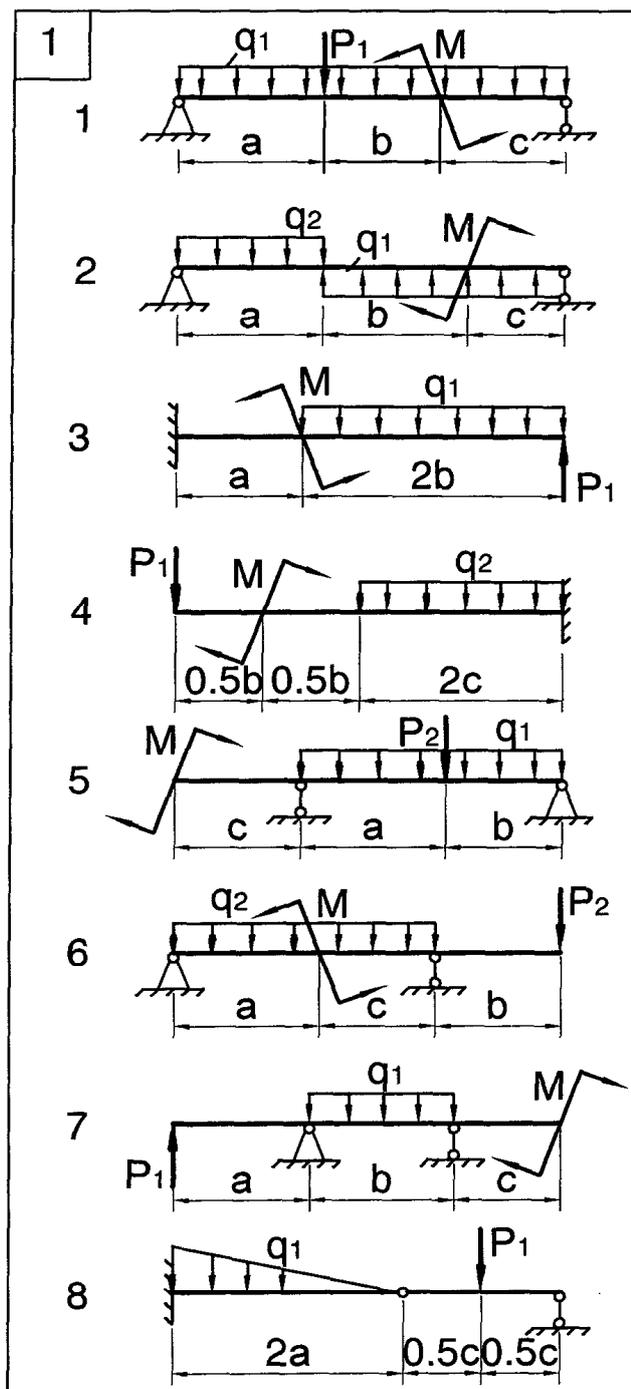
6. Для схемы 7 подобрать размеры указанного вида сечения из чугуна. Указать, как рационально установить балку. Построить эпюру σ в опасном сечении при рациональном положении балки.

Допускаемые напряжения для чугуна: на растяжение – $[\sigma_p] = 40$ МПа, на сжатие – $[\sigma_c] = 140$ МПа.

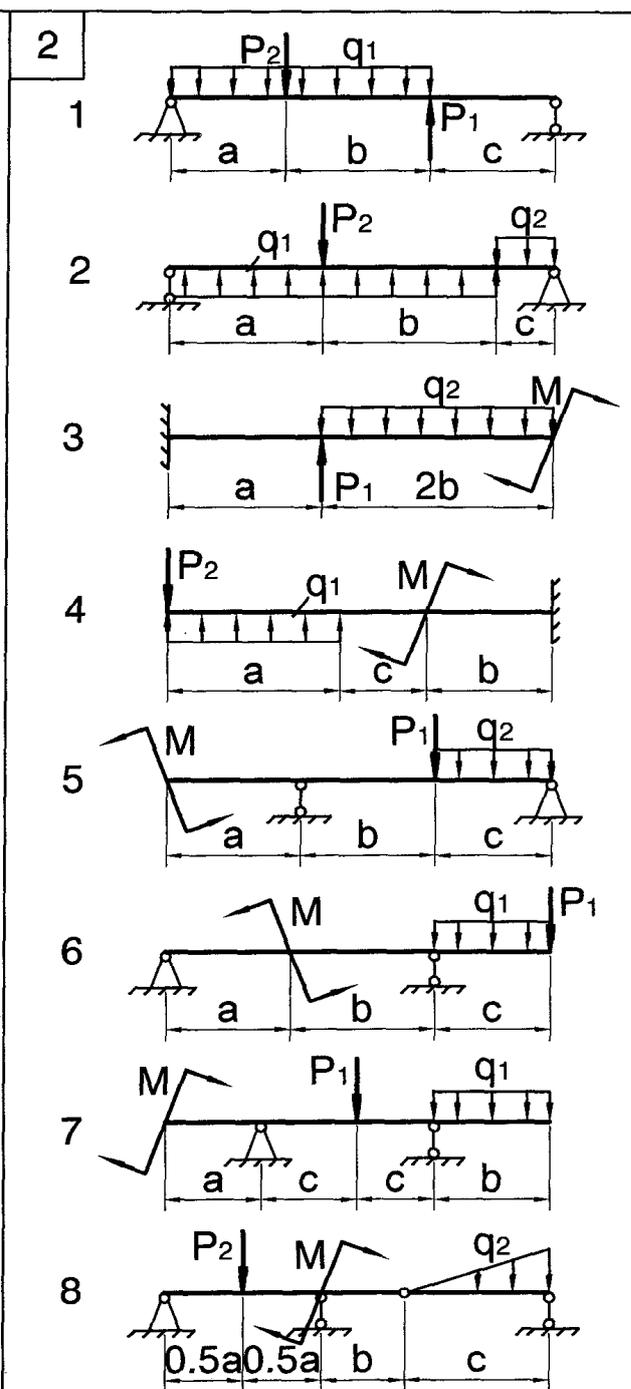
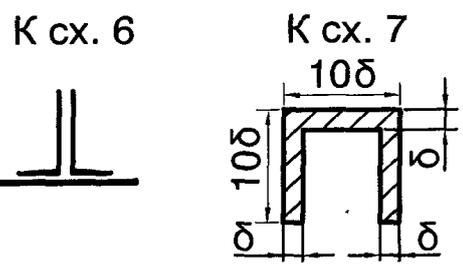
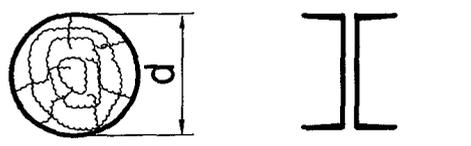
При решении задачи использовать таблицу исходных данных (с. 35) и расчетные схемы на с. 36–50.

Таблица к задаче № 6

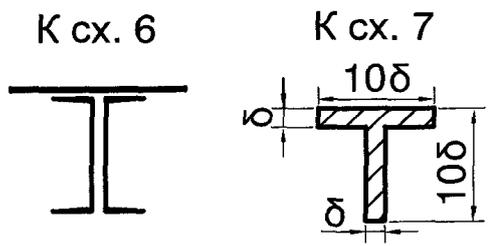
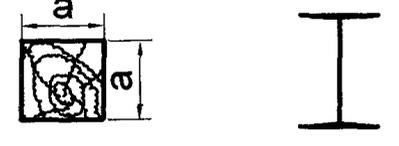
Но- мер стро- ки	Размеры, м			Нагрузки					Элементы сечения				
	a	b	c	P ₁ , кН	P ₂ , кН	q ₁ , кН/м	q ₂ , кН/м	M, кНм	Лист, мм	Номер			
										дву- тавра	швел- лера	уголка	
1	1	1	1	10	40	10	18	30	400x20	20	24	200x200x20	
2	2	1	0,5	40	10	12	20	20	200x10	18	20	160x160x10	
3	1	1	2	30	20	10	20	40	300x20	30	16	125x125x16	
4	2	0,5	0,5	50	10	15	10	30	200x10	30	20	250x250x20	
5	1	2	0,5	20	30	10	24	20	180x20	40	22	180x180x12	
6	2	1	1	40	20	15	20	40	300x10	18	14	140x140x12	
7	1	1	1	10	40	10	18	30	400x20	30	24	100x100x10	
8	2	1	0,5	40	10	12	20	20	200x10	22	40	160x160x10	
9	1	1	2	30	20	10	20	40	240x20	30	16	90x90x8	
10	2	0,5	0,5	50	10	15	10	30	160x40	24	20	110x110x8	
11	1,4	1	1	30	20	5	20	50	250x20	18	20	140x140x9	
12	1	2	1	50	10	40	10	20	200x20	18	36	220x220x16	
13	2,2	1	1	20	30	16	20	40	300x30	24	30	50x50x4	
14	0,8	2	1	50	20	15	20	30	140x40	30	27	125x125x10	
15	2	1	1,4	20	40	10	40	50	300x20	18	22	140x140x12	
16	1	2	1	10	20	10	20	10	240x12	30	20	100x63x10	
17	1	2	1	30	20	10	20	20	200x20	24	30	160x160x10	
18	0,8	2	1,5	10	50	30	10	20	200x20	24	16	140x90x10	
19	2	1	1,5	40	25	20	30	20	300x10	20	16	100x100x14	
20	1	2	0,6	30	40	10	20	20	300x12	14	27	140x140x10	
21	2	1	1	40	20	40	20	20	300x30	40	24	50x50x4	
22	1	2	1	50	20	40	10	20	400x20	27	20	200x200x12	
23	0,6	2	1	40	30	15	20	40	200x20	30	22	160x100x10	
24	2	1	1	20	40	10	20	30	300x14	18	16	80x80x7	
25	1,2	1,5	1	40	10	15	10	20	200x20	22	24	100x100x10	
26	0,6	2	1	30	40	30	20	20	240x12	24	36	160x160x10	
27	1	2	1	40	30	10	40	20	280x10	40	24	100x63x10	
28	1	1	1	40	30	10	20	20	260x24	20	10	160x100x10	
29	0,8	2	1	20	40	15	20	40	140x40	30	30	140x90x10	
30	0,5	1	0,5	30	40	20	40	40	200x10	20	30	90x90x10	

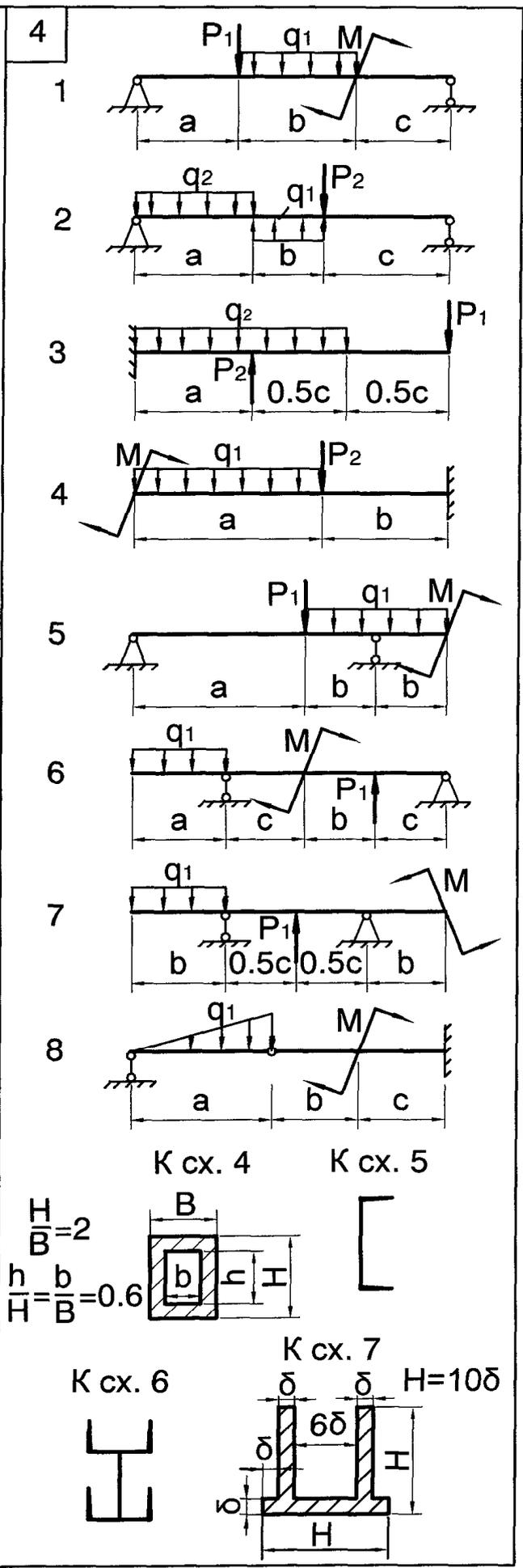
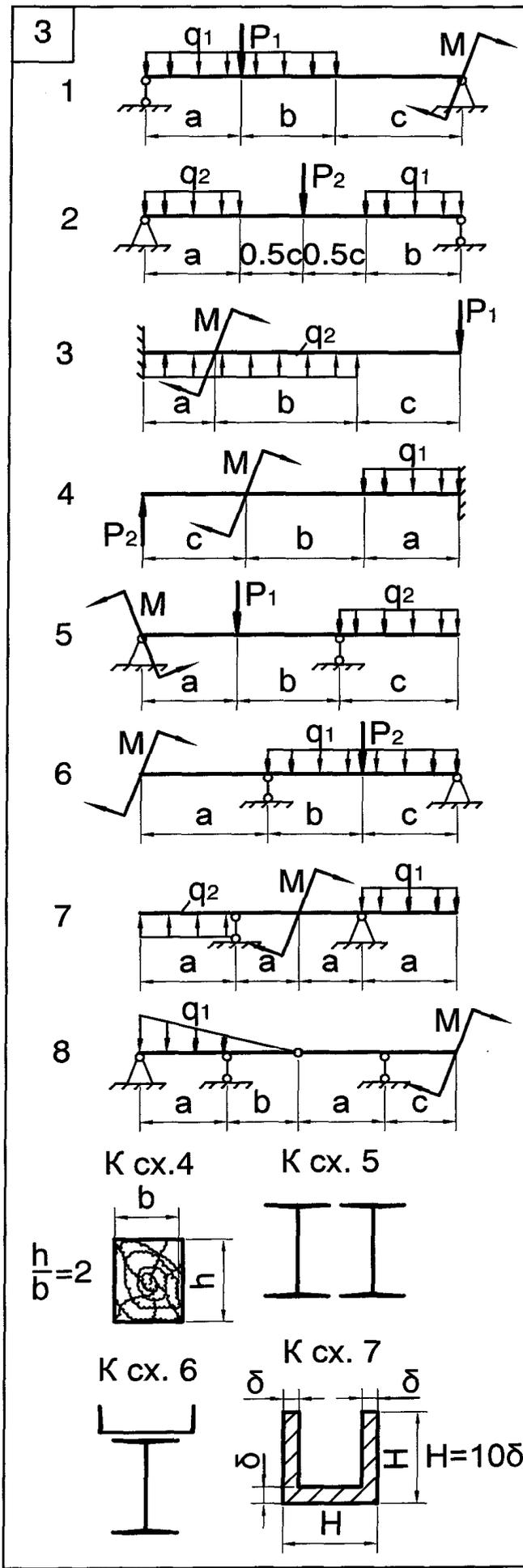


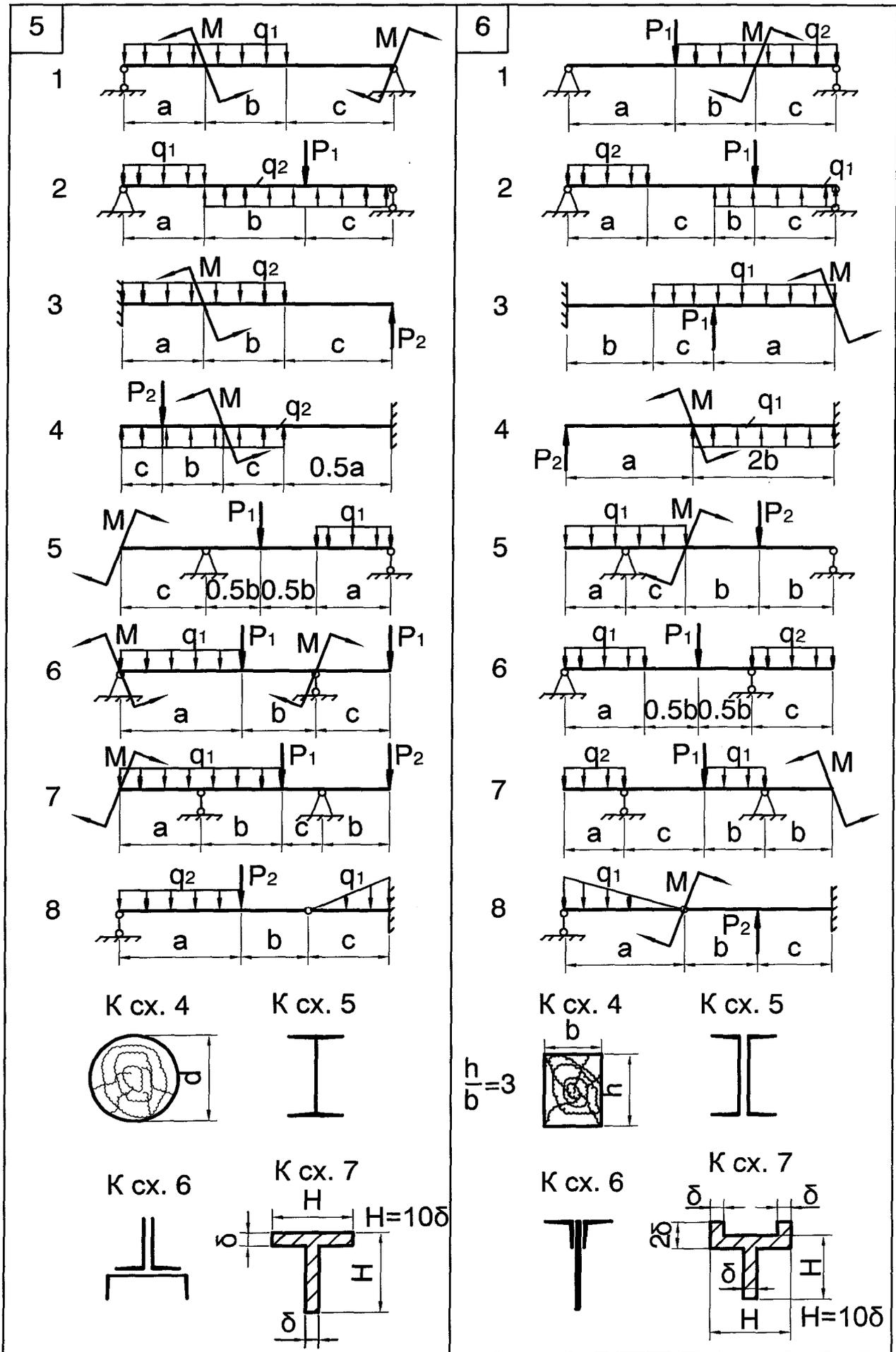
K cx. 4 K cx. 5

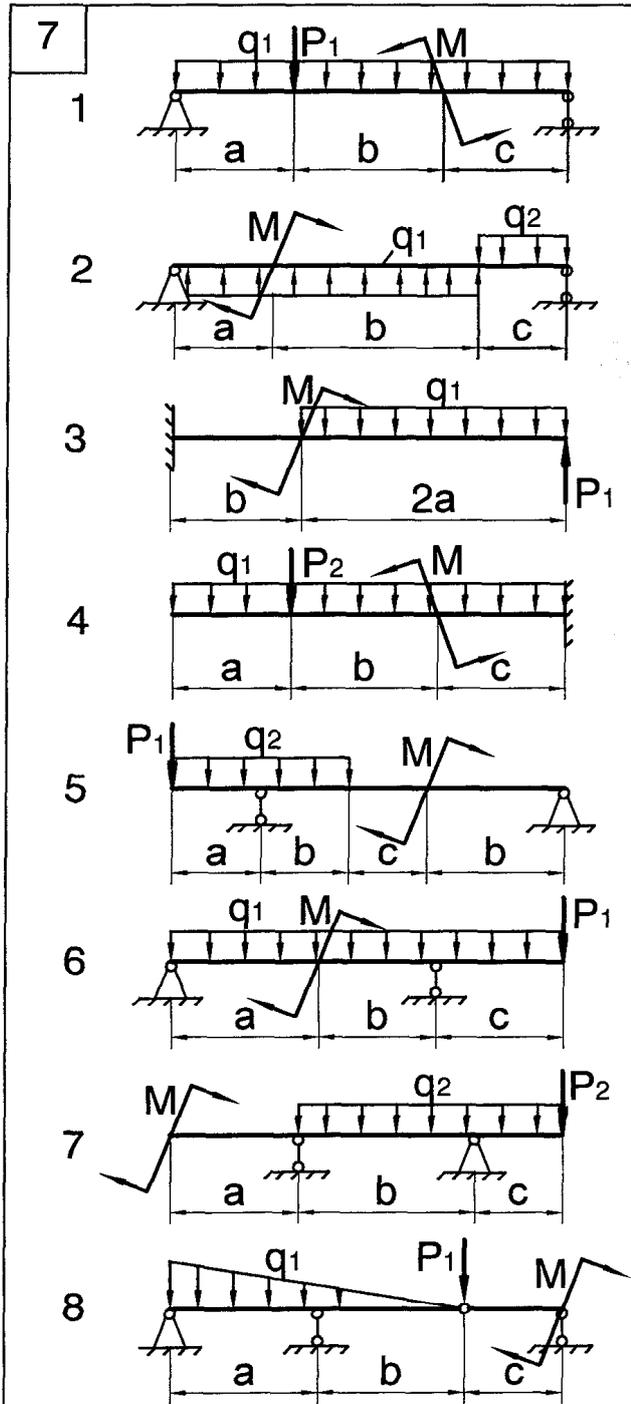


K cx. 4 K cx. 5

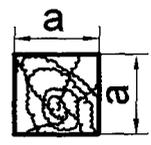








K cx. 4



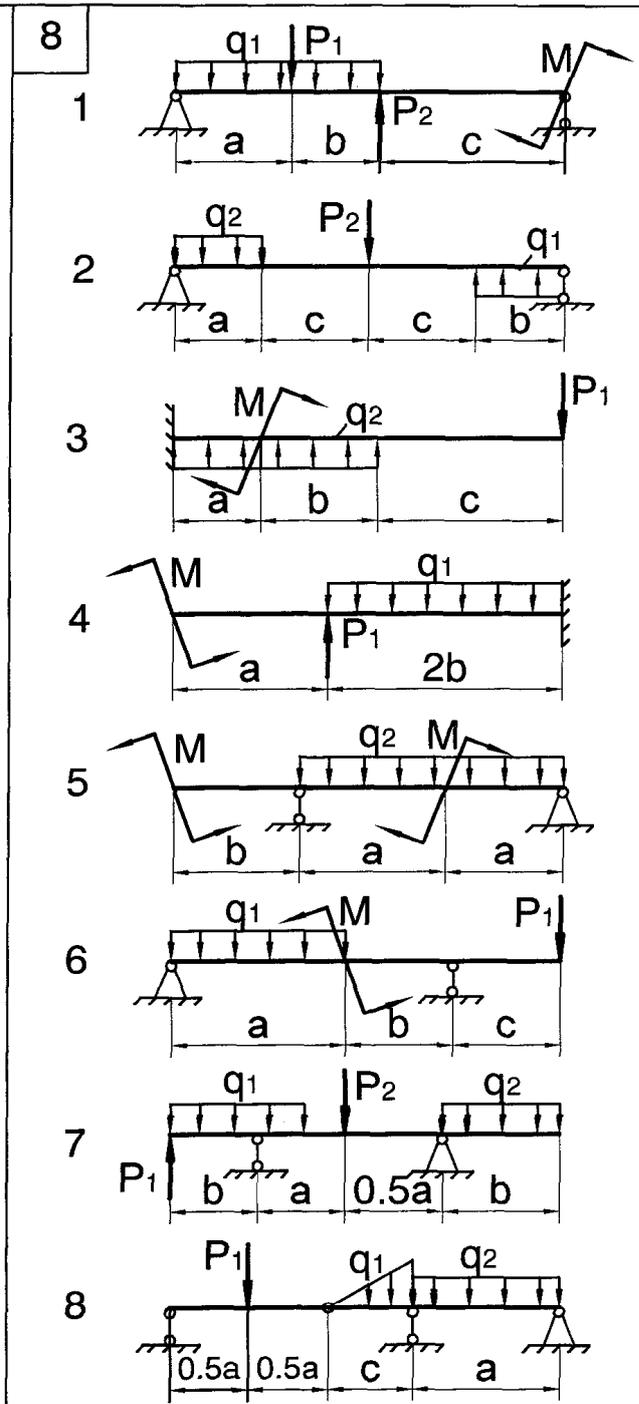
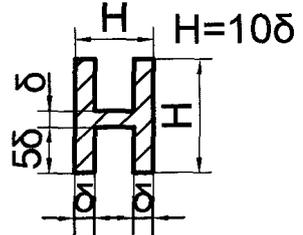
K cx. 5



