

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Сопроотивление материалов и теория упругости»

СБОРНИК ЗАДАЧ

для расчетно-проектировочных работ
по дисциплине «Сопроотивление материалов»
для студентов строительных специальностей

Минск
БНТУ
2012

УДК 539.3(075.8)

ББК 30.121я7

С 23

Составители:

*С.И. Зиневич, М.К. Балькин, И.А. Голубев,
В.А. Пенькевич, М.В. Югова, А.Е. Кончиц,
В.Н. Суходоев, Л.И. Шевчук, О.Л. Вербицкая,
Е.А. Евсеева, С.В. Соболевский, И.А. Пахомчик*

Рецензенты:

С.Е. Кравченко, Л.Р. Мытько

Оформили:

М.П. Кондратин, Л.И. Буевич, М.И. Маковчик

Сборник задач для расчетно-проектировочных работ по дисциплине «Сопротивление материалов» для студентов строительных специальностей / сост.: С.И. Зиневич [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 108 с.

Сборник содержит задачи по курсу «Сопротивление материалов» и справочный материал, необходимый для решений этих задач.

Для студентов строительных специальностей.

Содержание

Введение.....	4
Задача 1.....	5
Задача 2.....	10
Задача 3.....	15
Задача 4.....	20
Задача 5.....	23
Задача 6.....	27
Задача 7.....	58
Задача 8.....	64
Задача 9.....	68
Задача 10.....	72
Задача 11.....	76
Задача 12.....	82
Задача 13.....	88
Литература	92
Приложения	93
Приложение 1.....	94
Приложение 2.....	95
Приложение 3.....	96
Приложение 4.....	99
Приложение 5.....	102
Приложение 6.....	103
Требования к выполнению и оформлению расчетно-проектировочных работ.....	104

Введение

Изучение курса «Сопротивление материалов» включает освоение теоретического материала и приобретение опыта расчета элементов инженерных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость. Опыт расчета приобретается посредством самостоятельного решения задач.

В сборнике приведены задачи, подобранные по основным разделам курса «Сопротивление материалов», изучаемого студентами строительных специальностей. В сборник также включен справочный материал, необходимый для решения задач.

При подготовке данного сборника авторы использовали материал предыдущих сборников задач, выпущенных кафедрой «Сопротивление материалов и теории упругости» БНТУ с дополнениями и изменениями отдельных схем и задач.

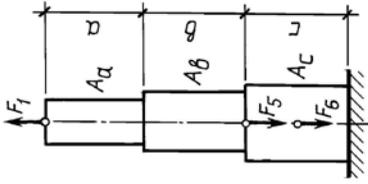
Задача 1

Ступенчатый стержень находится под действием внешних сил F .
 Материал стержня – сталь с модулем продольной упругости $E = 200$ ГПа.

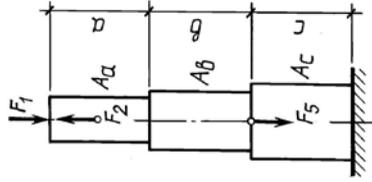
Требуется: построить эпюры продольных сил, напряжений и перемещений.

Таблица 1

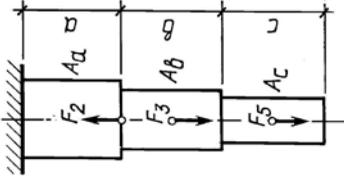
№ п/п	Длина участка, см			Площадь поперечн. сечения, см ²			Нагрузка, кН					
	a	b	c	A_a	A_b	A_c	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
1	80	50	16	12	6	4	120	160	80	60	40	100
2	66	20	70	10	8	4	100	40	140	80	60	120
3	24	80	60	4	6	10	80	140	100	120	40	80
4	50	70	36	6	4	12	160	140	40	60	80	60
5	70	44	80	8	6	4	100	40	200	60	80	120
6	38	60	50	12	8	6	200	120	60	180	40	100
7	80	40	50	6	8	10	60	180	140	200	80	60
8	60	30	66	10	4	6	80	200	40	60	120	100
9	70	60	26	4	12	6	120	40	180	80	60	120
10	50	30	64	10	6	8	40	120	80	160	200	80



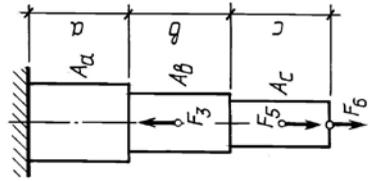
④



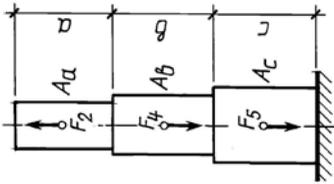
⑧



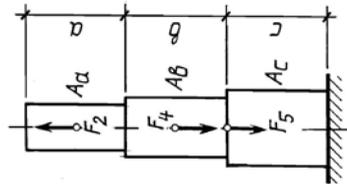
③