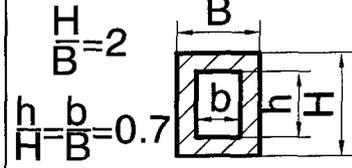
K cx. 6



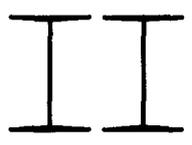
K cx. 7



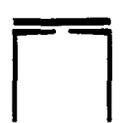
K cx. 4



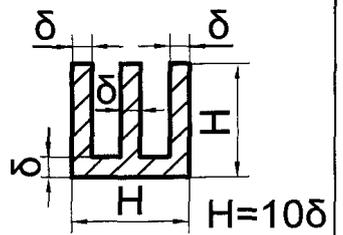
K cx. 5

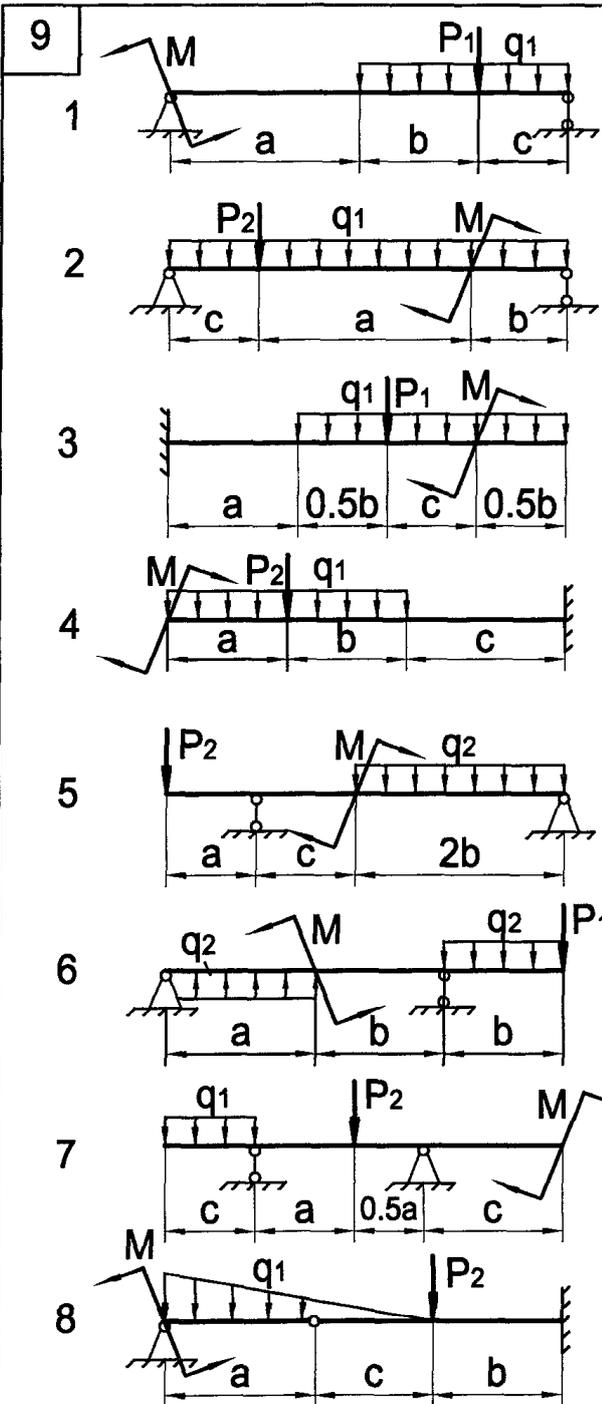


K cx. 6

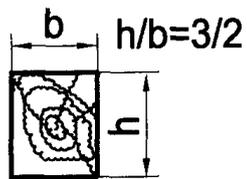


K cx. 7





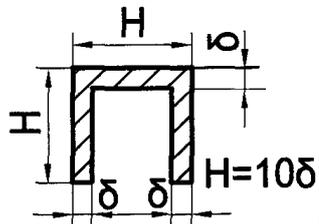
K cx. 4



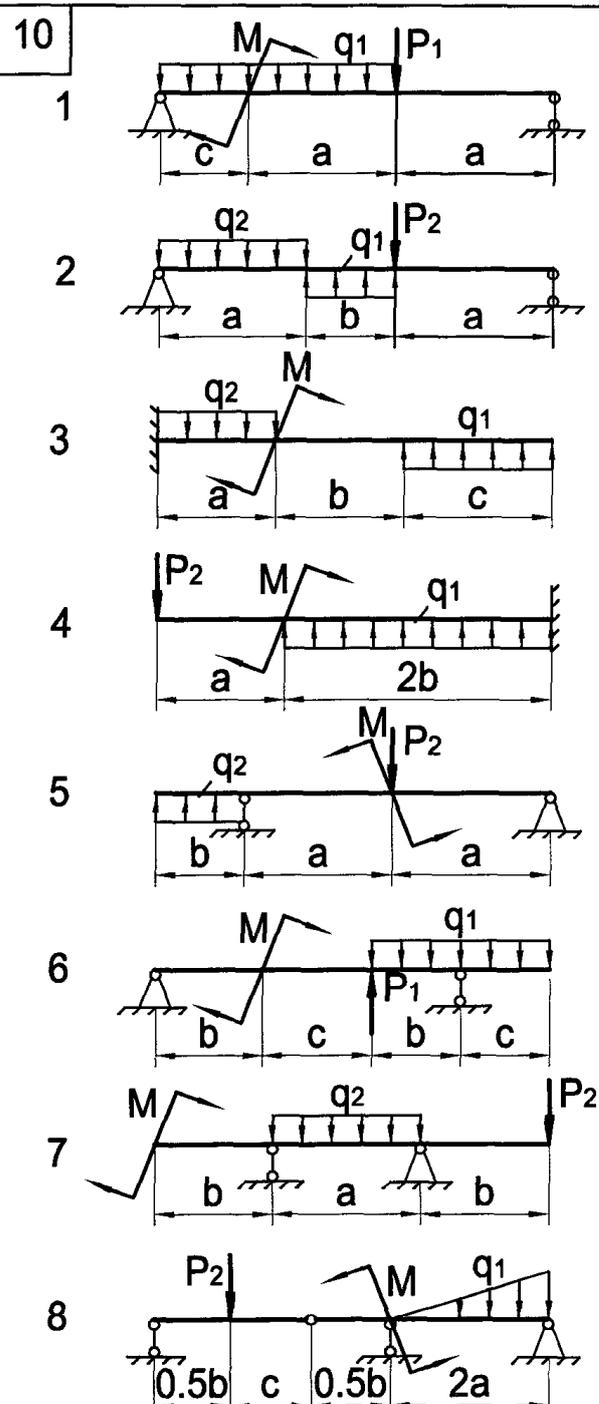
K cx. 5



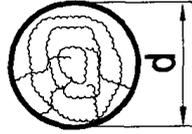
K cx. 7



K cx. 6



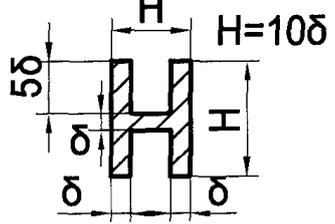
K cx. 4



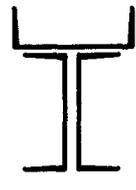
K cx. 5

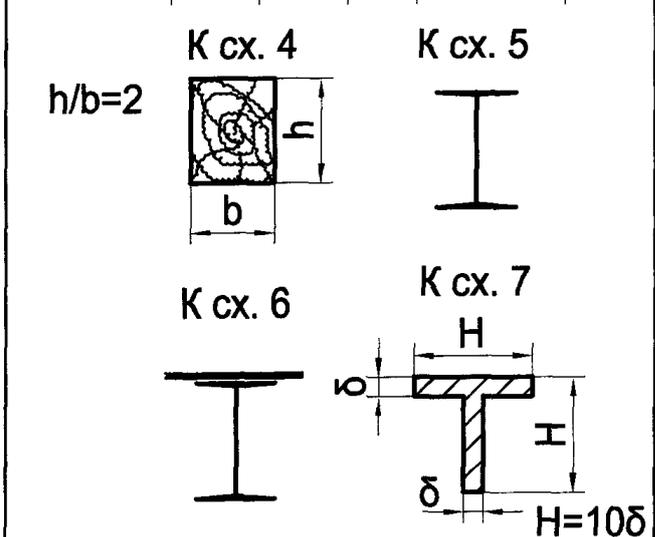
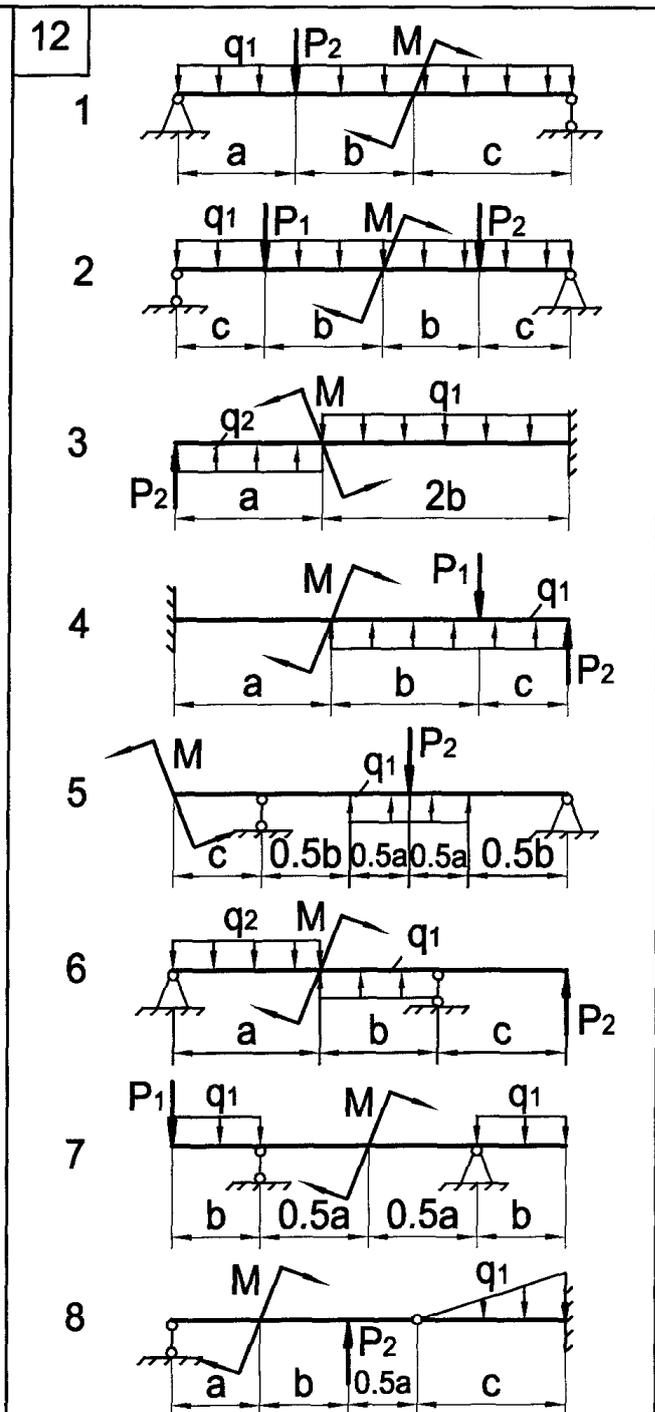
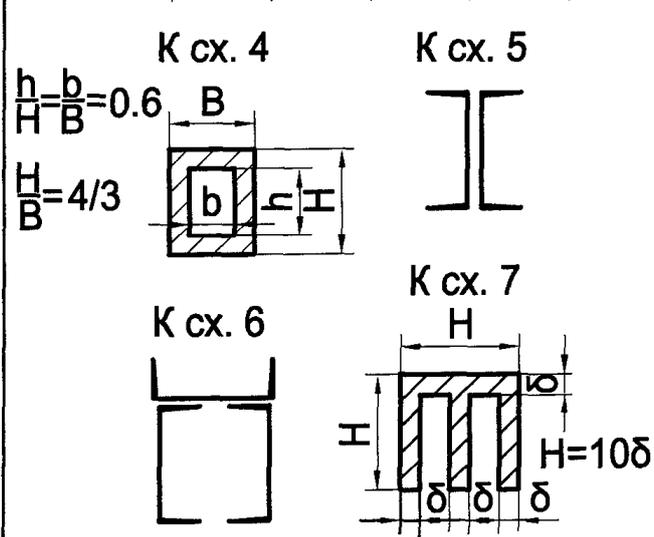
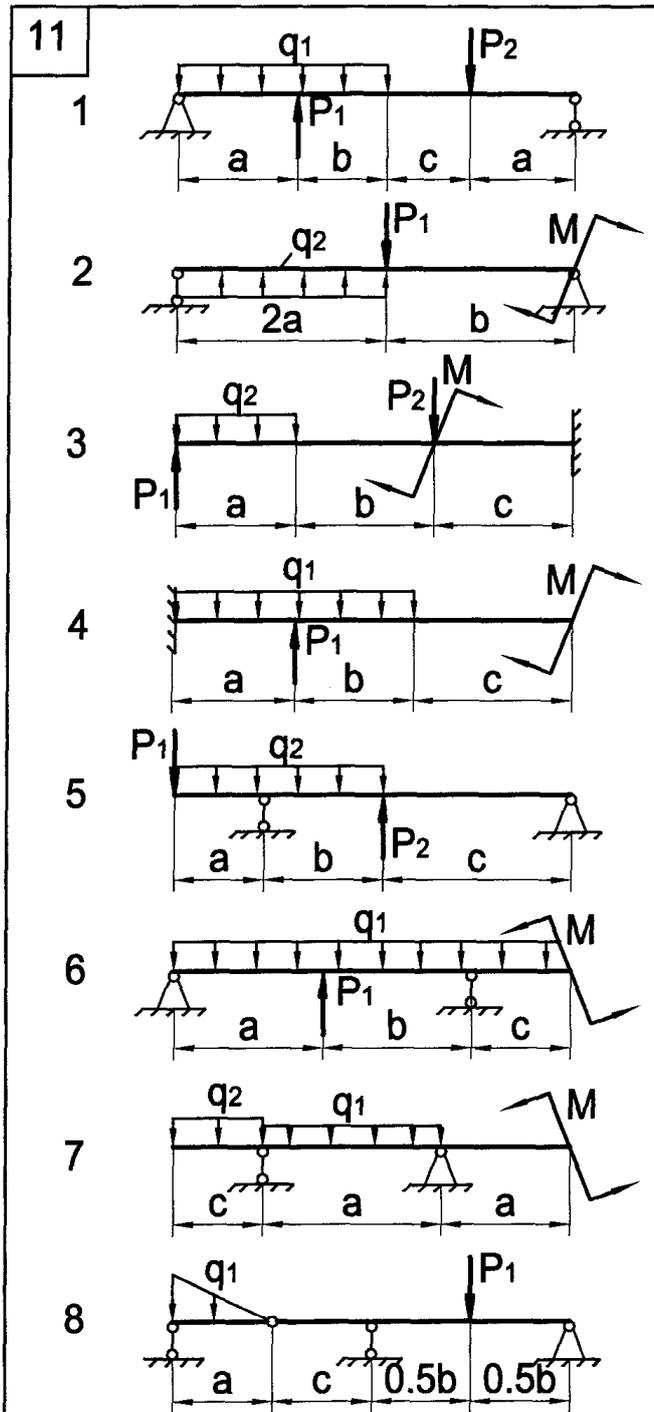


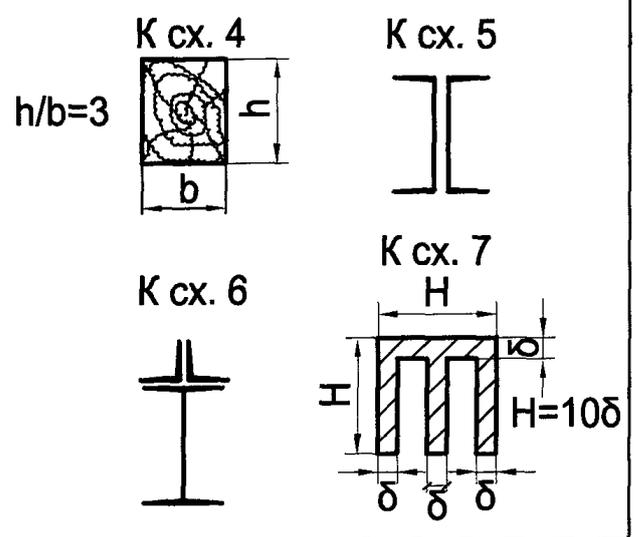
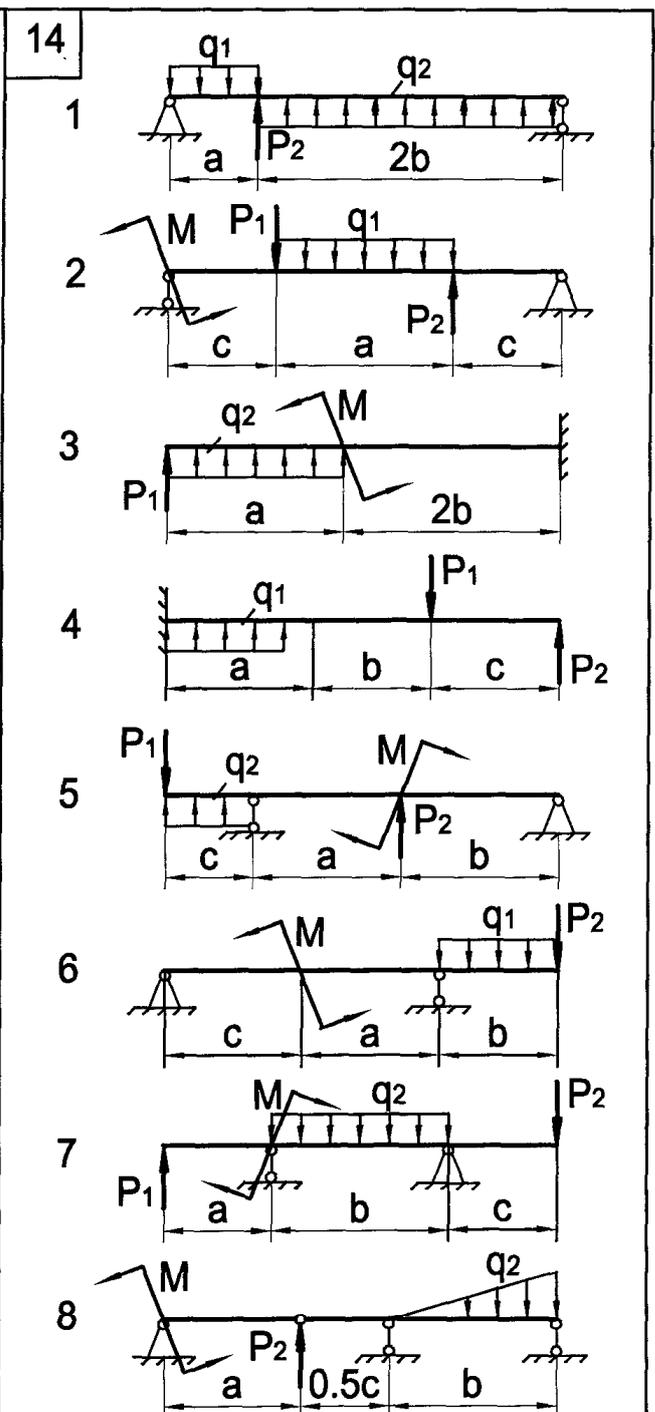
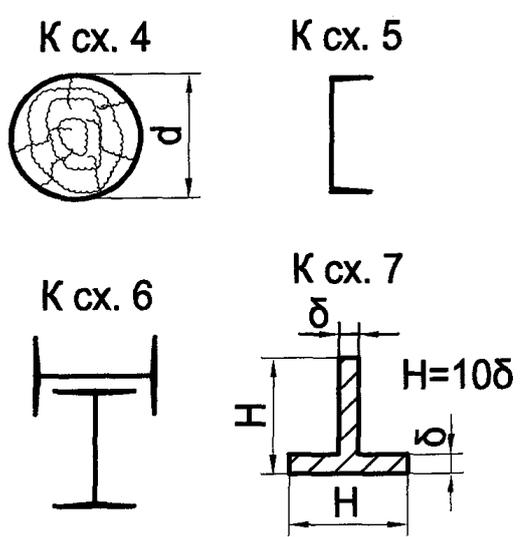
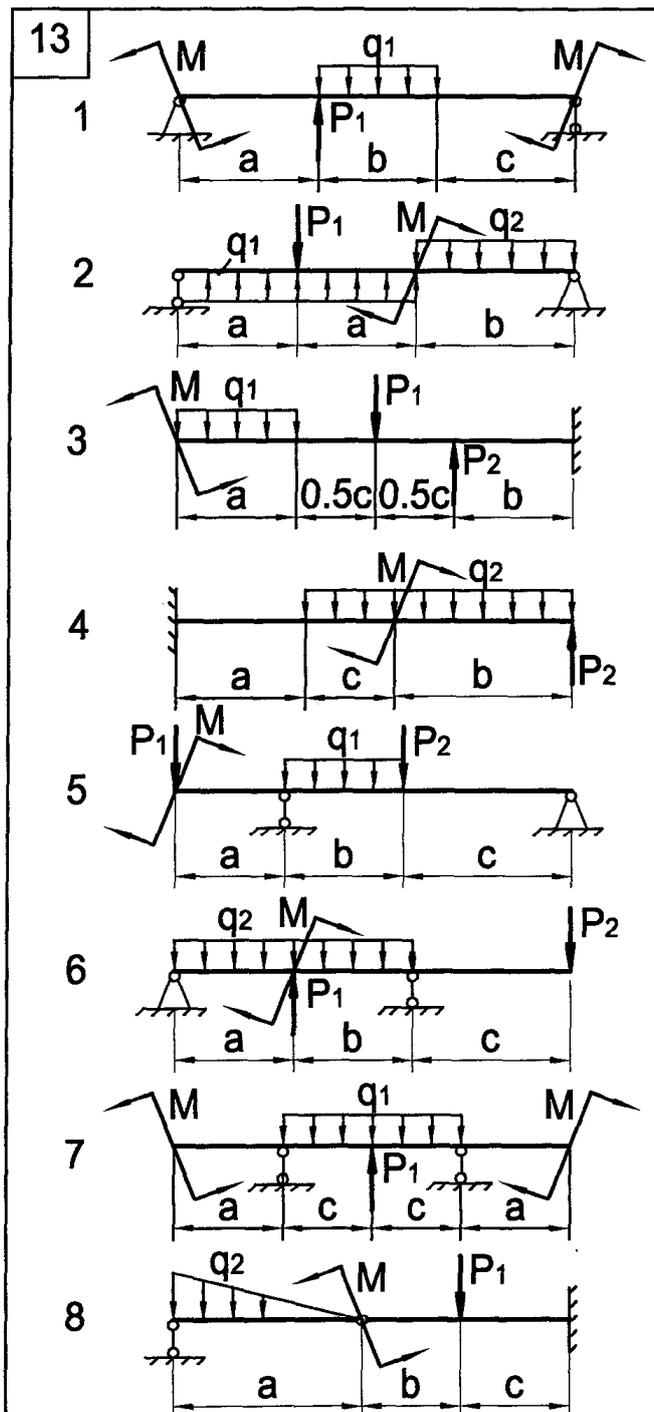
K cx. 7

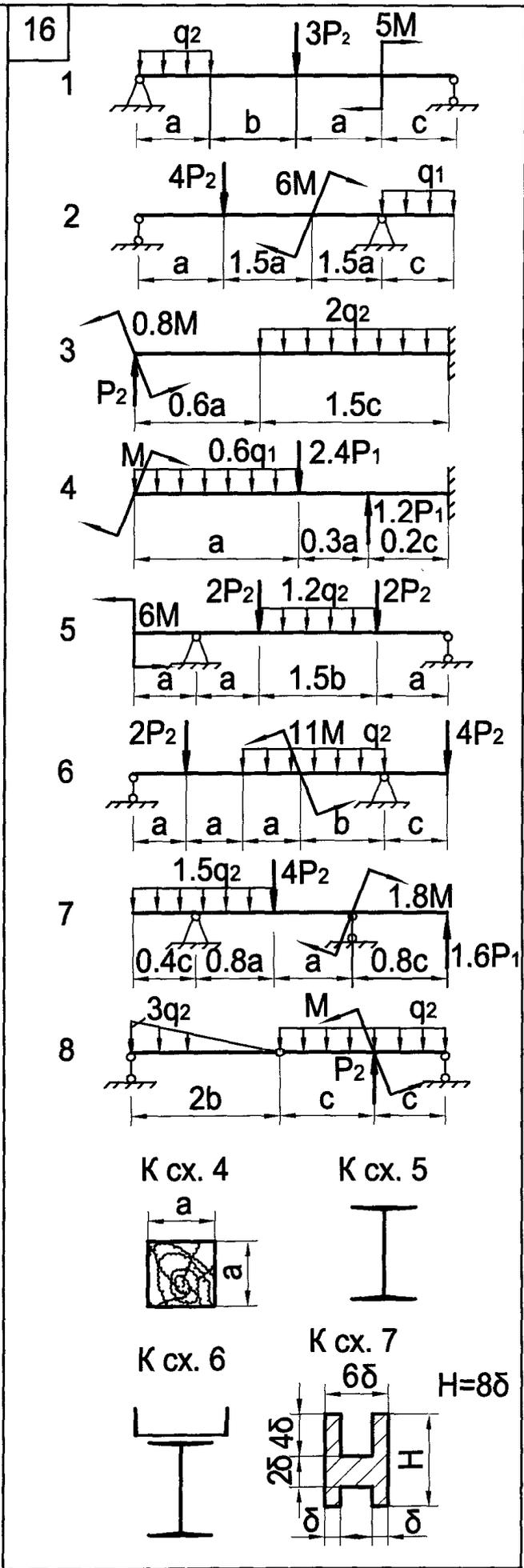
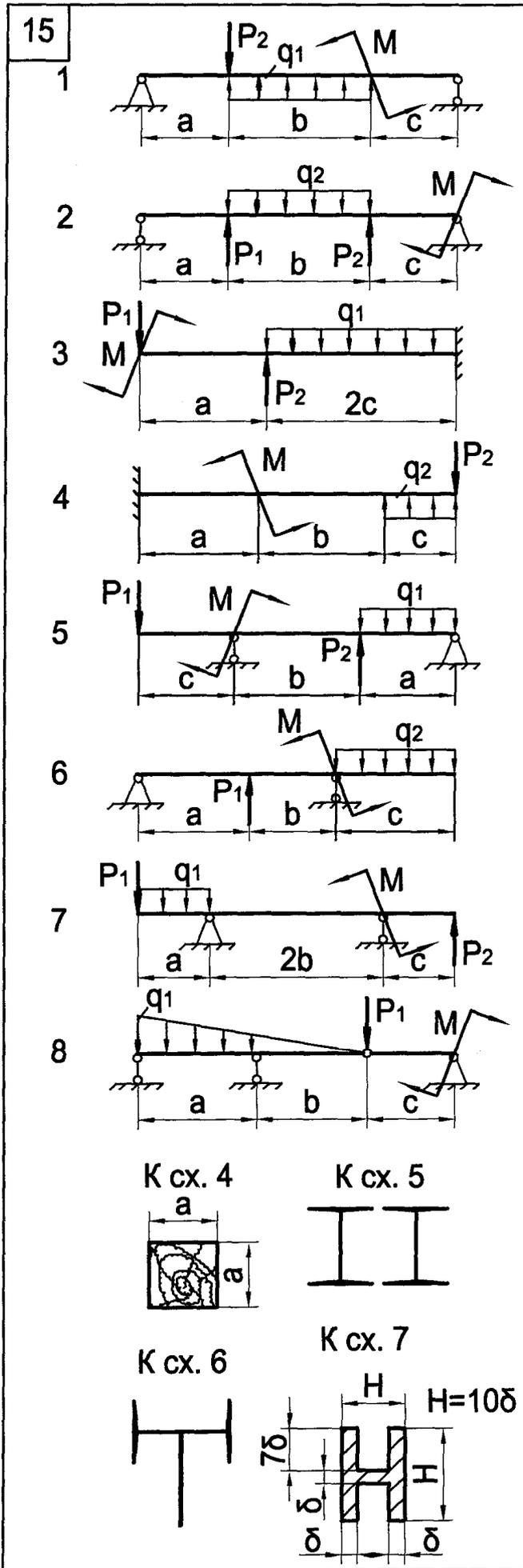


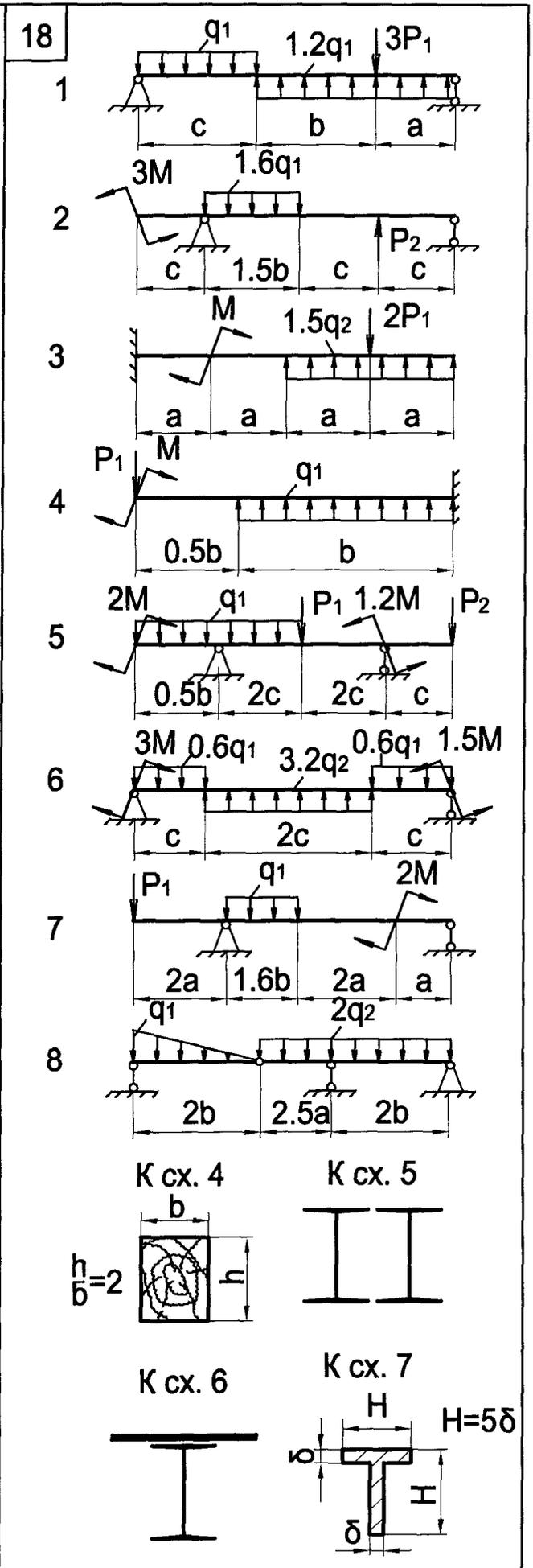
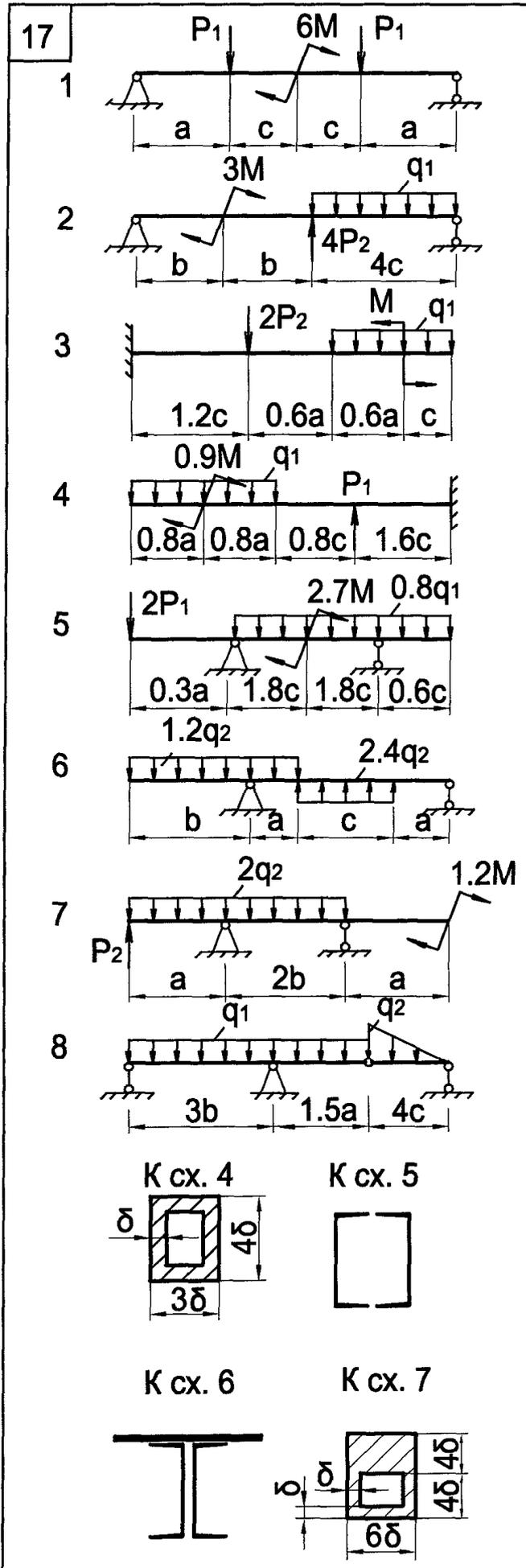
K cx. 6

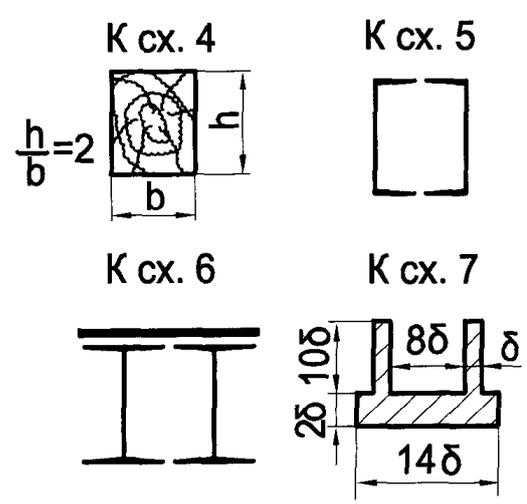
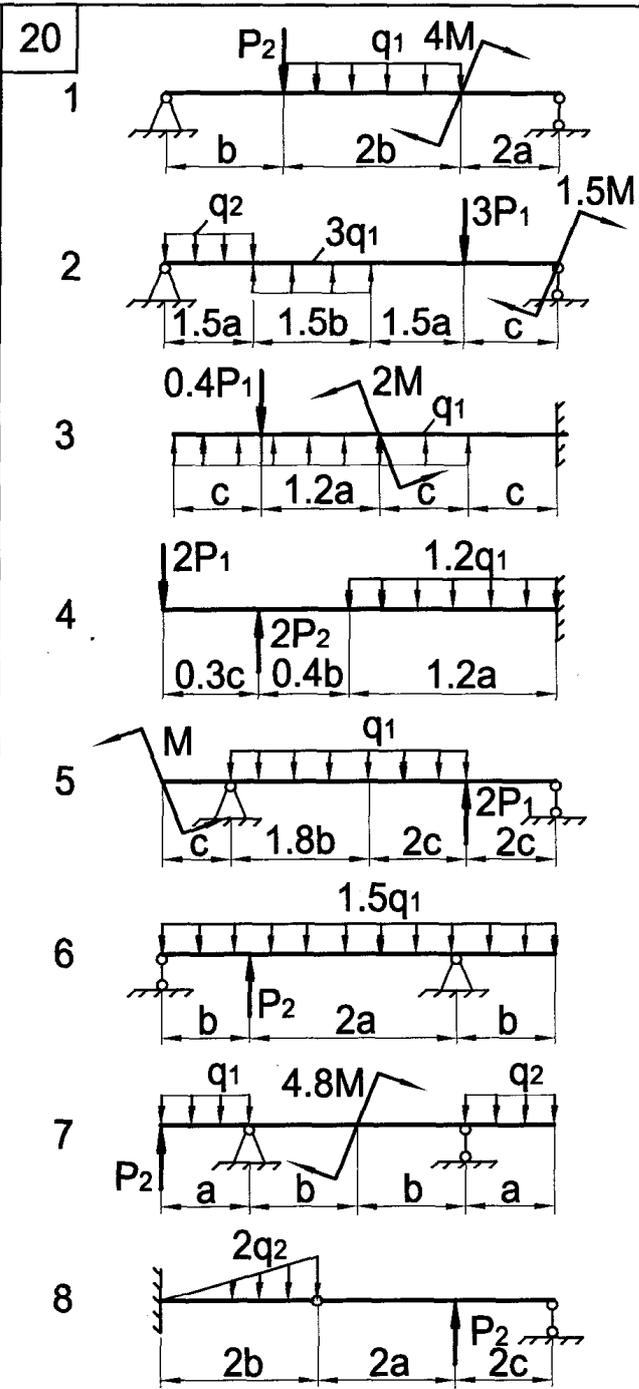
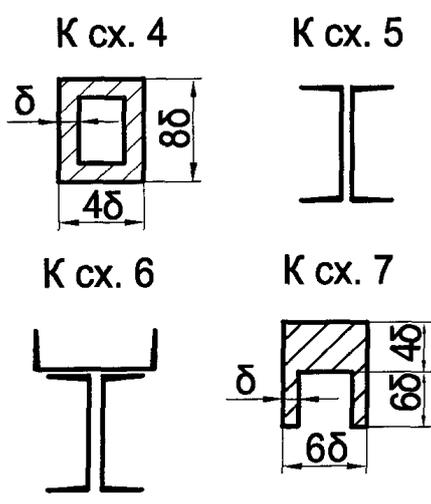
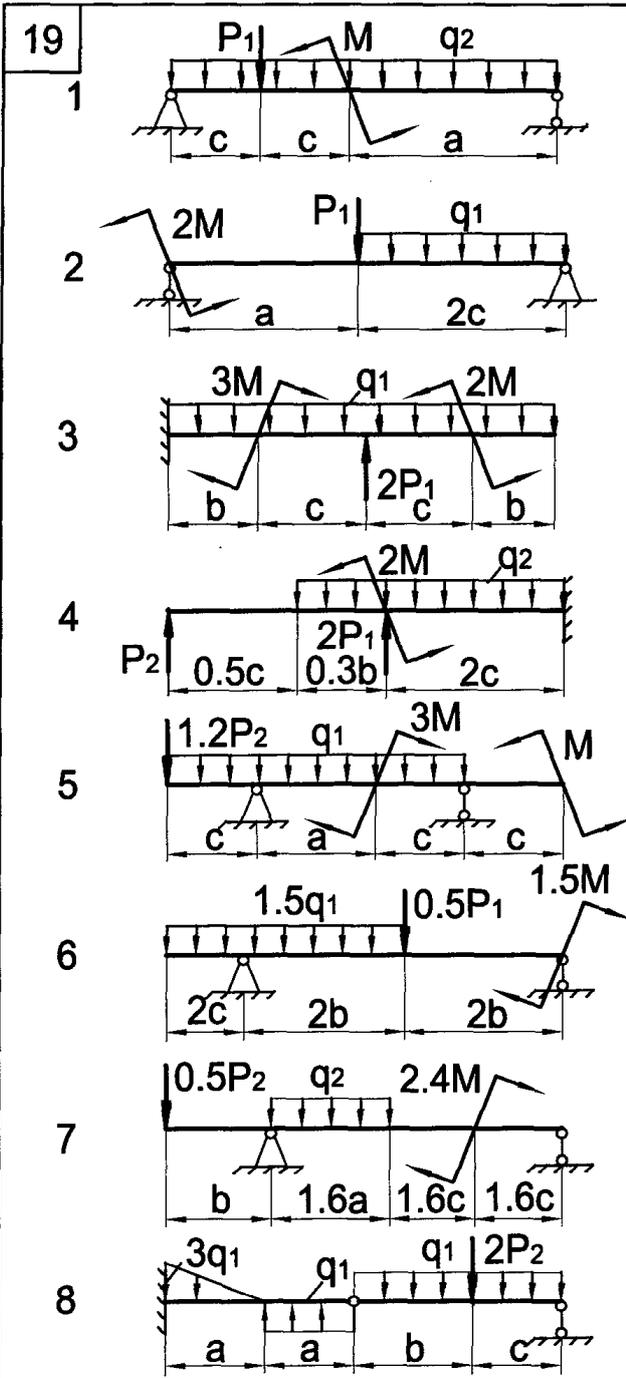


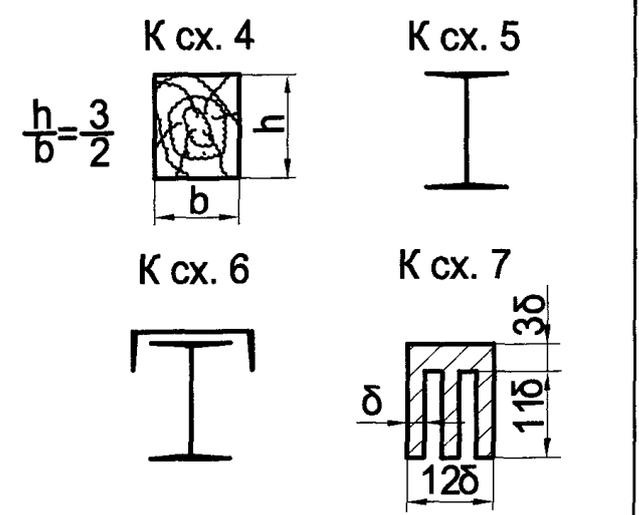
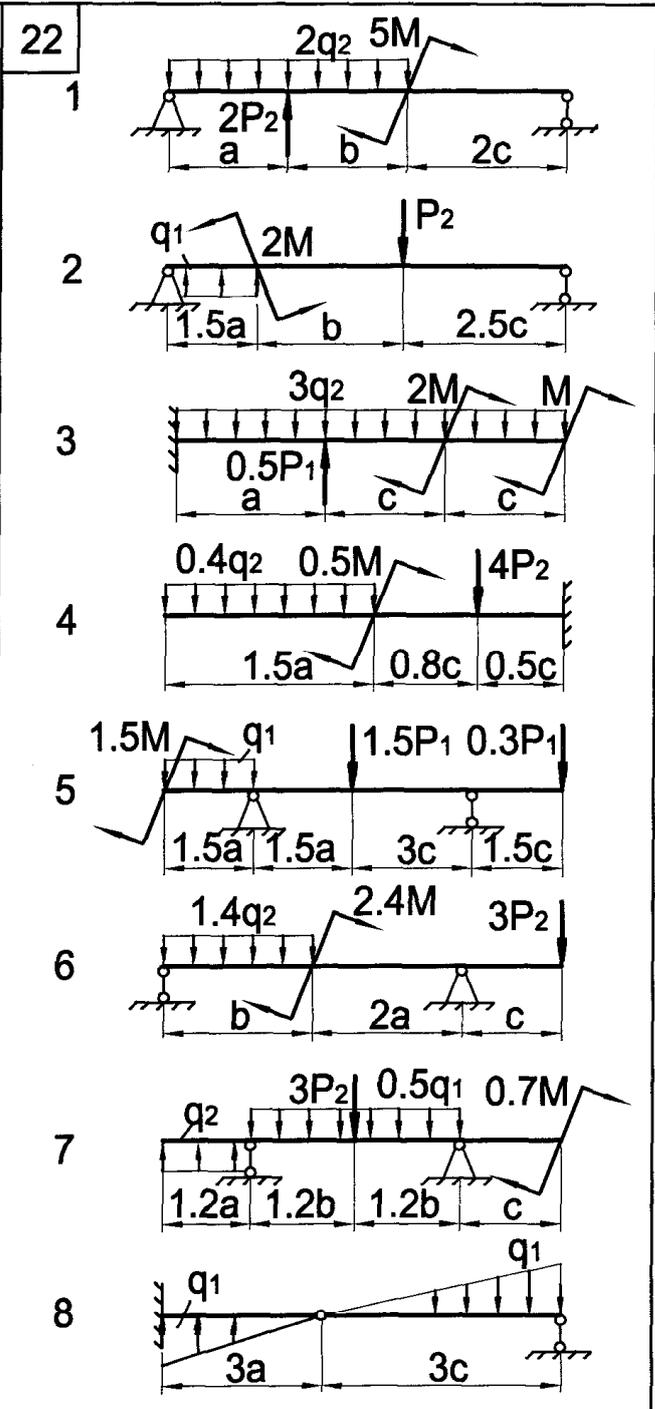
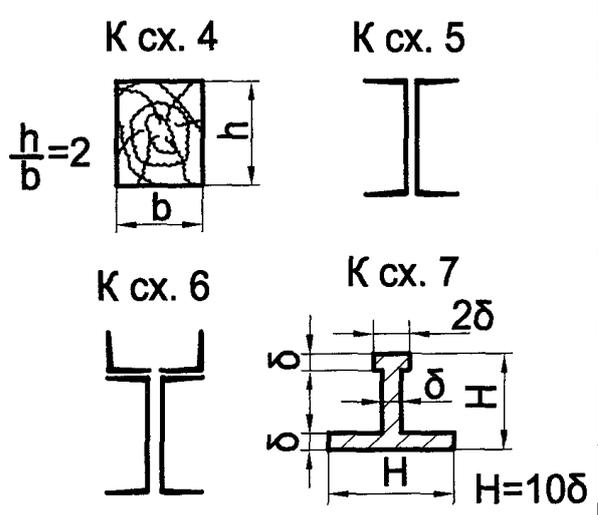
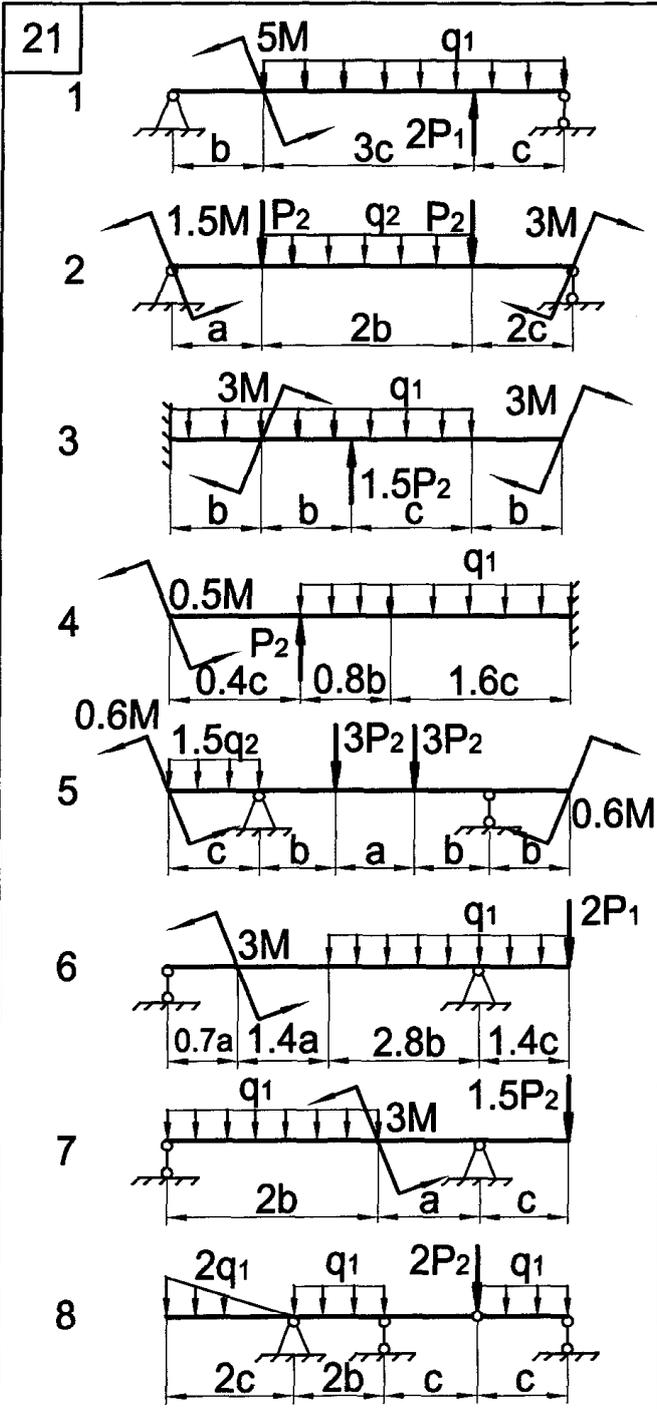


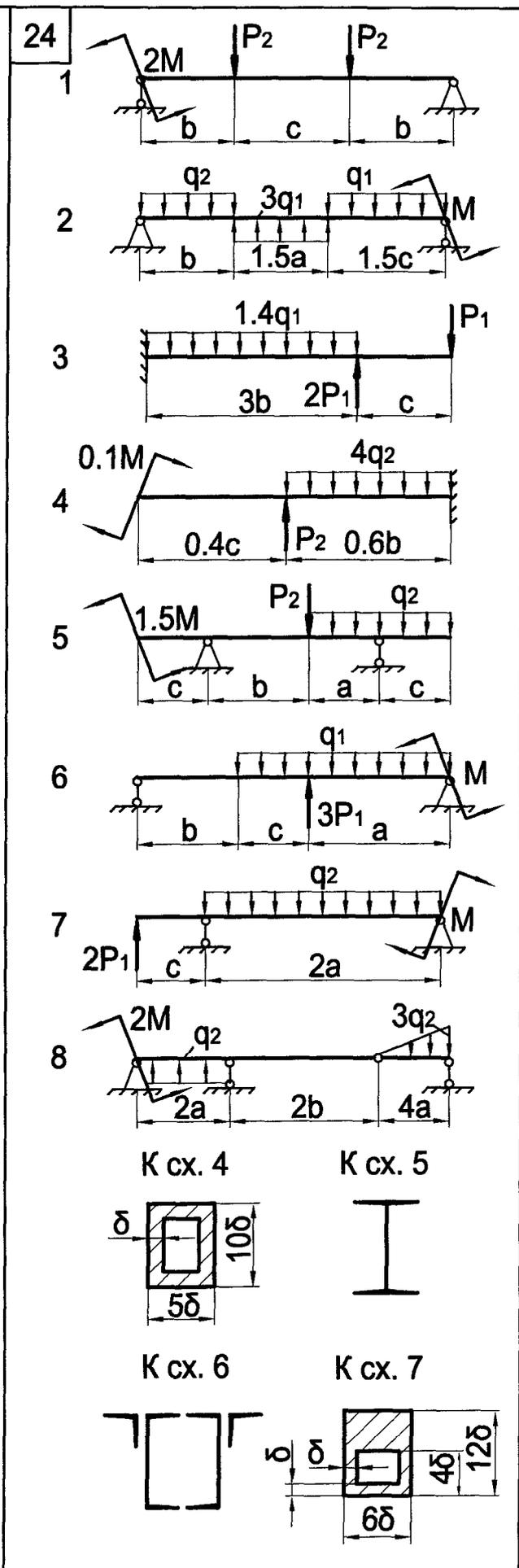
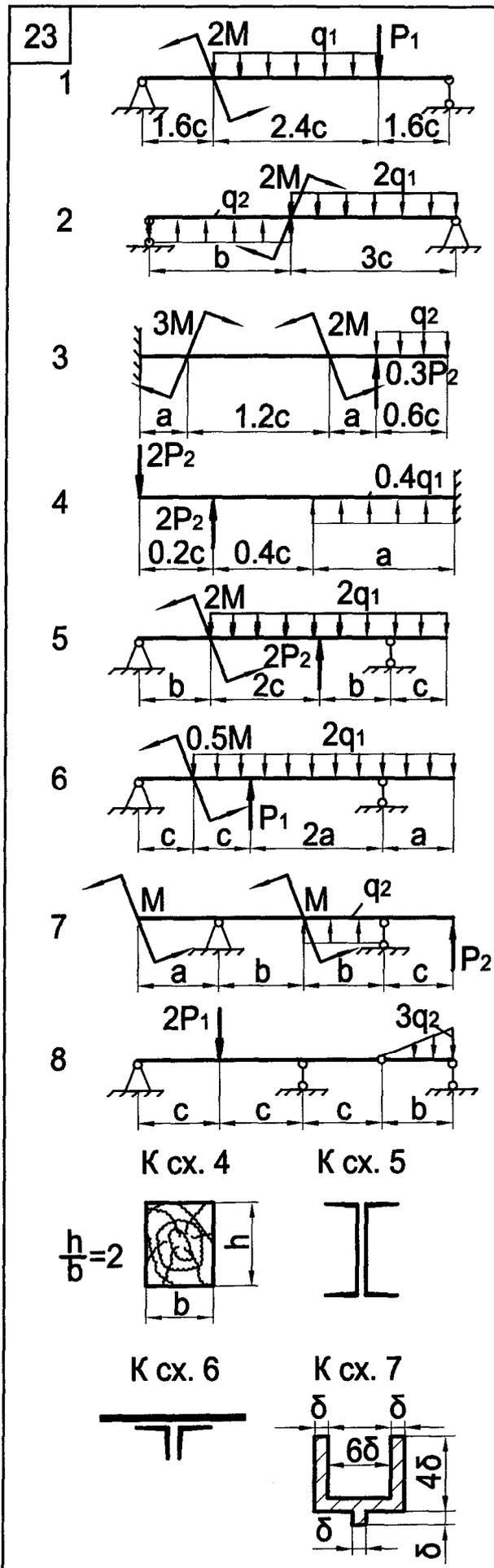


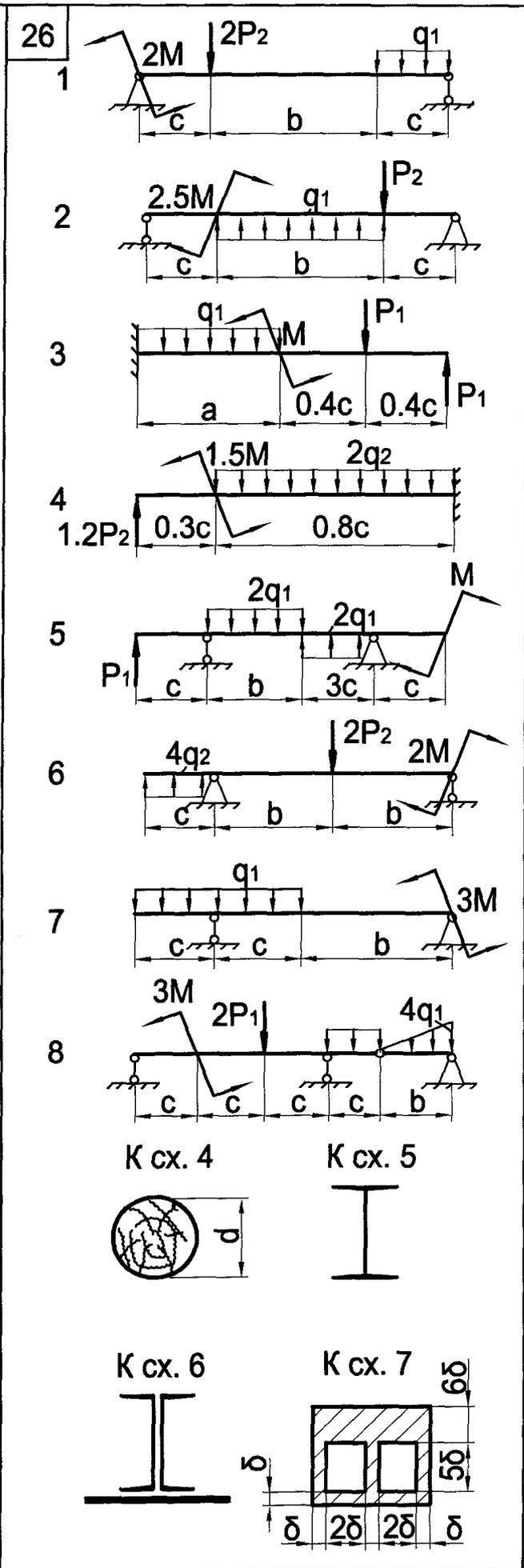
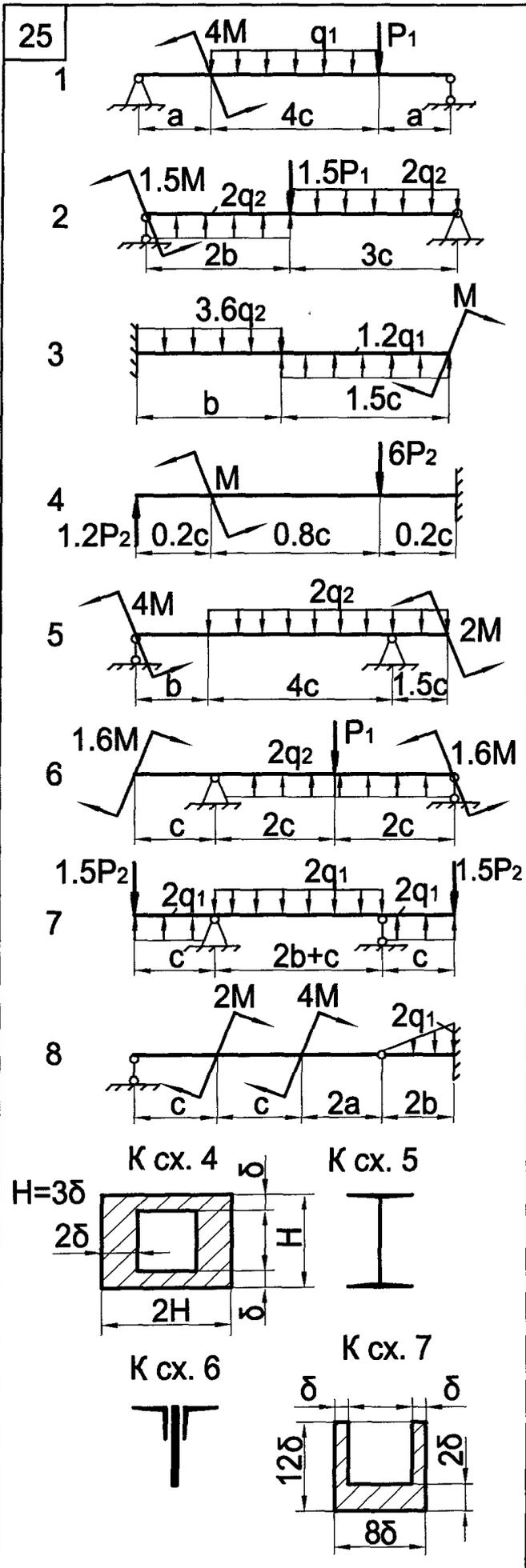




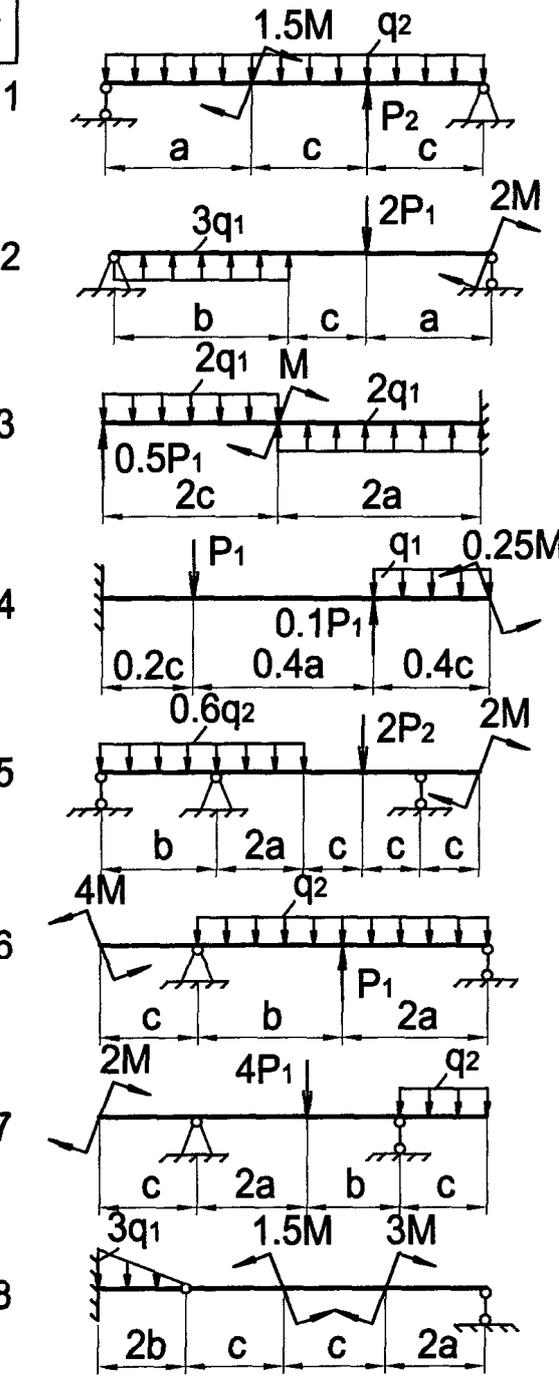




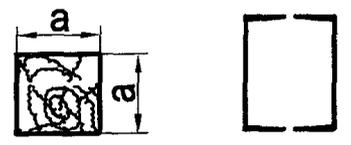




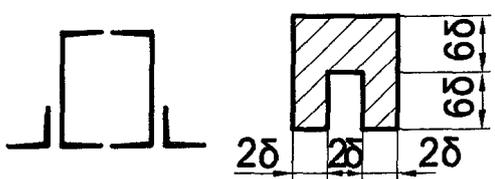
27



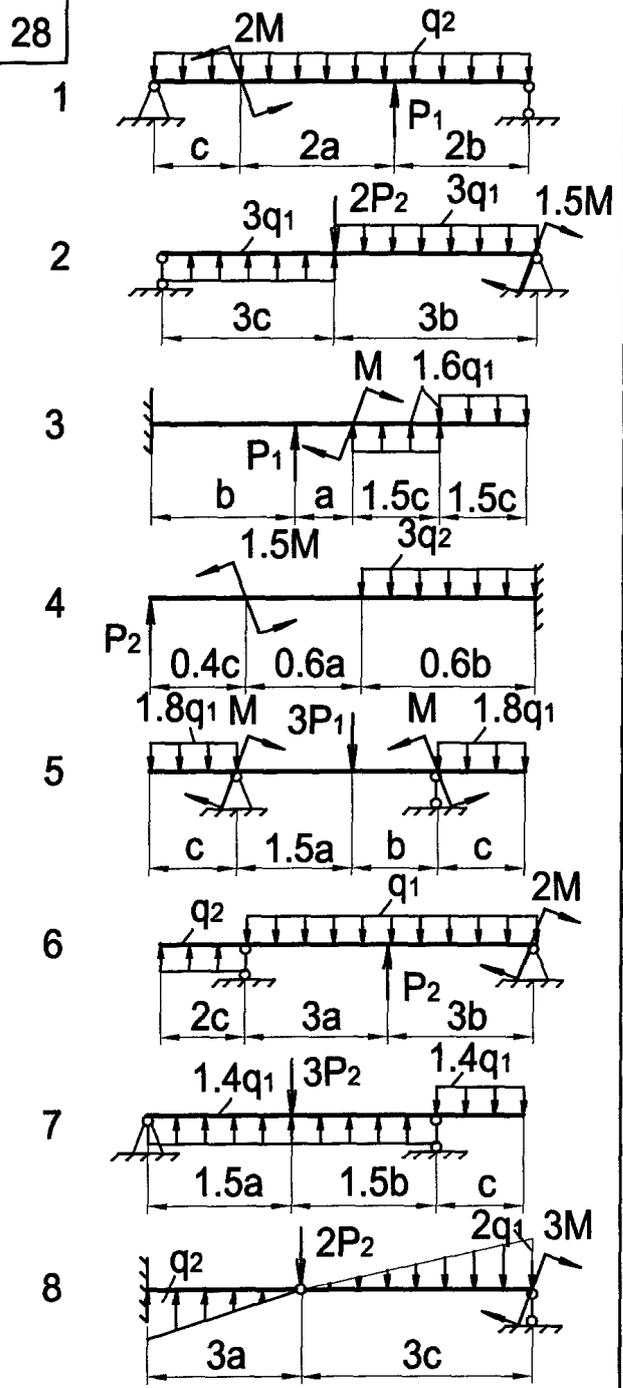
K cx. 4 K cx. 5



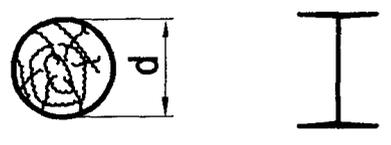
K cx. 6 K cx. 7



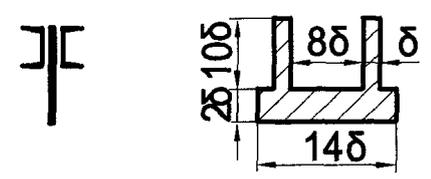
28



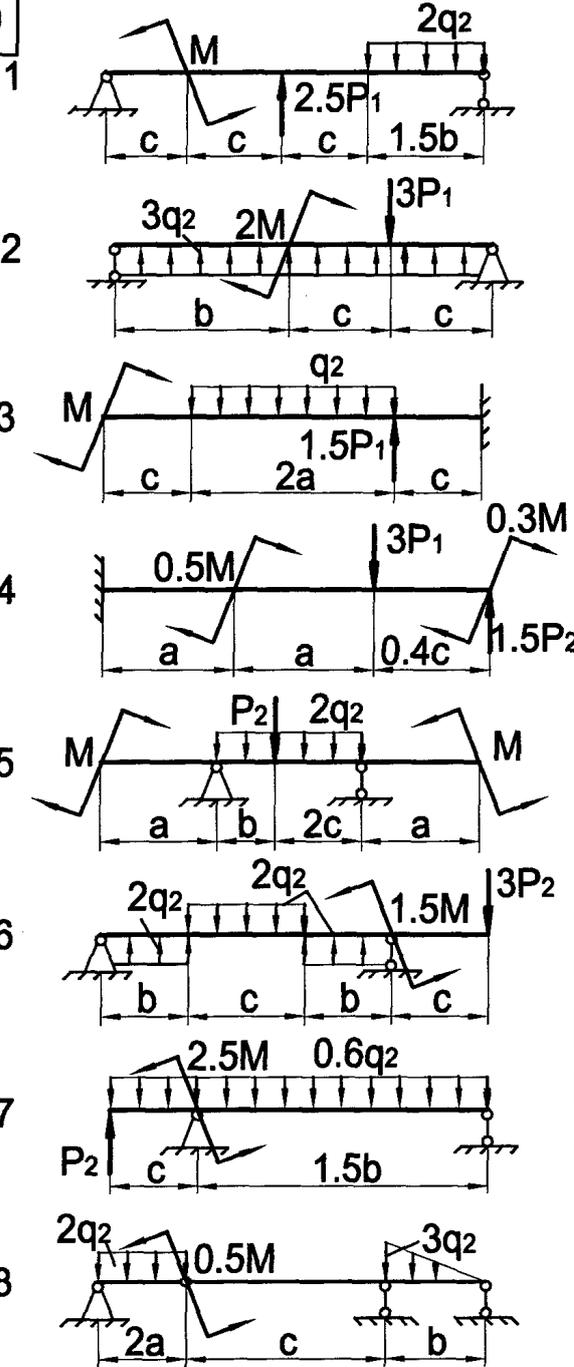
K cx. 4 K cx. 5



K cx. 6 K cx. 7



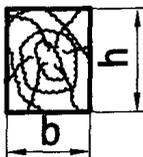
29



K cx. 4

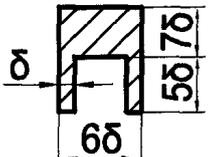
K cx. 5

$\frac{h}{b} = \frac{3}{2}$

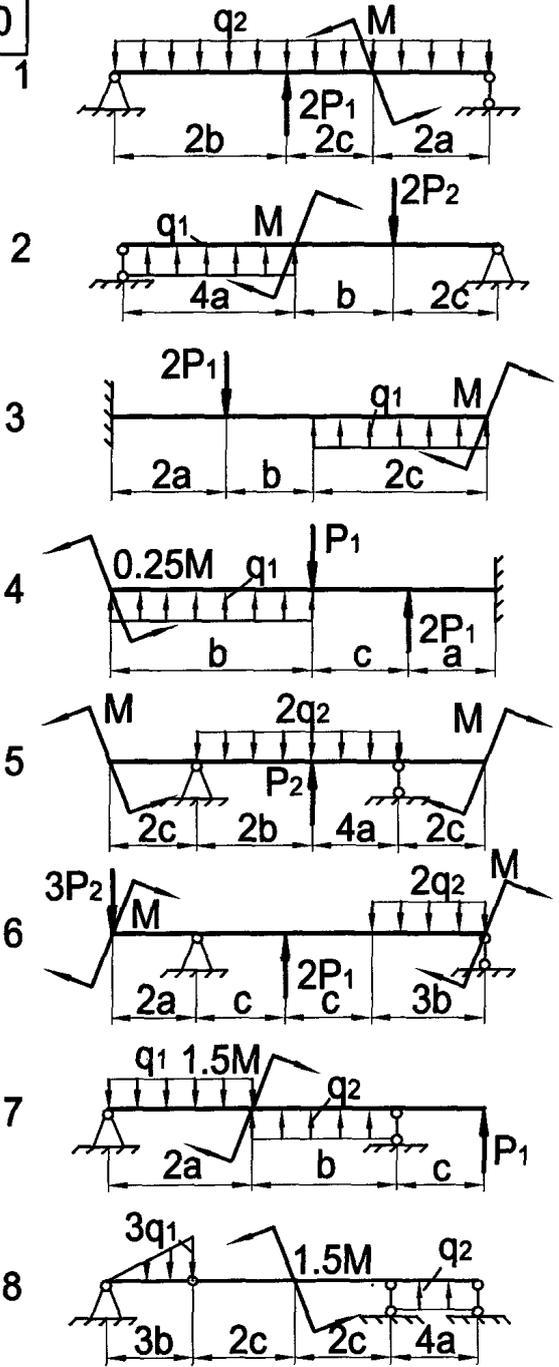


K cx. 6

K cx. 7

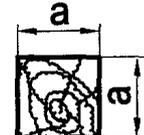


30



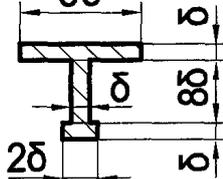
K cx. 4

K cx. 5



K cx. 6

K cx. 7



ЗАДАЧА № 7

ПЛОСКИЙ ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ

1. Для 1-й и 2-й схем балок записать уравнения поперечных сил и изгибающих моментов для начального участка балки. Построить эпюры Q и M с вычислением значений поперечных сил и изгибающих моментов в характерных сечениях балки.

2. Для 3-й схемы балки требуется:

а) в вариантах 1–15 по известной эпюре изгибающих моментов построить эпюру поперечных сил и определить нагрузку, действующую на балку. Криволинейный участок эпюры M очерчен по квадратной параболе, кружком отмечена её вершина. В вариантах 16–30 по известным эпюрам поперечных сил и изгибающих моментов установить нагрузку, действующую на балку. Криволинейный участок эпюры M очерчен по квадратной параболе;

б) в вариантах 1–10 подобрать требуемый диаметр деревянной балки из условий прочности по нормальным и касательным напряжениям. В вариантах 11–24 необходимо из круглого бревна диаметром d выполнить балку прямоугольного сечения. Какое должно быть соотношение сторон прямоугольника, чтобы момент сопротивления W_z был наибольшим? При найденном соотношении сторон определить размеры прямоугольного сечения деревянной балки из условий прочности по нормальным и касательным напряжениям. В вариантах 25–30 определить требуемые размеры коробчатого сечения деревянной балки из условий прочности по нормальным и касательным напряжениям. Показать, как изменяются требуемые размеры сечения, если его повернуть на 90° . Во всех вариантах принять $[\sigma] = 10$ МПа, $[\tau] = 2,5$ МПа.

3. Для 4-й схемы балки требуется:

а) в вариантах 1–15 найти вариант расположения опор (расстояние x) из условия одинаковой прочности балки в опорных сечениях и в пролете. Построить эпюры Q для балки при найденном положении опор. В вариантах 16–30 определить положение шарниров из условия одинаковой прочности балки над опорами и пролете. Построить эпюры Q и M для балки при найденном положении шарниров. Сечение симметричное и материал пластичный;

б) определить требуемый номер прокатного профиля сечения 1, если $[\sigma] = 160$ МПа. Показать, как изменятся наибольшие нормальные напряжения в опасном сечении балки, если её усилить элементом 2, как показано на рисунке. Размеры элемента 2 принять, исходя из высоты h найденного выше прокатного профиля.

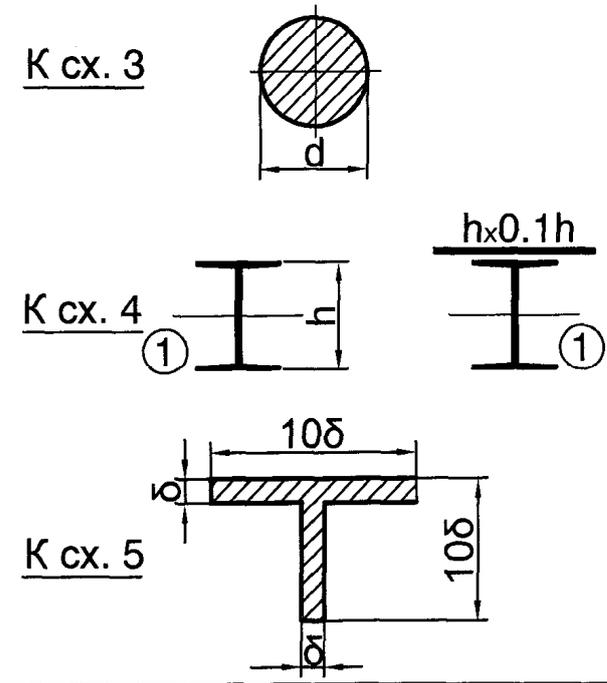
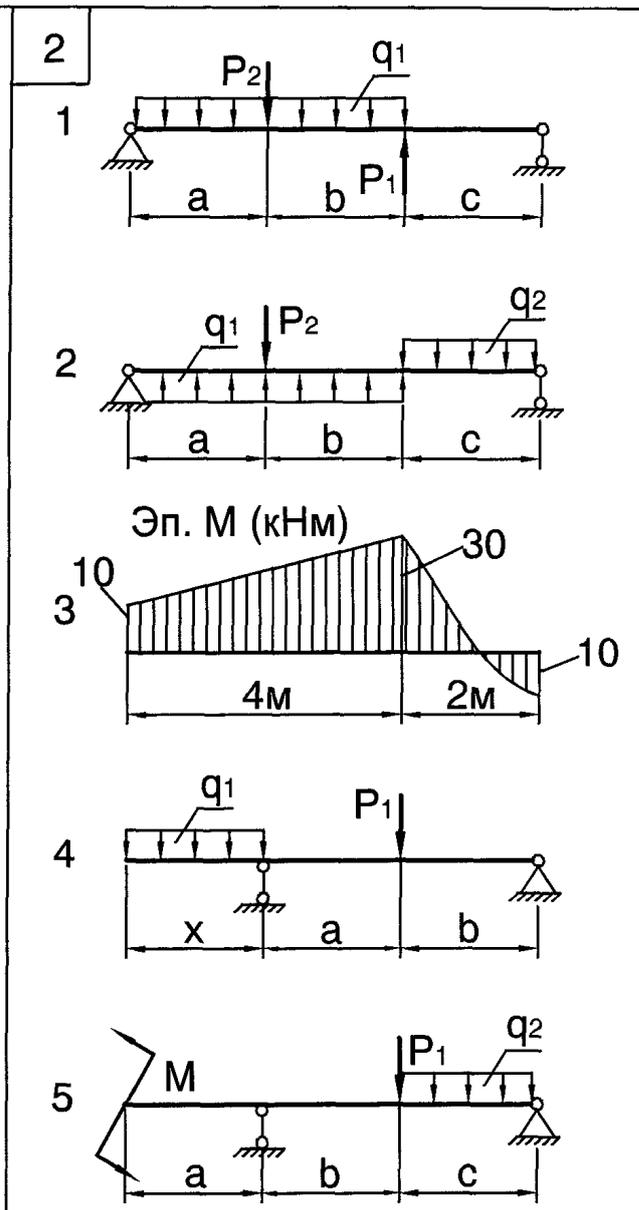
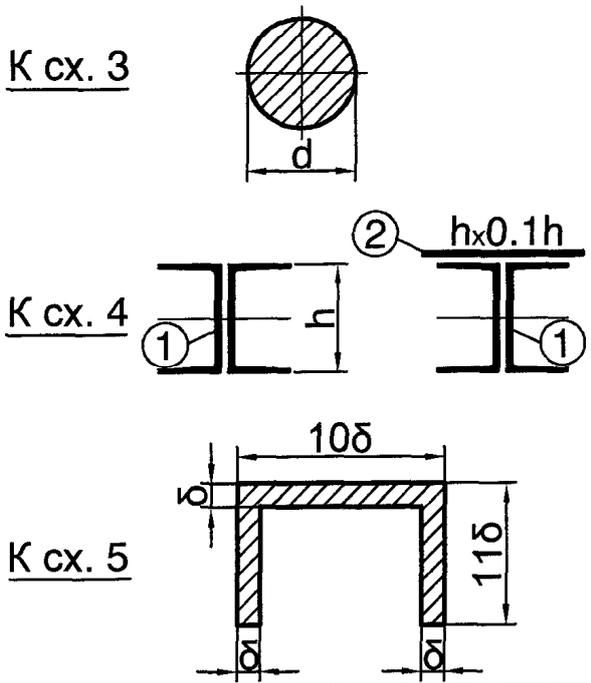
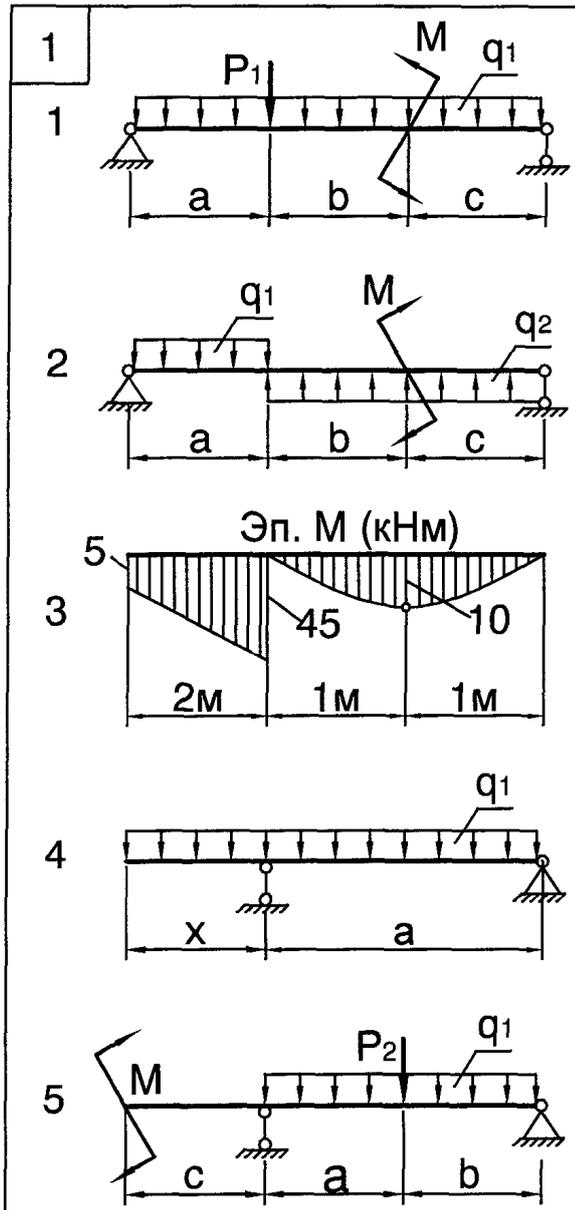
Примечание. Элемент 2 примыкает к сечению 1 без зазора.

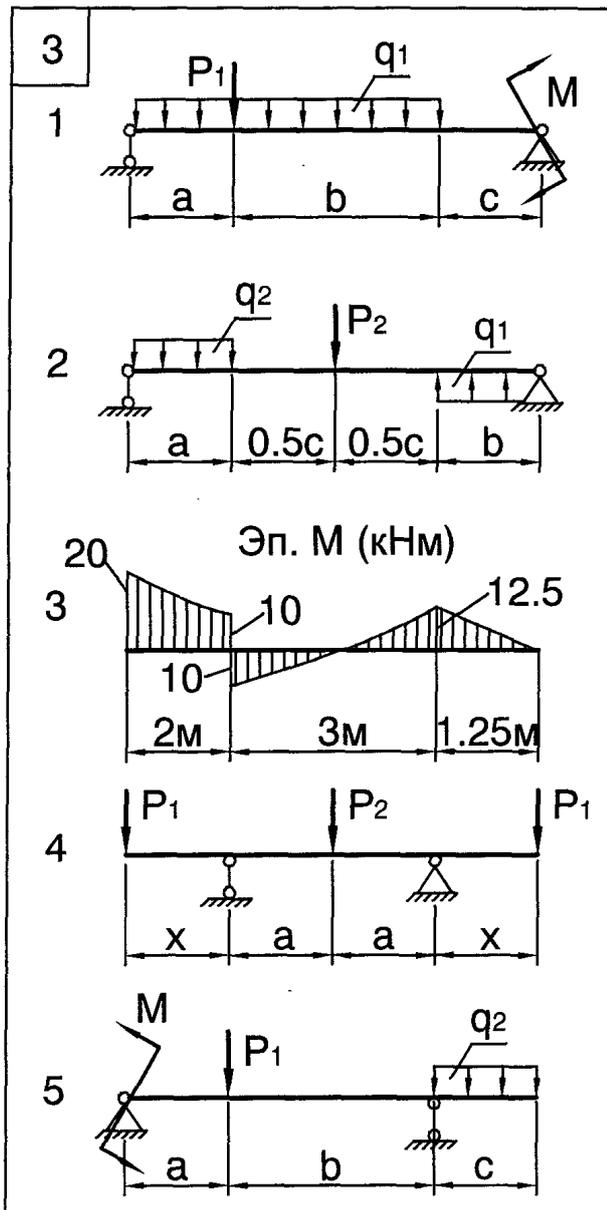
5. Для 5-й схемы балки требуется подобрать размер указанного вида сечения из чугуна. Указать, как рационально установить балку. Построить эпюру нормальных напряжений σ в опасном сечении при рациональном положении балки при $[\sigma_p] = 40$ МПа, $[\sigma_c] = 120$ МПа.

При решении задачи использовать таблицу исходных данных (с. 52) и расчетные схемы на с. 53–67.

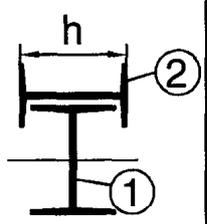
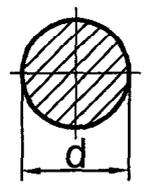
Таблица к задаче № 7

Но- мер стро- ки	Размеры, м			Нагрузки					Элементы сечения			
	a	b	c	P ₁ , кН	P ₂ , кН	Q ₁ , кН /м	Q ₂ , кН /м	M, кНм	Лист, мм	Номер		
										дву- тавра	швел- лера	уголка
1	1	1	1	10	40	10	18	30	400x20	20	24	200x200x20
2	2	1	0,5	40	10	12	20	20	200x10	18	20	160x160x10
3	1	1	2	30	20	10	2	40	300x20	30	16	125x125x16
4	2	0,5	0,5	50	10	15	10	30	200x10	30	20	250x250x20
5	1	2	0,5	20	30	10	24	20	180x20	40	22	180x180x12
6	2	1	1	40	20	15	20	40	300x10	18	14	140x140x12
7	1	1	1	10	40	10	18	30	400x20	30	24	100x100x10
8	2	1	0,5	40	10	12	20	20	200x10	22	40	160x160x10
9	1	1	2	30	20	10	20	40	240x20	30	16	90x90x8
10	2	0,5	0,5	50	10	15	10	30	160x40	24	20	110x110x8
11	1,4	1	1	30	20	5	20	50	250x20	18	20	140x140x9
12	1	2	1	50	10	40	10	20	200x20	18	36	220x220x16
13	2,2	1	1	20	30	16	20	40	300x30	24	30	50x50x4
14	0,8	2	1	50	20	15	20	30	140x40	30	27	125x125x10
15	2	1	1,4	20	40	10	40	50	300x20	18	22	140x140x12
16	1	2	1	10	20	10	20	10	240x12	30	20	100x63x10
17	1	2	1	30	20	10	20	20	200x20	24	30	160x160x10
18	0,8	2	1,5	10	50	30	10	20	200x20	24	16	140x90x10
19	2	1	1,5	40	25	20	30	20	300x10	20	16	100x100x14
20	1	2	0,6	30	40	10	20	20	300x12	14	27	140x140x10
21	2	1	1	40	20	40	20	20	300x30	40	24	50x50x4
22	1	2	1	50	20	40	10	20	400x20	27	20	200x200x12
23	0,6	2	1	40	30	15	20	40	200x20	30	22	160x100x10
24	2	1	1	20	40	10	20	30	300x14	18	16	80x80x7
25	1,2	1,5	1	40	10	15	10	20	200x20	22	24	100x100x10
26	0,6	2	1	30	40	30	20	20	240x12	24	36	160x160x10
27	1	2	1	40	30	10	40	20	280x10	40	24	100x63x10
28	1	1	1	40	30	10	20	20	260x24	20	10	160x100x10
29	0,8	2	1	20	40	15	20	40	140x40	30	30	140x90x10
30	0,5	1	0,5	30	40	20	40	40	200x10	20	30	90x90x10

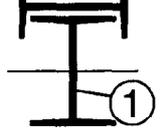
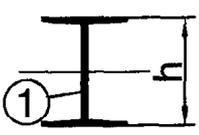




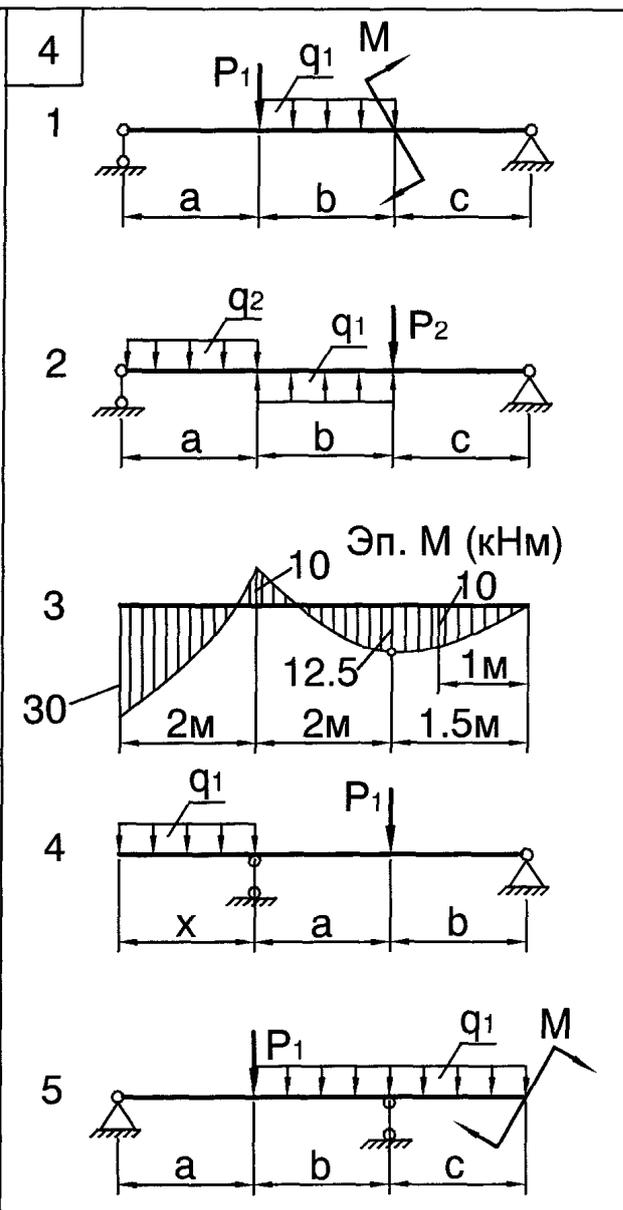
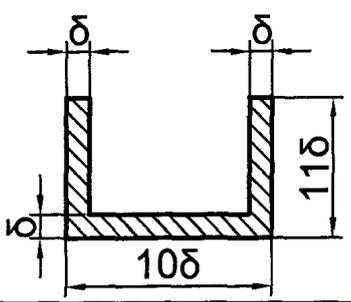
К сч. 3



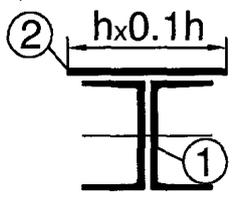
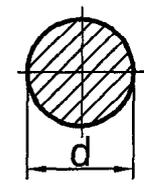
К сч. 4



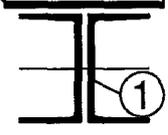
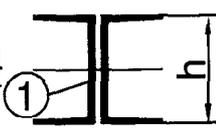
К сч. 5



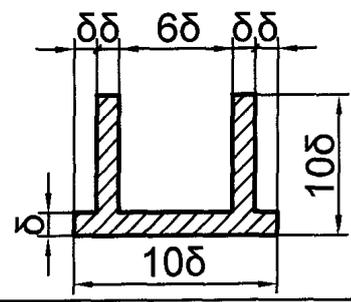
К сч. 3

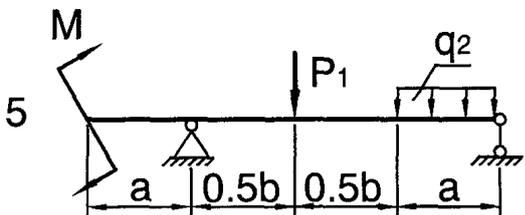
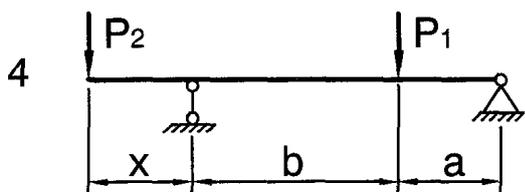
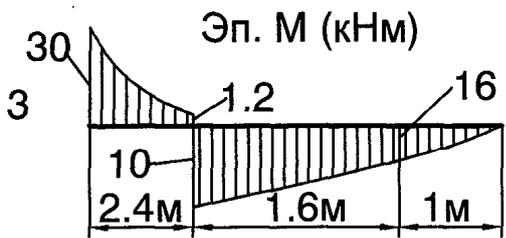
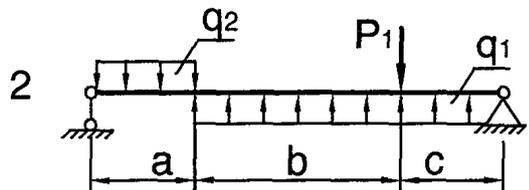
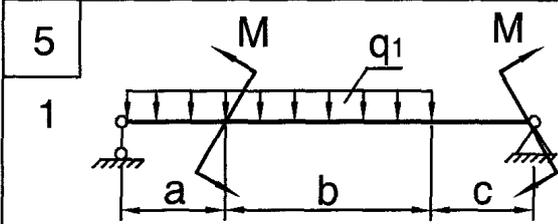


К сч. 4

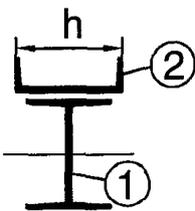
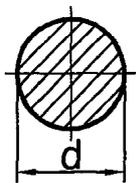


К сч. 5

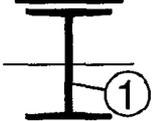




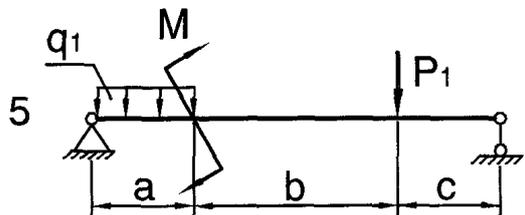
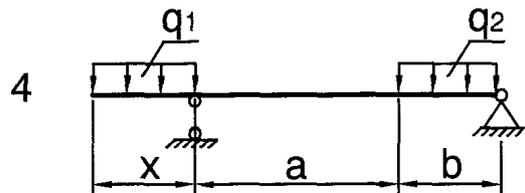
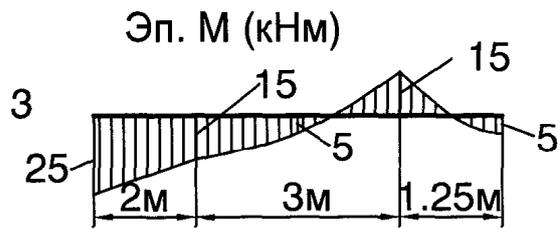
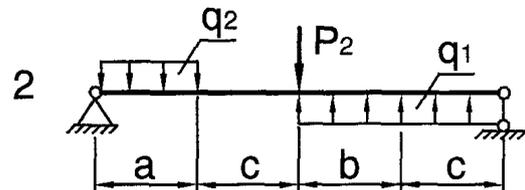
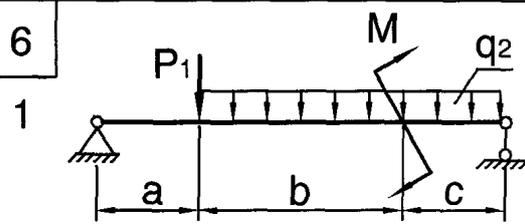
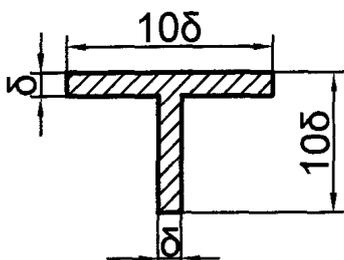
К сч. 3



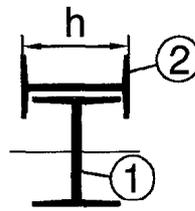
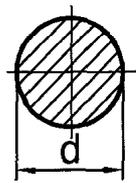
К сч. 4



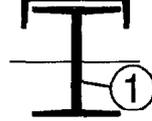
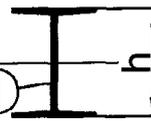
К сч. 5



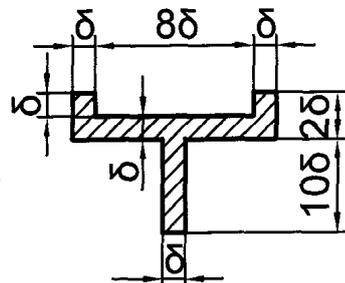
К сч. 3

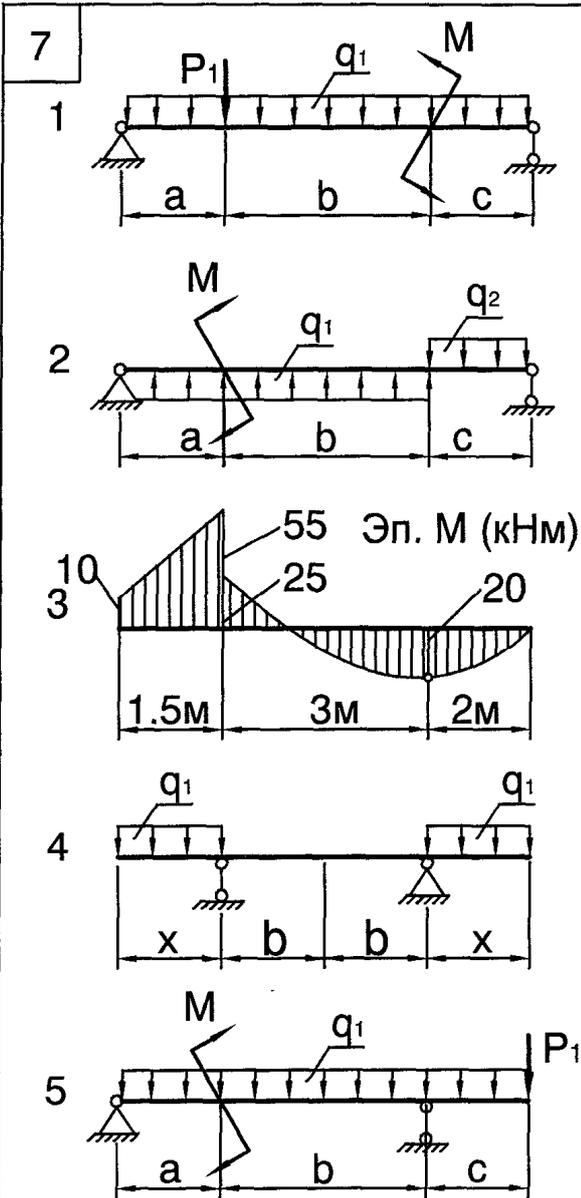


К сч. 4

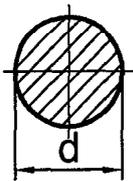


К сч. 5

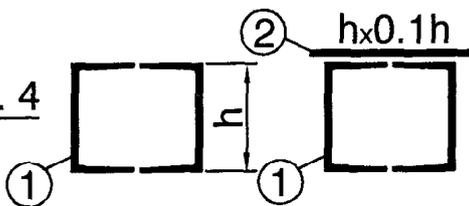




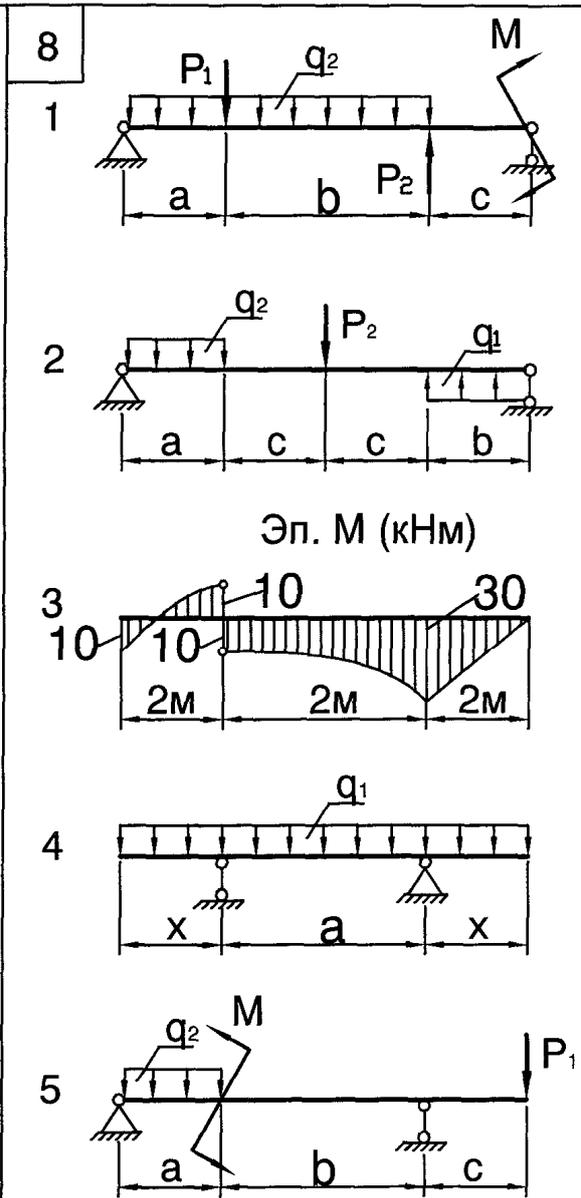
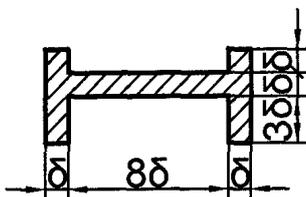
К сч. 3



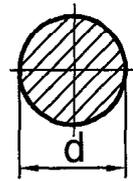
К сч. 4



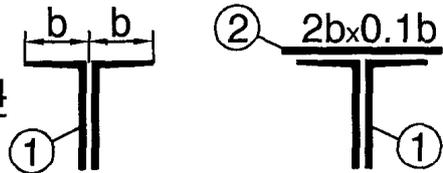
К сч. 5



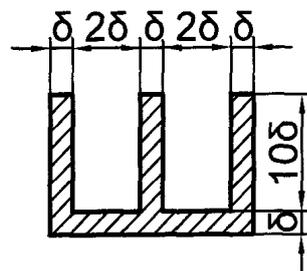
К сч. 3

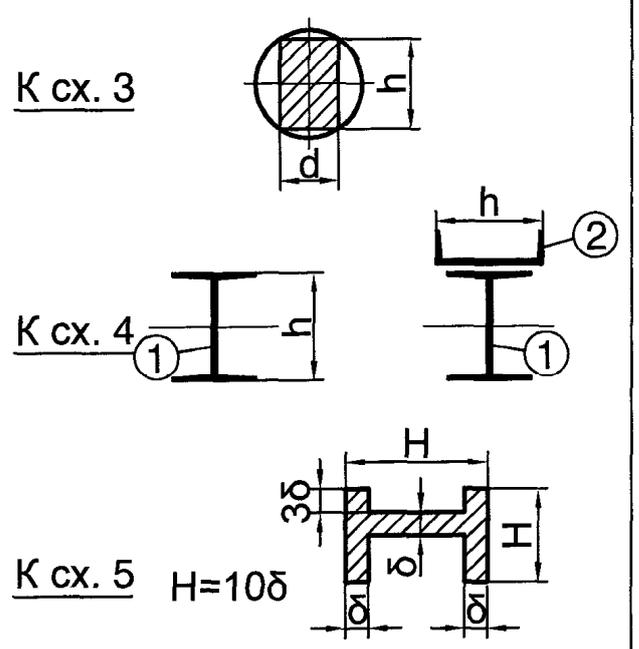
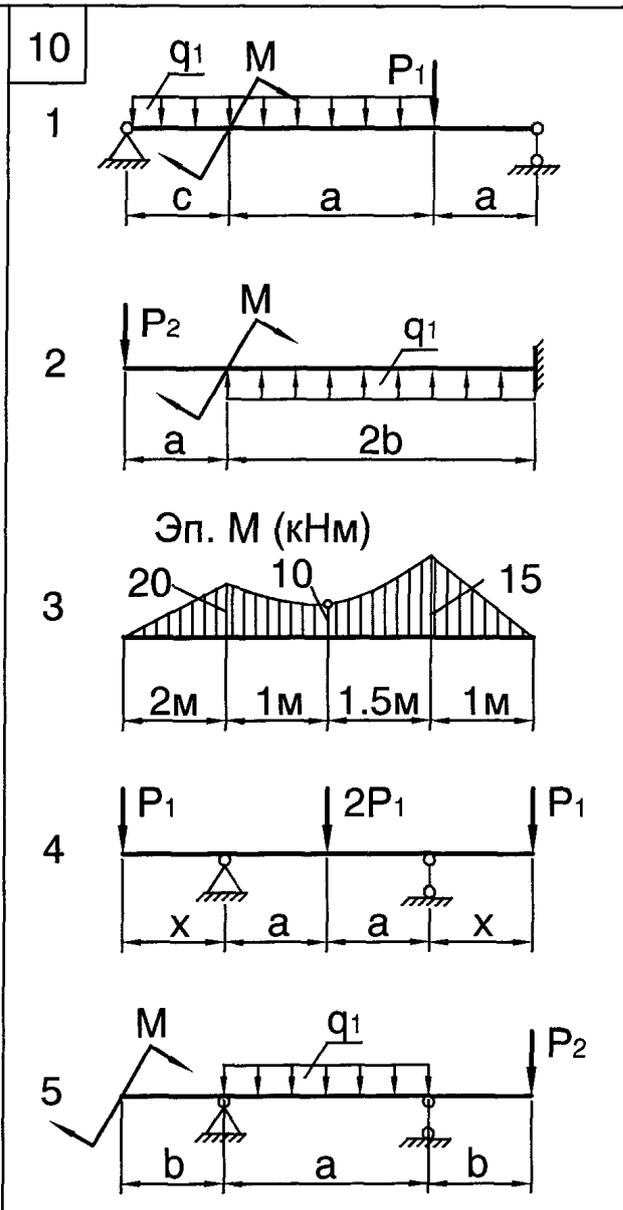
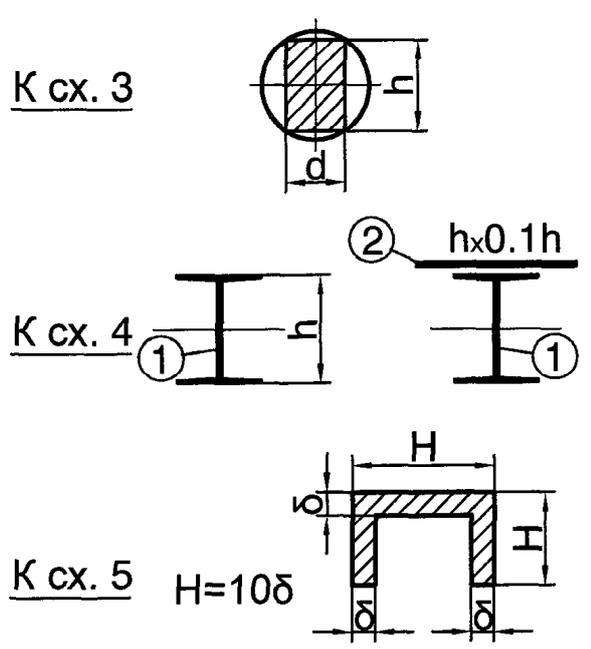
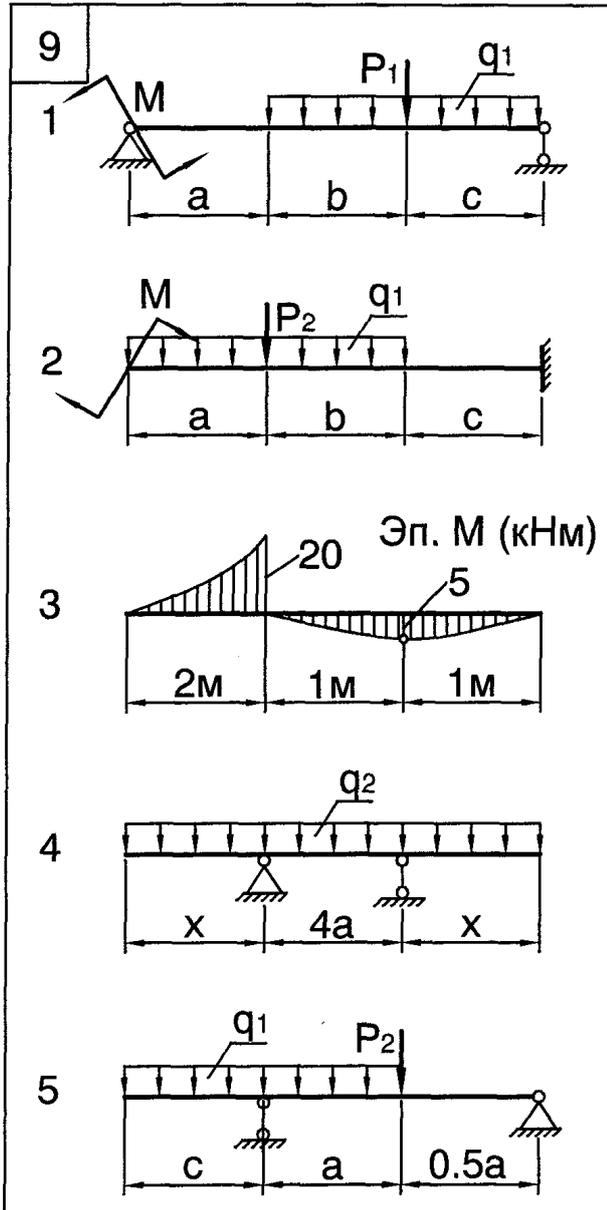


К сч. 4

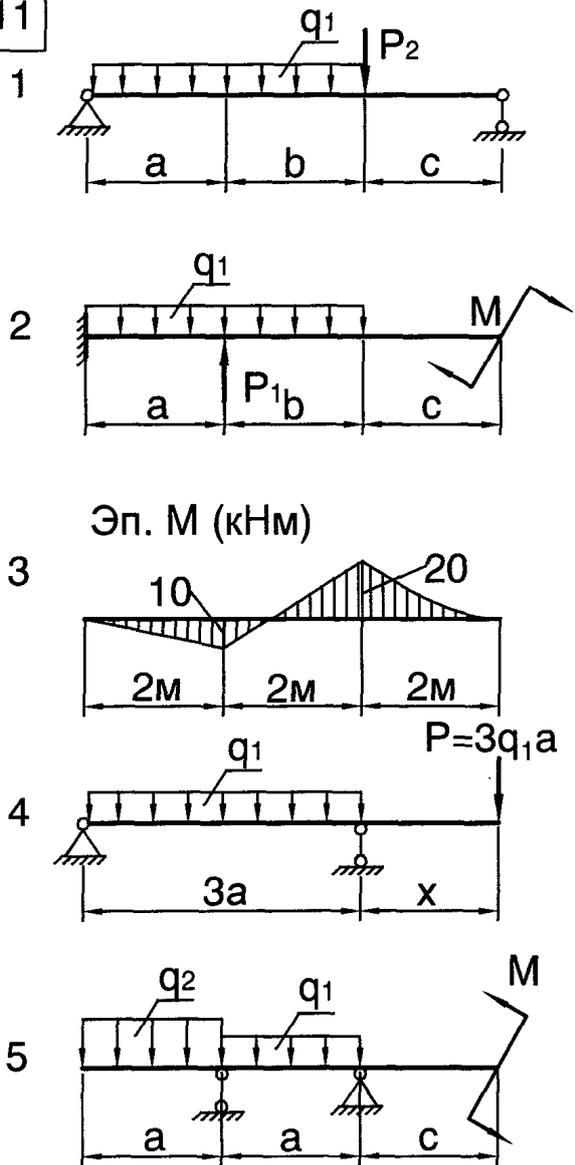


К сч. 5

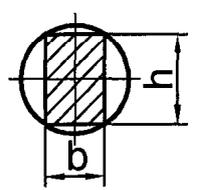




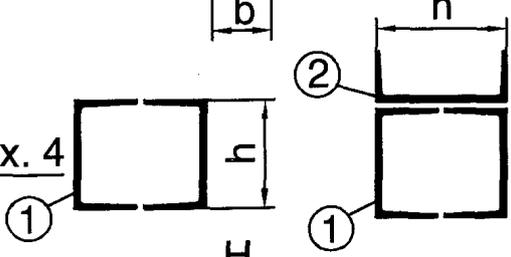
11



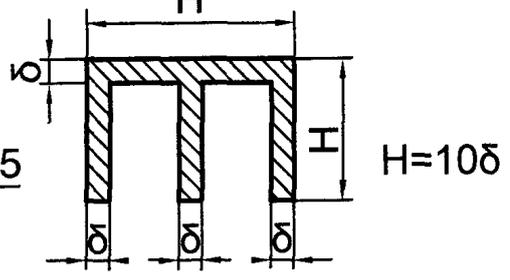
К сч. 3



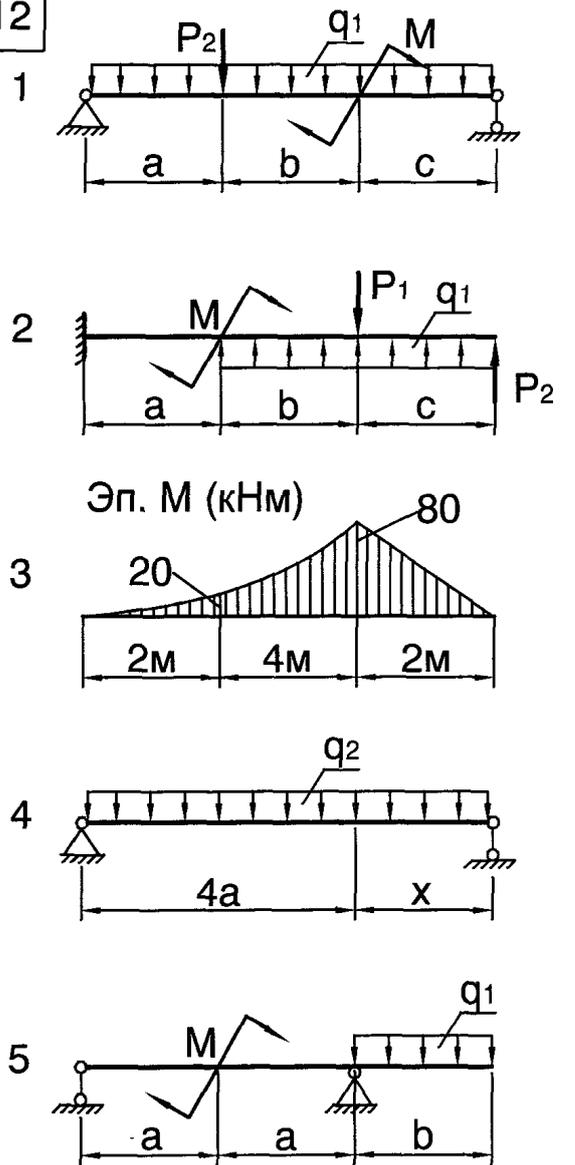
К сч. 4



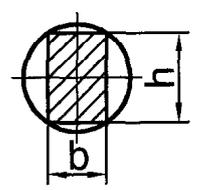
К сч. 5



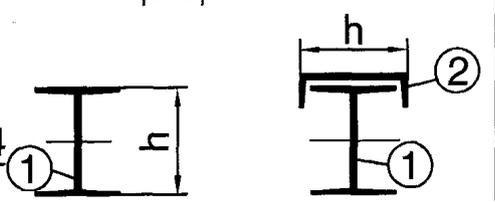
12



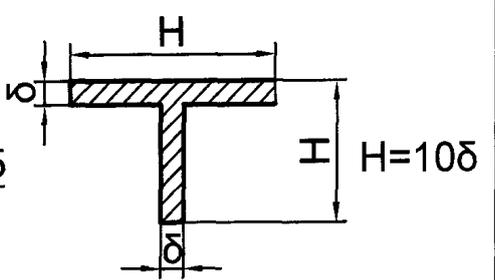
К сч. 3

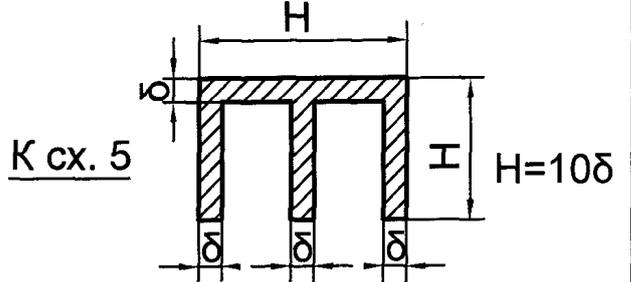
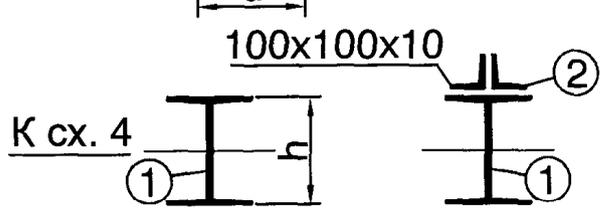
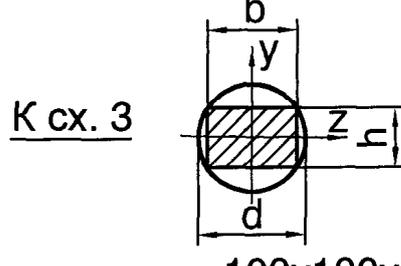
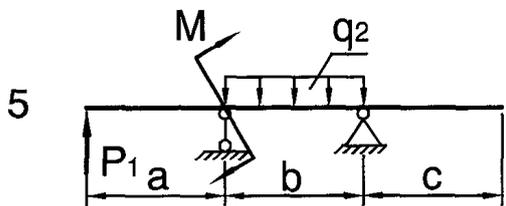
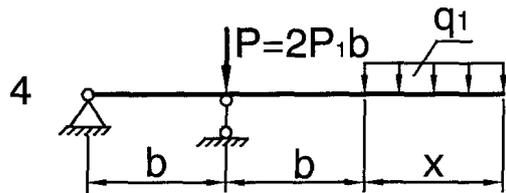
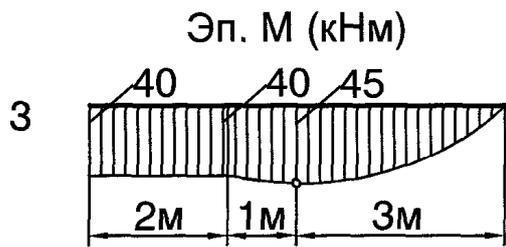
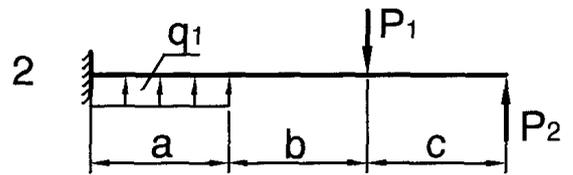
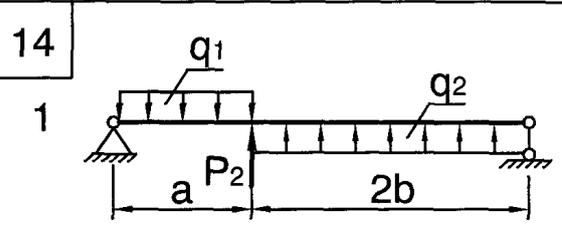
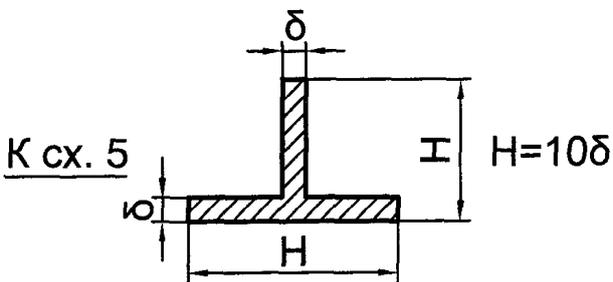
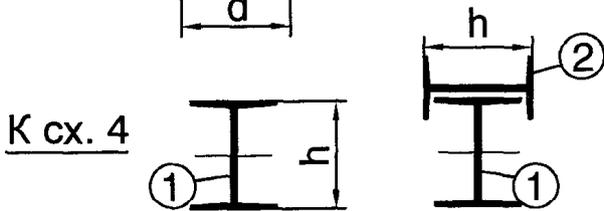
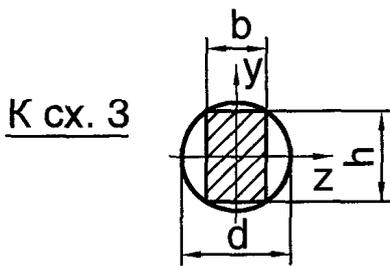
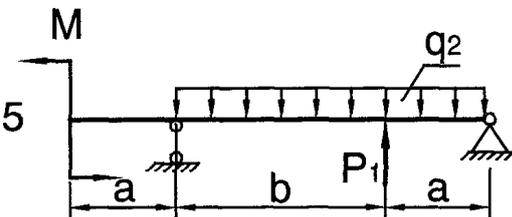
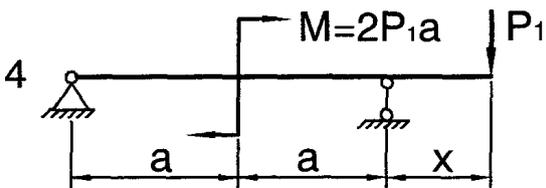
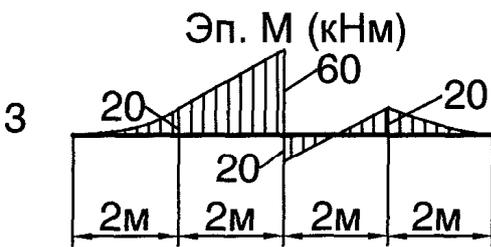
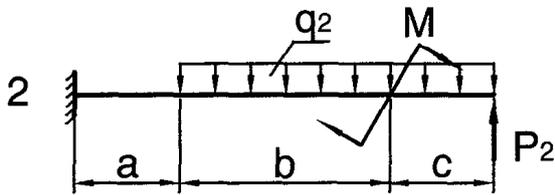
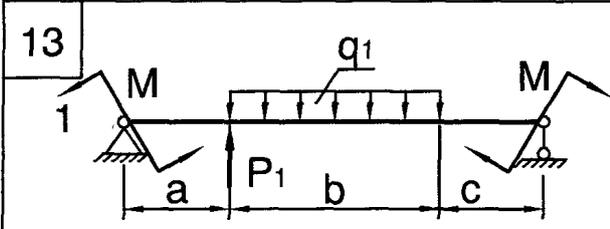


К сч. 4

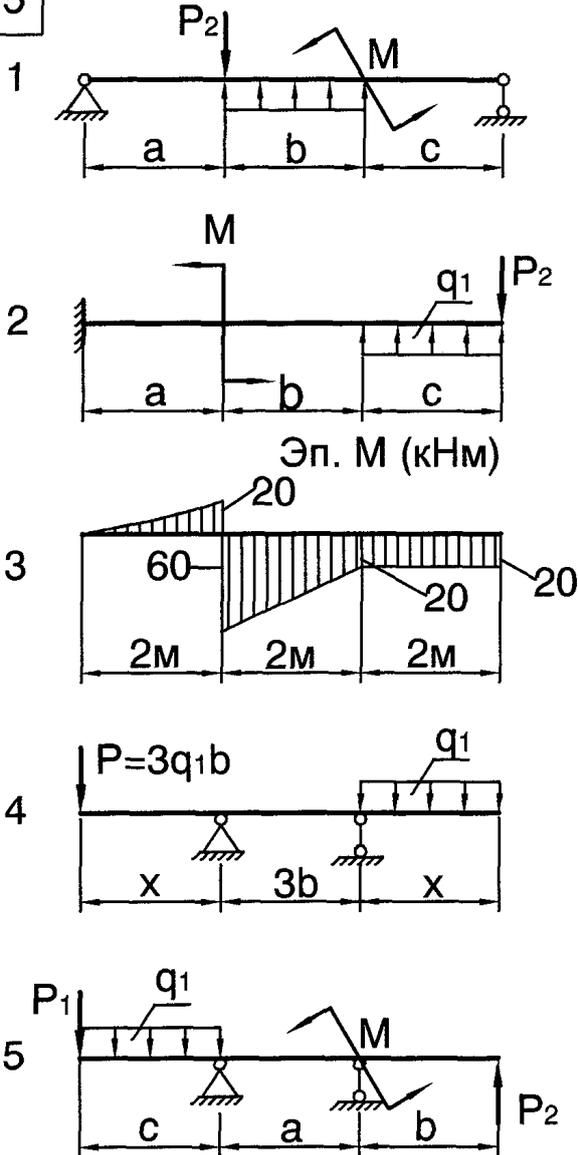


К сч. 5

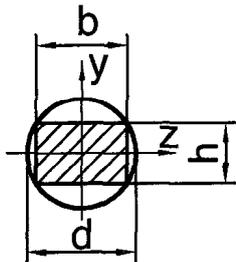




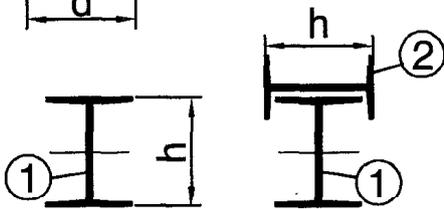
15



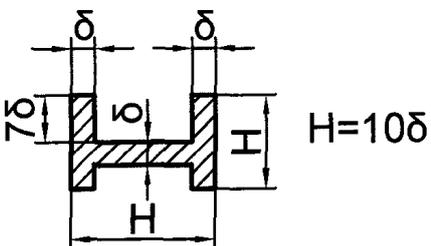
К сч. 3



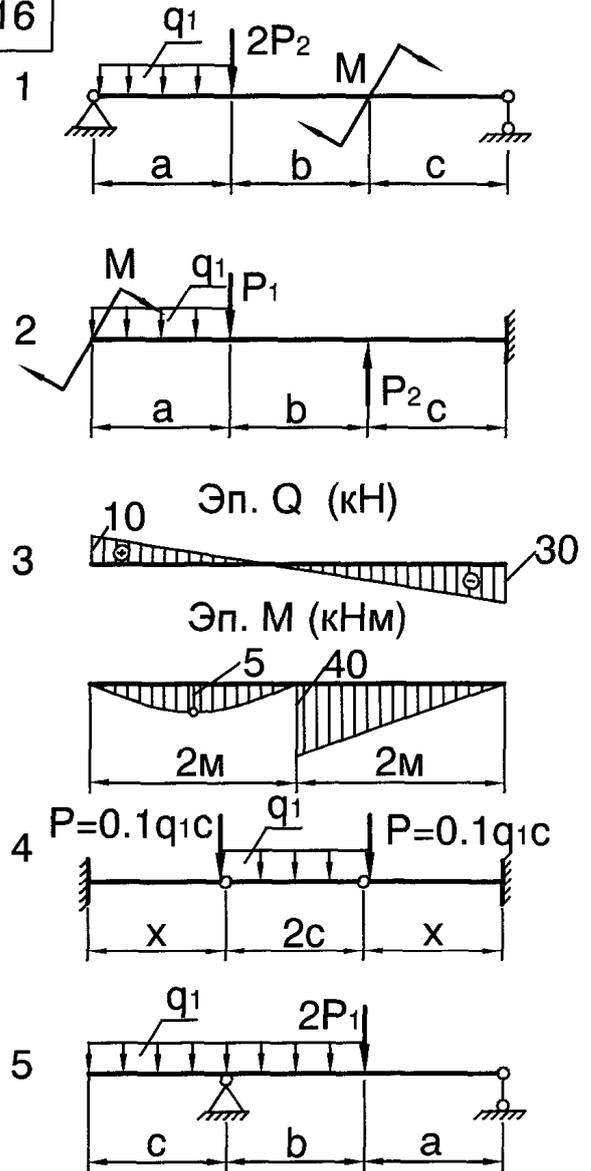
К сч. 4



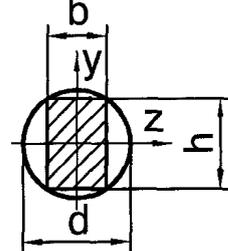
К сч. 5



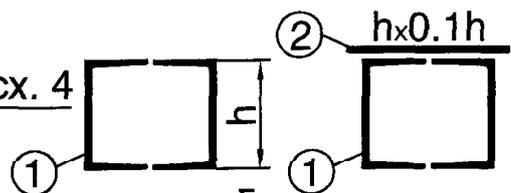
16



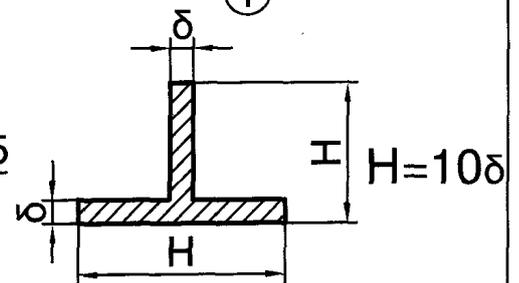
К сч. 3



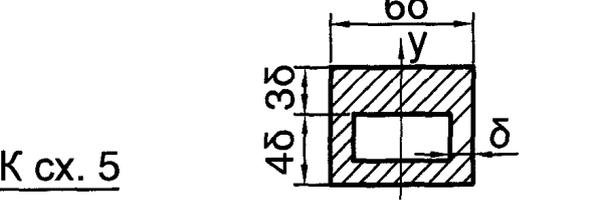
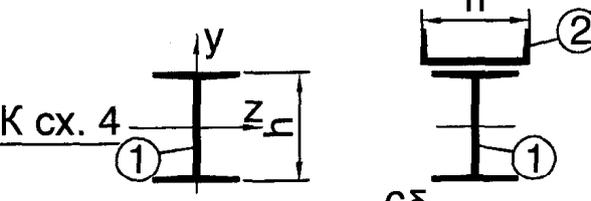
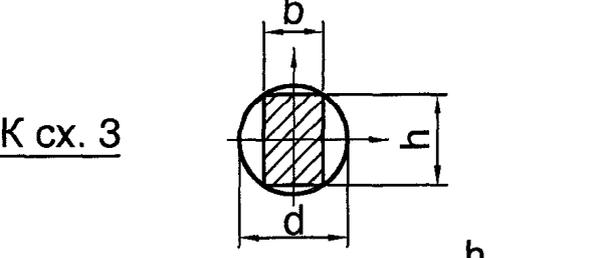
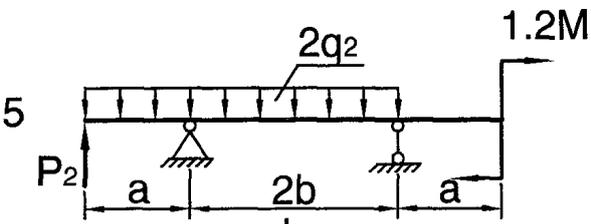
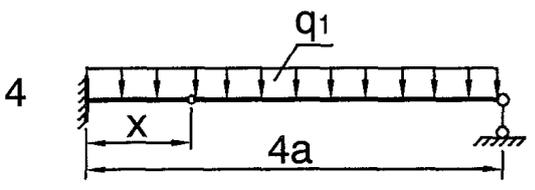
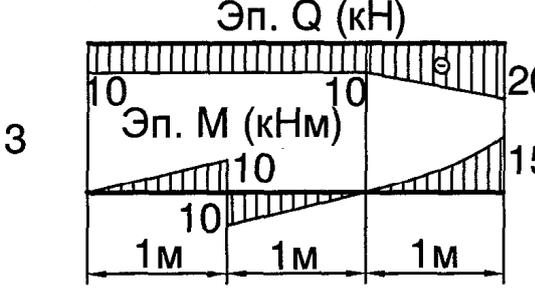
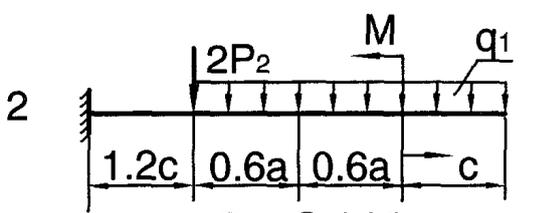
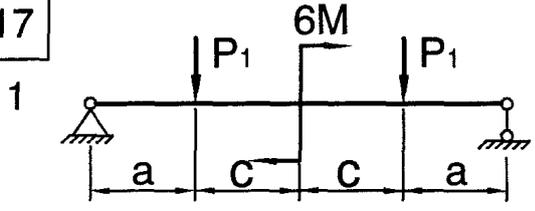
К сч. 4



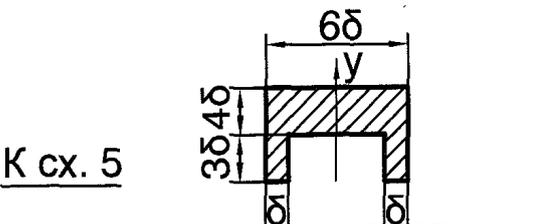
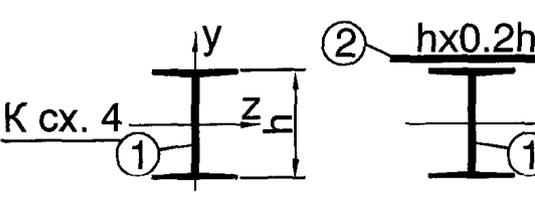
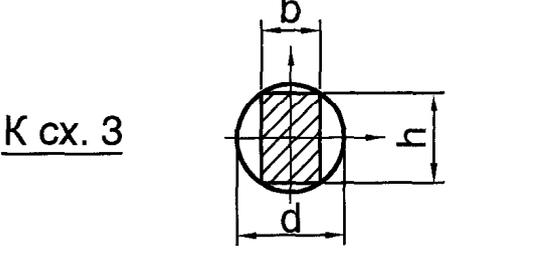
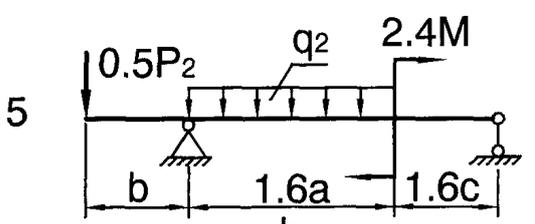
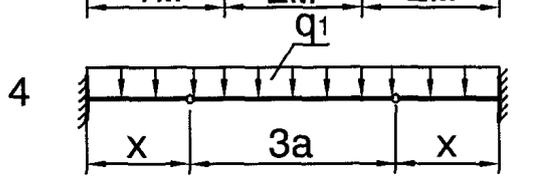
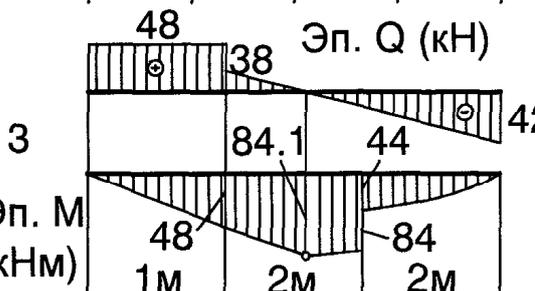
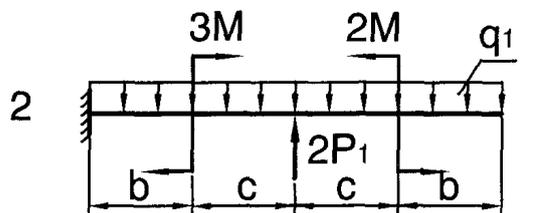
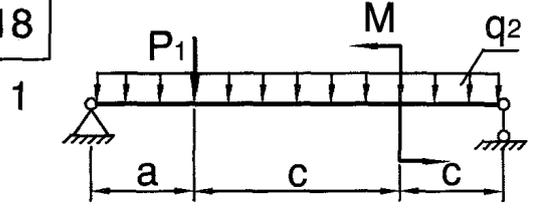
К сч. 5

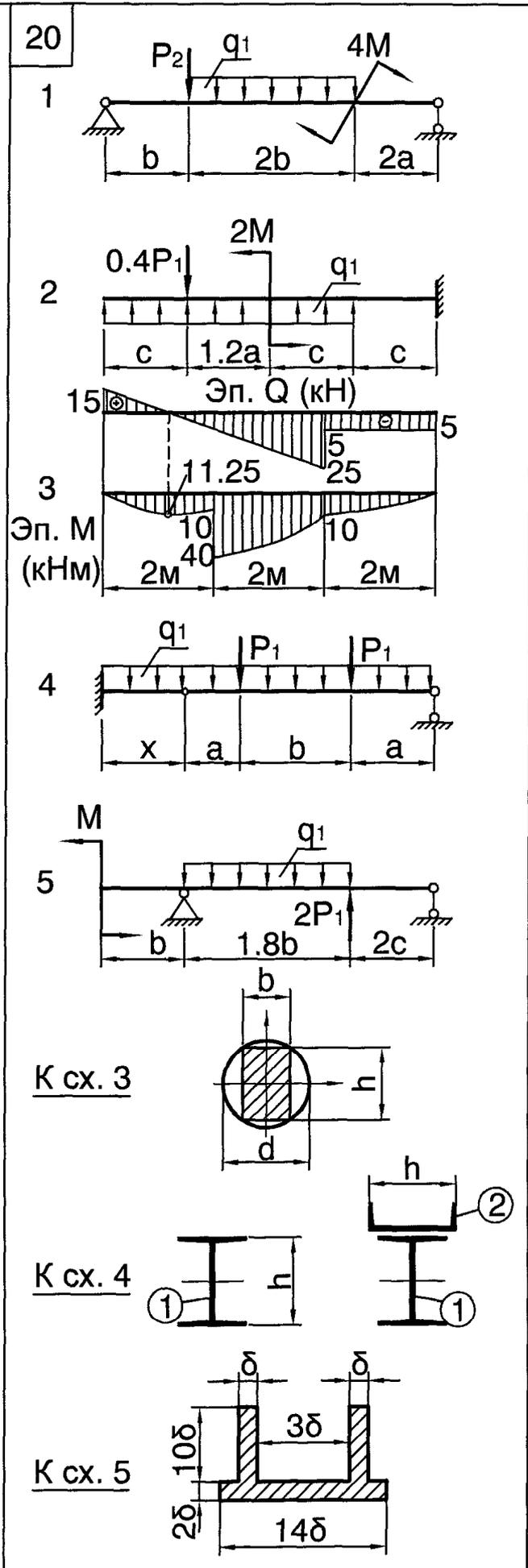
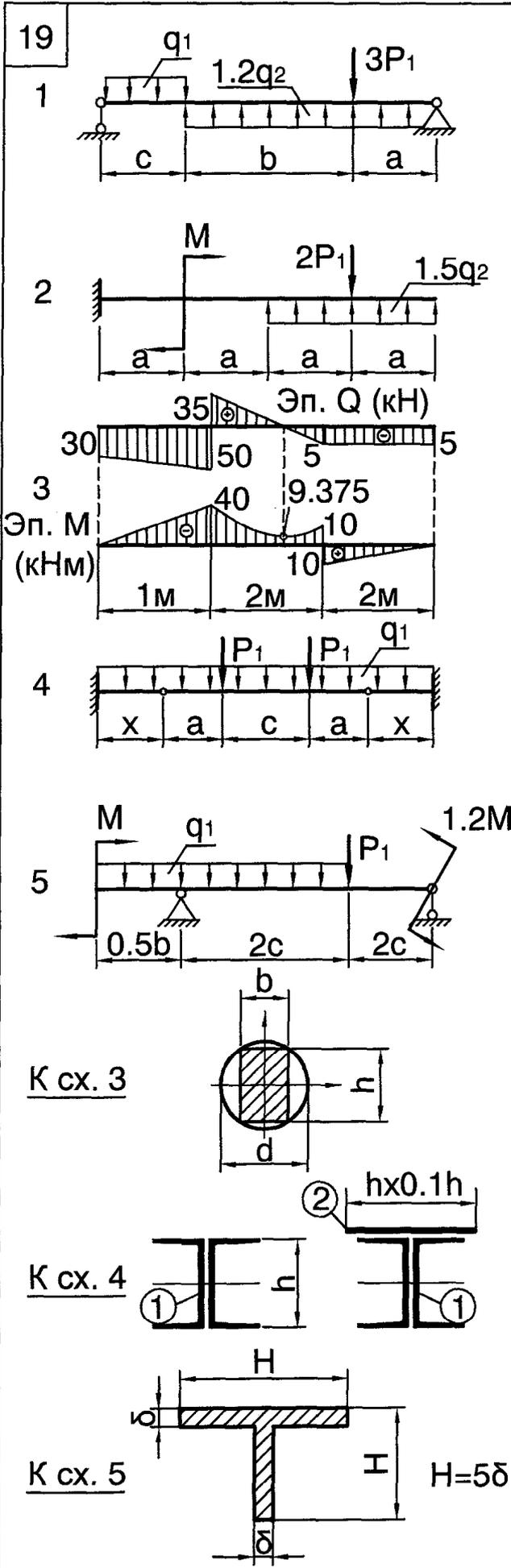


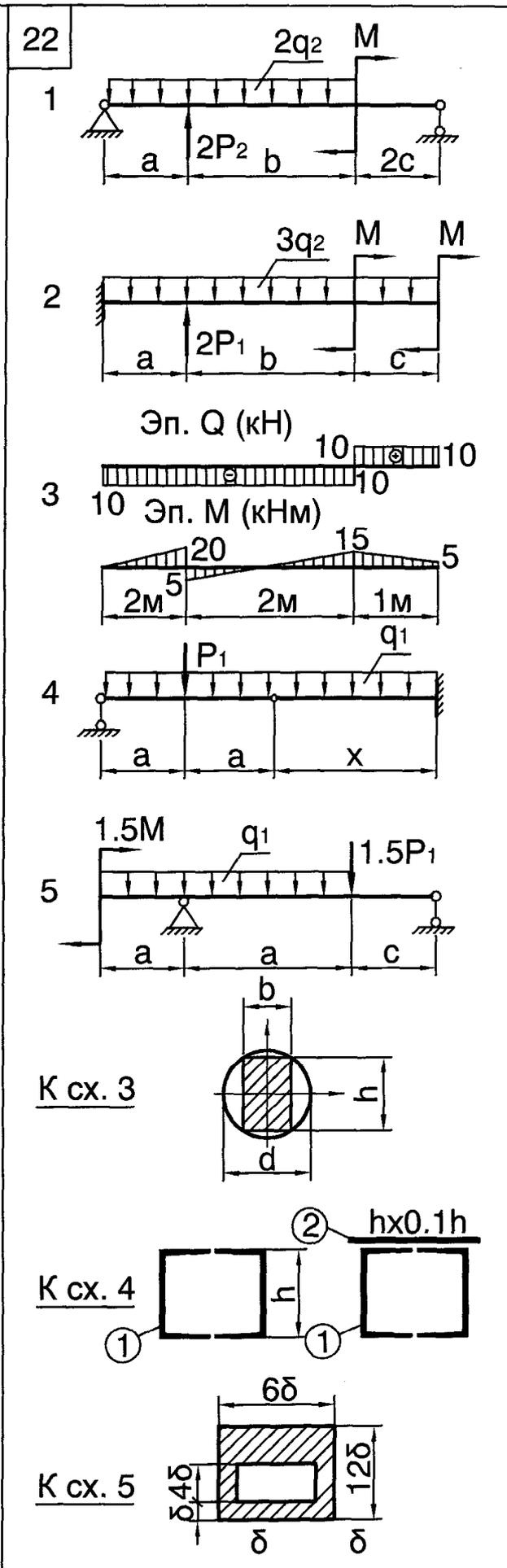
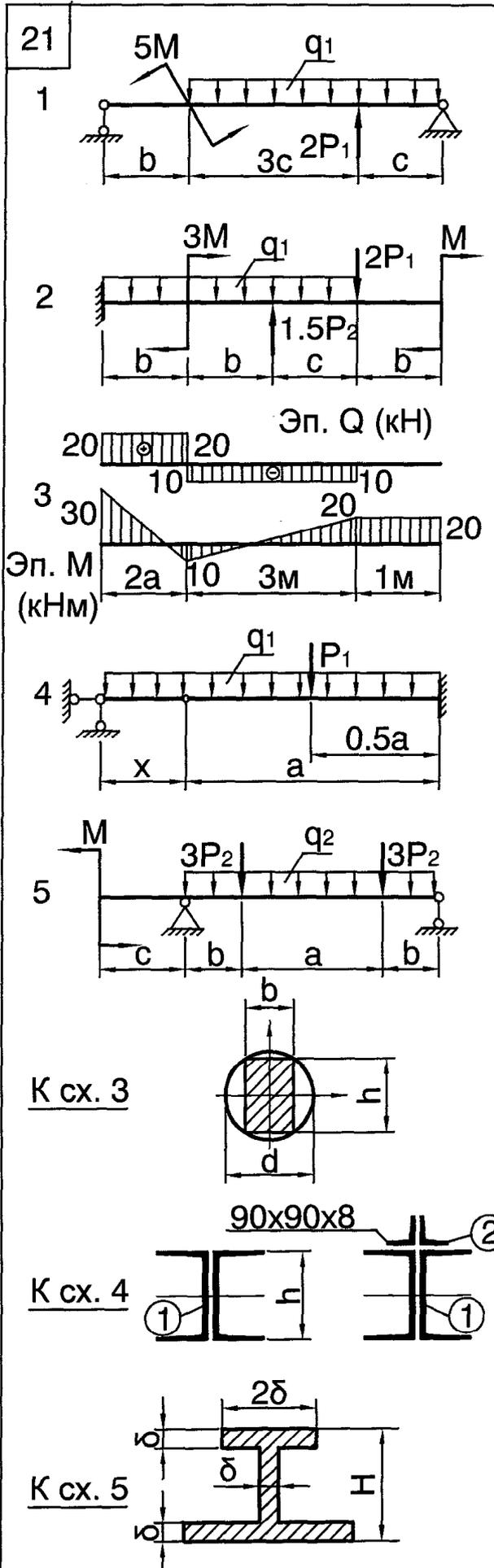
17



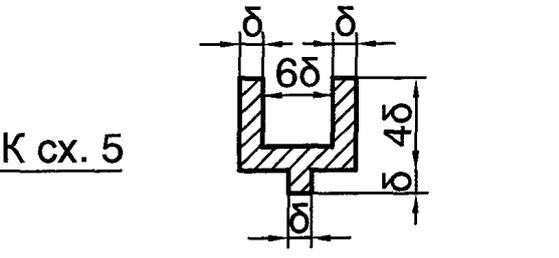
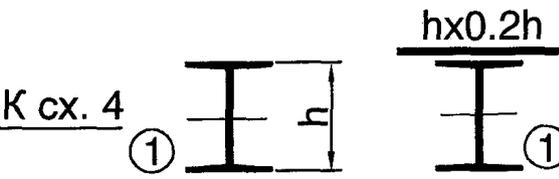
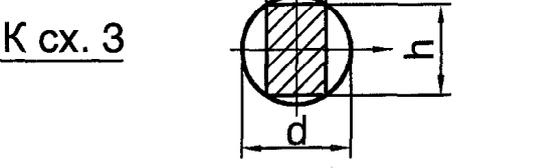
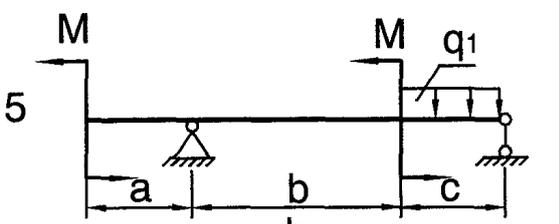
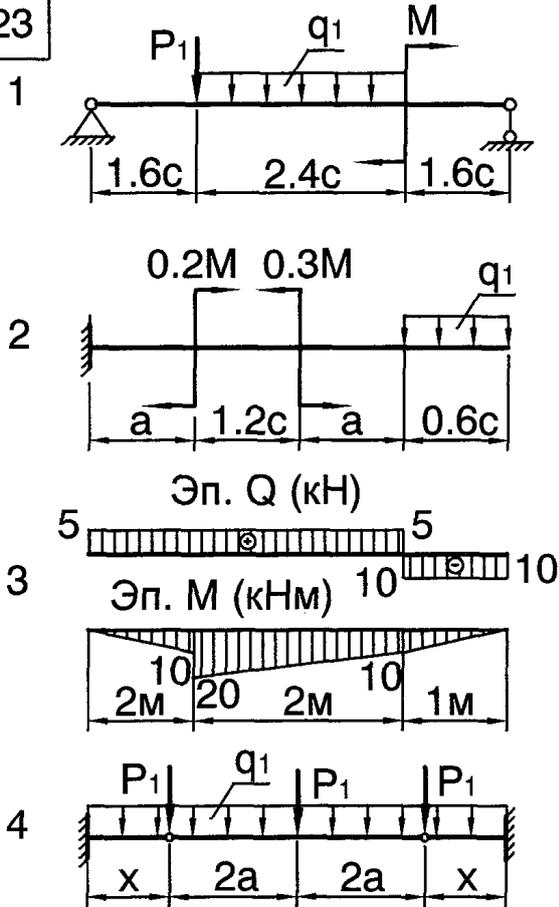
18



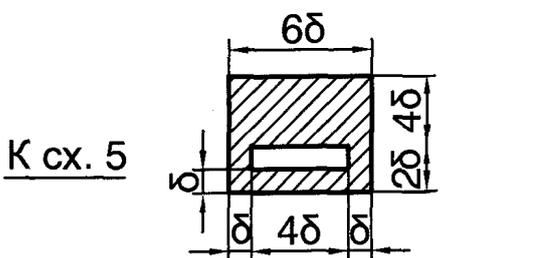
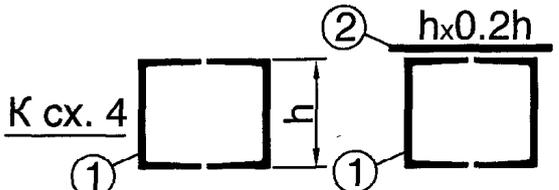
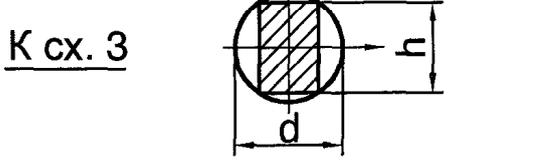
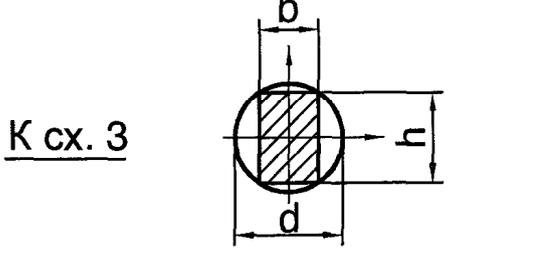
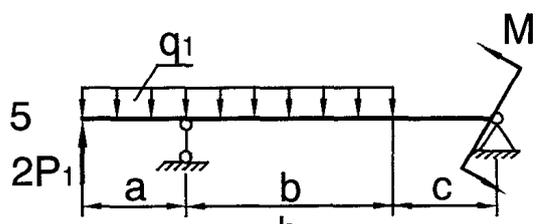
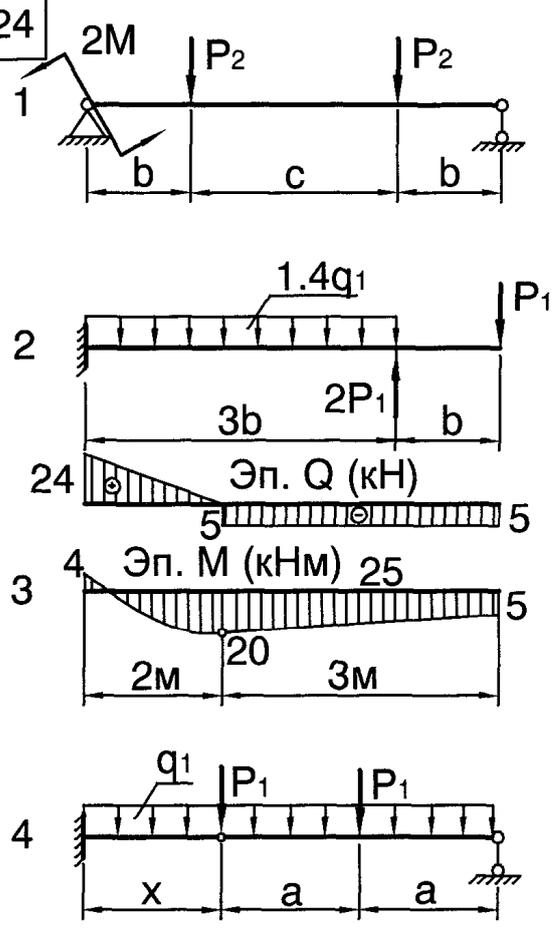




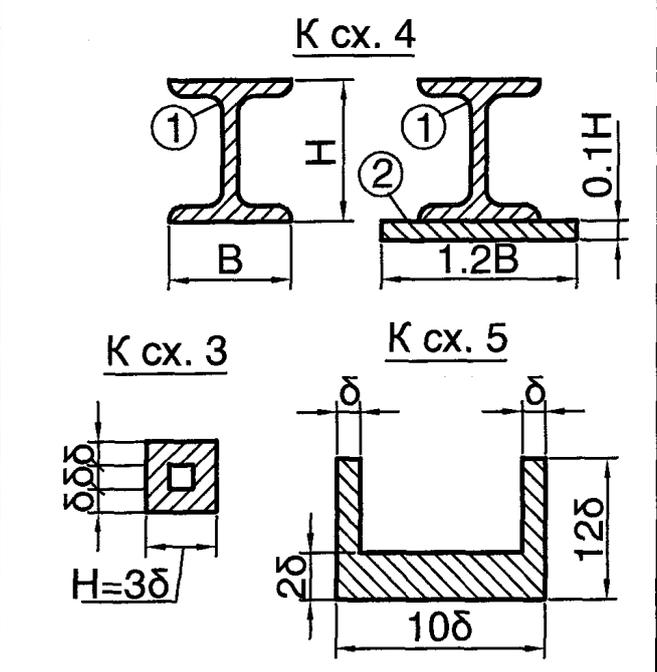
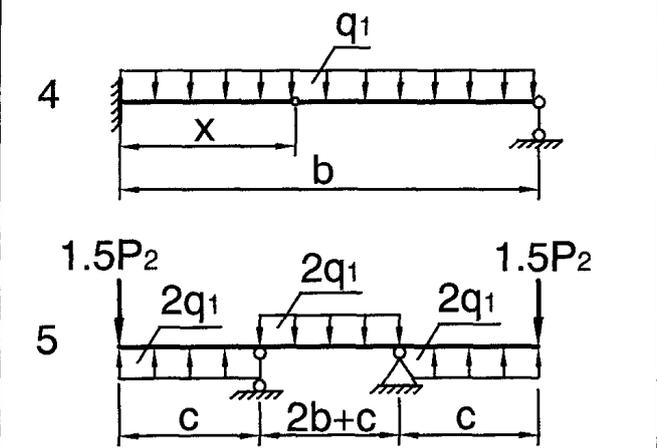
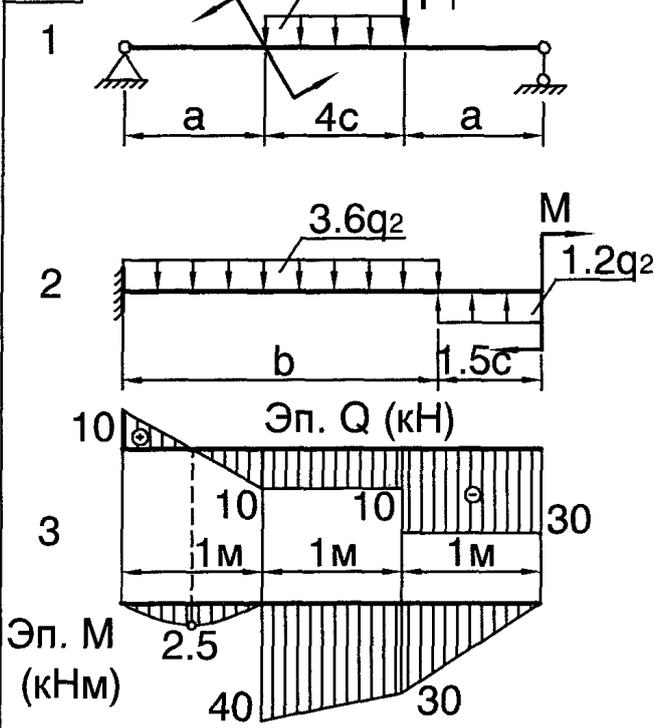
23



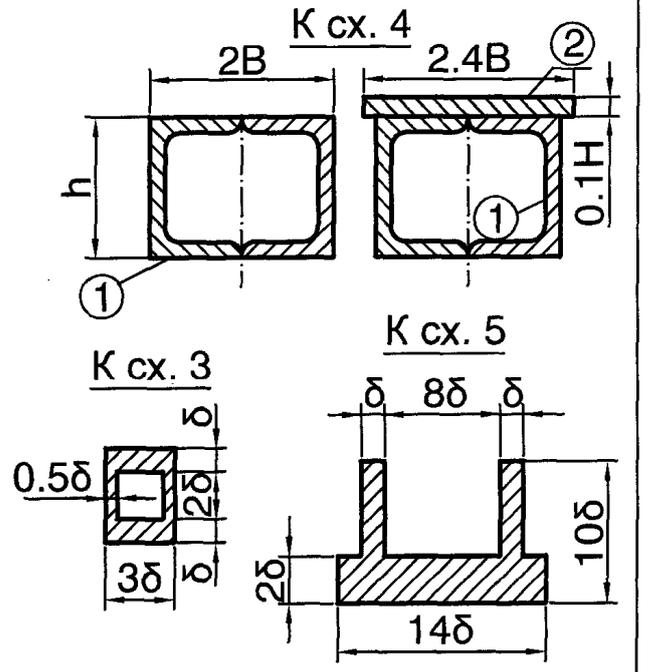
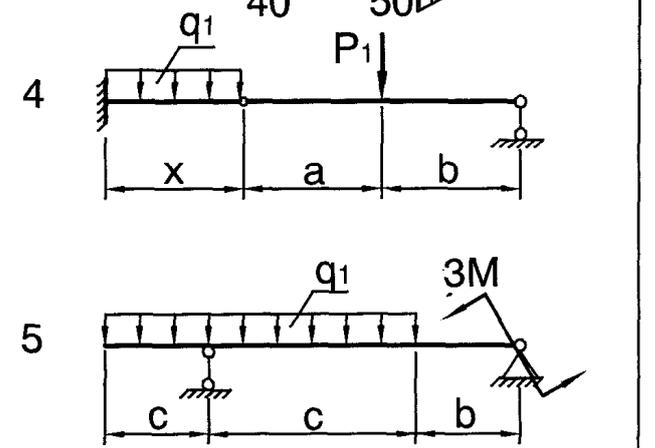
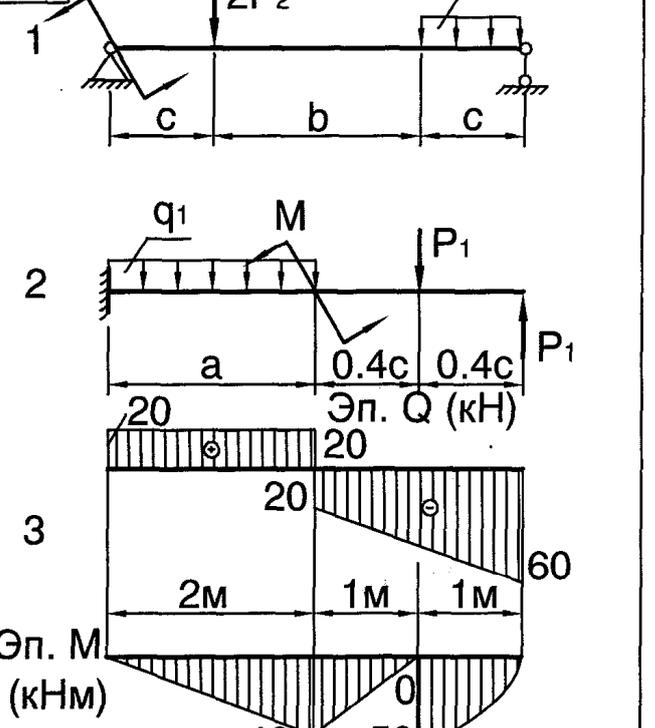
24



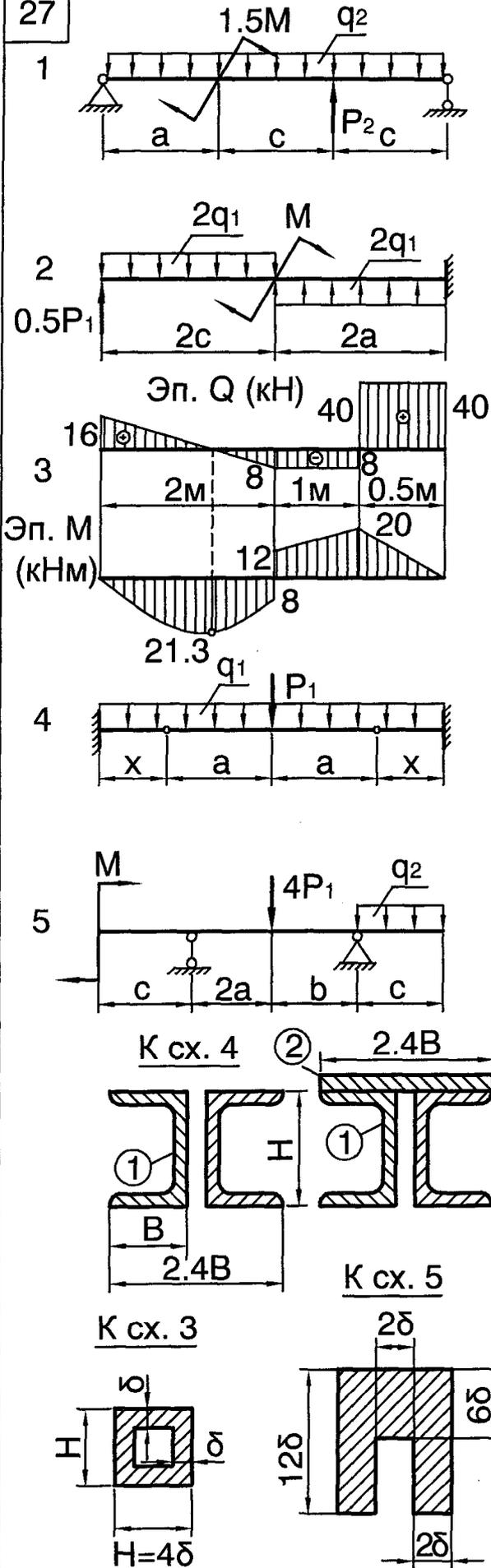
25



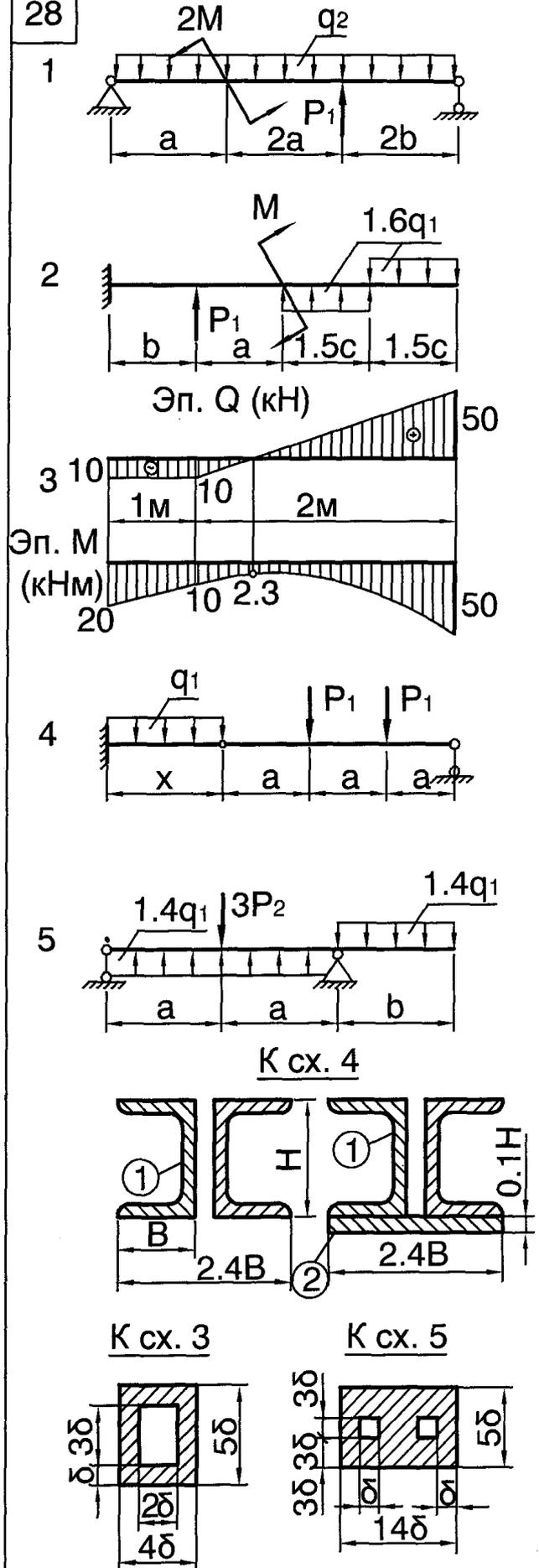
26



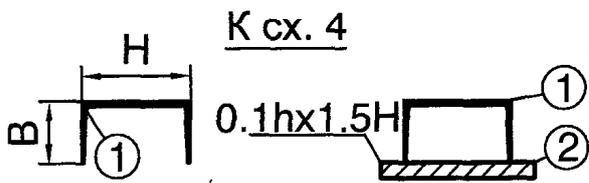
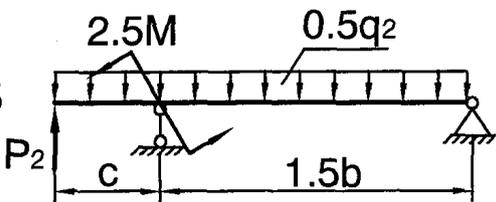
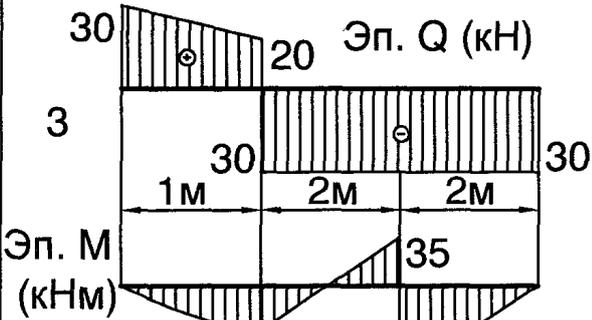
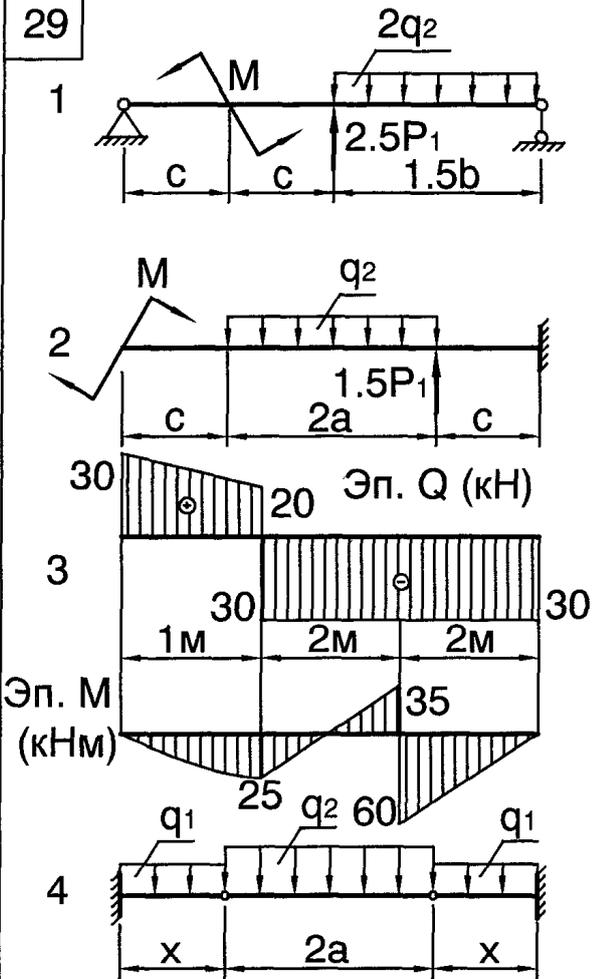
27



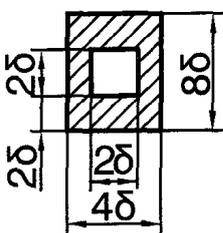
28



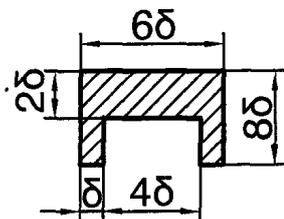
29



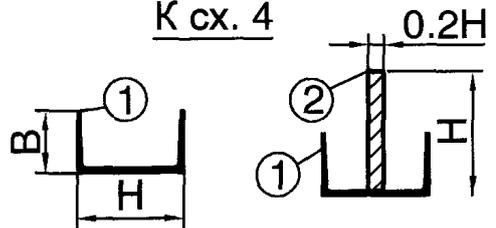
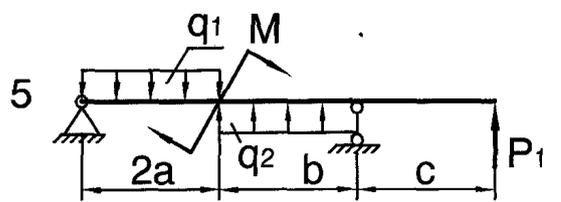
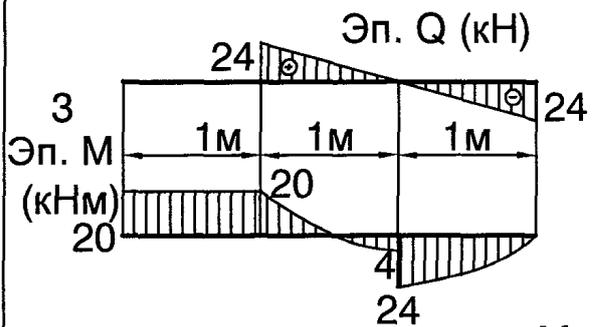
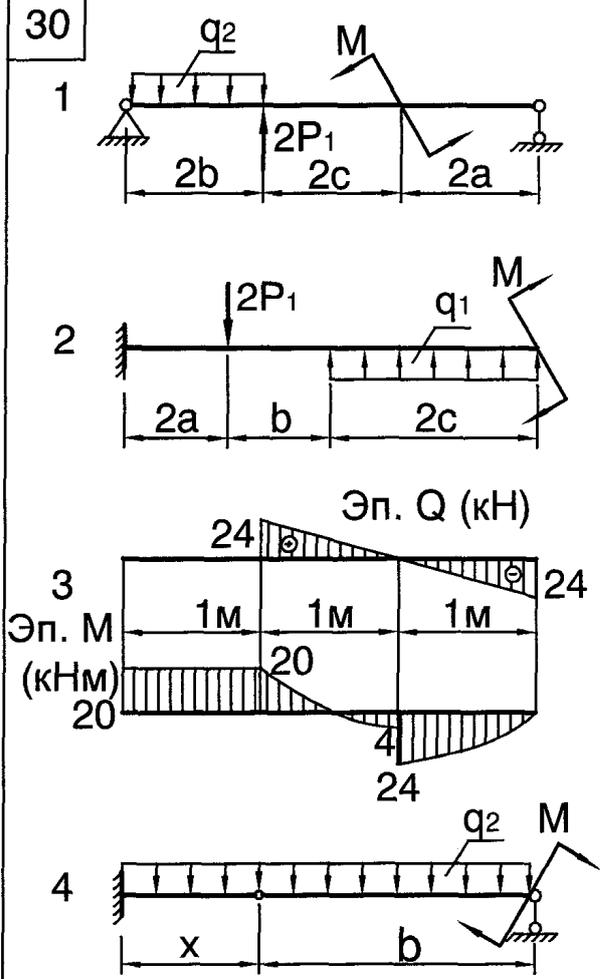
K cx. 3



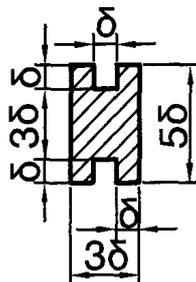
K cx. 5



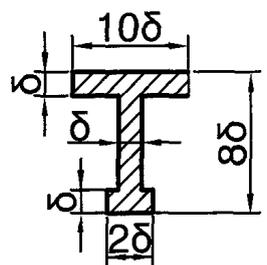
30



K cx. 3



K cx. 5



ЗАДАЧА № 8

ПОЛНАЯ ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ БАЛКИ СОСТАВНОГО СЕЧЕНИЯ

Балка двутаврового поперечного сечения, составленного из листов, нагружена равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью q , сосредоточенными силами P и моментами M , выраженными через q .

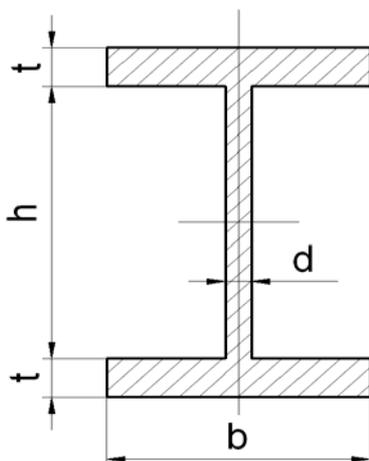
Требуется:

- 1) определить допускаемую нагрузку из условия прочности по нормальным напряжениям, приняв $[\sigma]=160$ МПа;
- 2) произвести проверку прочности балки по касательным напряжениям, если $[\tau]=100$ МПа;
- 3) произвести проверку прочности балки по главным напряжениям, используя третью теорию прочности:

$$\sigma_{\text{экв(III)}} = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma].$$

При выполнении данного пункта:

- а) установить положение опасного сечения и опасной точки по главным напряжениям;
 - б) исследовать напряженное состояние элемента, выделенного в окрестности точки (определить напряжения и на гранях, совпадающих с поперечным и продольным сечениями балки, определить положение главных площадок, величины и направления главных напряжений, показать напряжения на гранях выделенного элемента).
- 4) методом начальных параметров определить перемещения характерных точек, лежащих на оси балки:
 - а) записать универсальное уравнение изогнутой оси балки;
 - б) определить прогибы по середине пролета и на концах консолей;
 - в) определить угол поворота левого опорного сечения балки.
 - 5) произвести проверку жесткости балки, если допускаемый прогиб $[f/l]=1/200$.



Поперечное сечение балки принять в форме составного двутавра с размерами b , t , h , d .

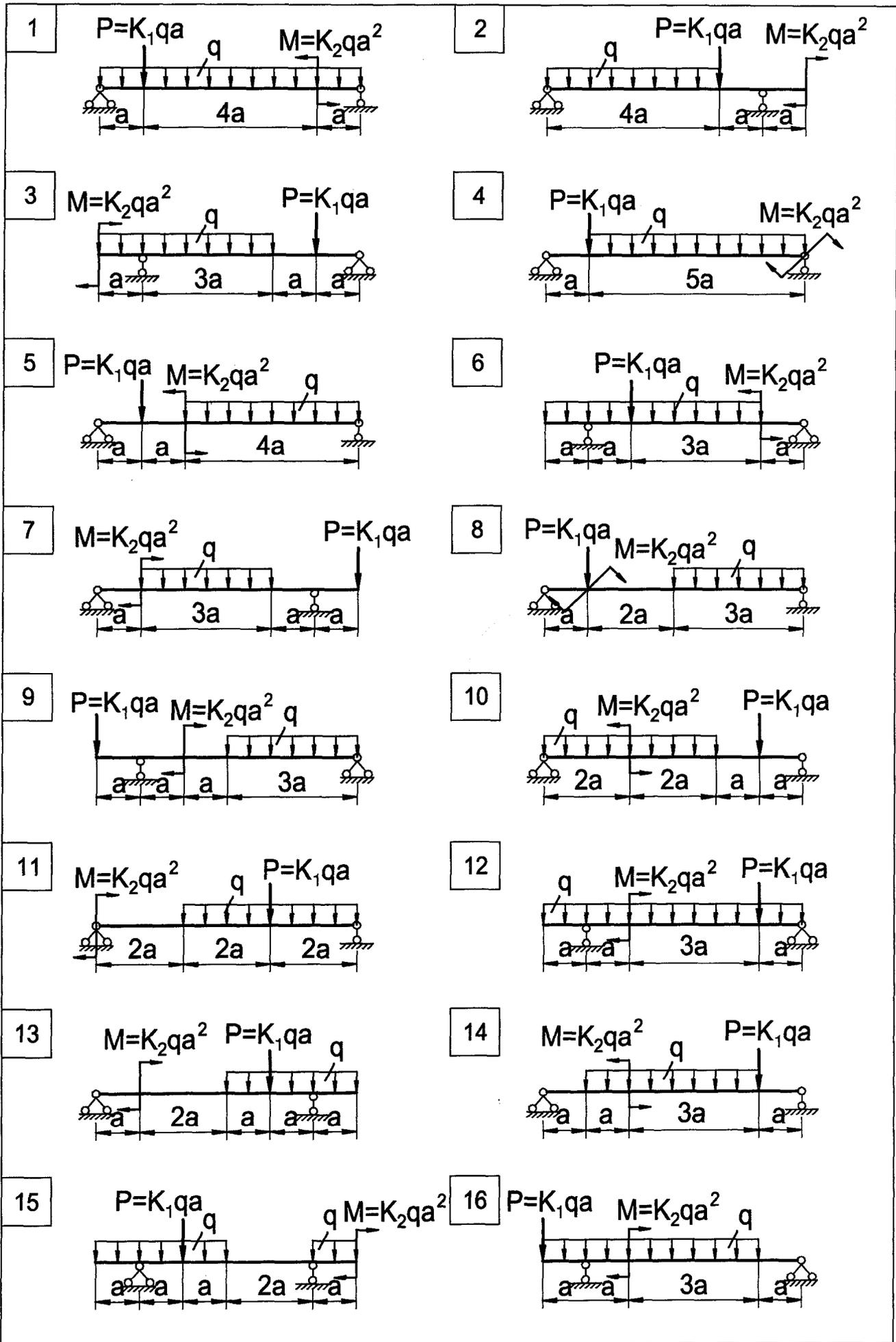
В случае невыполнения условий прочности

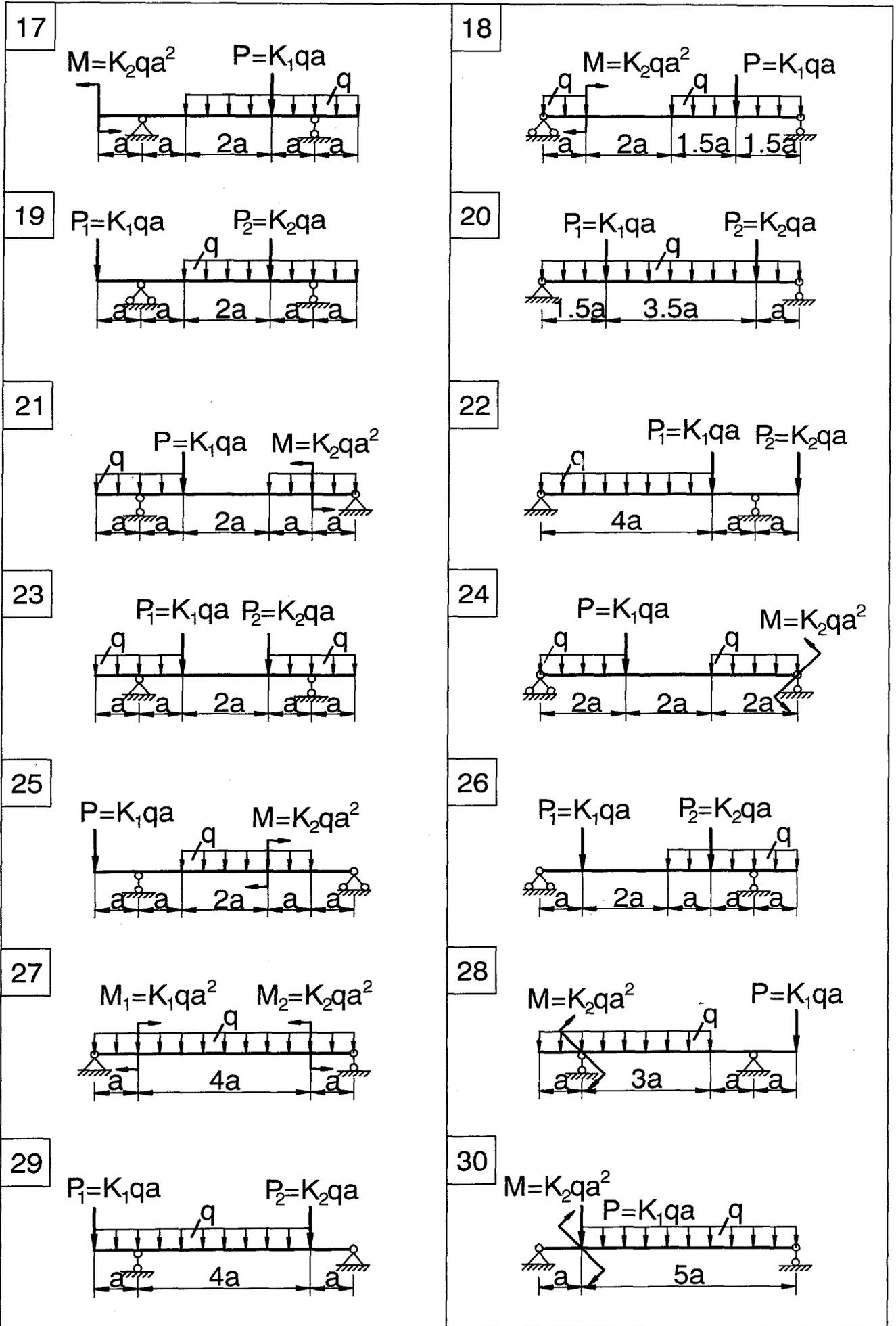
или жесткости сделать по результатам расчета соответствующие выводы.

При решении задачи использовать таблицу исходных данных (с. 69) и расчетные схемы на с. 70–71.

Таблица к задаче № 8

Номер строки	K ₁	K ₂	a, м	Размеры, мм			
				b	t	h	d
1	10	5	1,2	320	18	1200	14
2	8	6	1,2	300	15	100	12
3	12	8	1,0	280	12	950	8
4	15	10	1,0	240	10	900	6
5	12	12	1,0	220	12	840	8
6	10	15	0,8	200	12	800	6
7	8	18	0,8	180	10	750	6
8	18	8	1,0	240	10	900	8
9	15	10	1,0	280	12	100	10
10	12	12	1,0	300	16	950	10
11	10	15	1,2	320	20	1200	16
12	8	16	1,2	220	10	800	6
13	6	18	0,8	200	8	600	6
14	5	20	0,8	180	8	500	6
15	12	8	1,0	350	24	1200	15
16	18	8	1,0	320	16	1000	10
17	16	10	1,0	300	18	1200	12
18	15	12	1,2	280	15	900	10
19	12	15	0,8	240	12	800	8
20	10	16	1,2	220	15	750	8
21	12	10	0,8	200	10	600	5
22	16	12	1,0	180	9	550	6
23	18	4	1,2	240	10	850	9
24	20	6	1,0	280	12	900	8
25	15	8	0,8	300	20	100	12
26	10	12	1,0	320	24	1100	15
27	8	20	1,0	220	16	800	8
28	12	16	0,8	360	24	1200	18
29	15	15	1,2	180	12	600	8
30	18	18	1,0	200	15	750	9





Учебное издание

Еремеева Ирина Владимировна
Никулина Римма Ивановна
Поляков Алексей Афанасьевич
Черногубов Дмитрий Евгеньевич
Чупин Владимир Васильевич

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Часть 1

Редактор	<i>О. В. Байгулова</i>
Подготовка к публикации	<i>Н.В. Лутовой</i>
Компьютерная верстка	<i>В.В. Чупина</i>

Рекомендовано Методическим советом
Разрешен к публикации 24.11.10.
Электронный формат – pdf
Объем 3,55 уч.-изд. л.

УрФУ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Информационный портал УрФУ
<http://www.ustu.ru>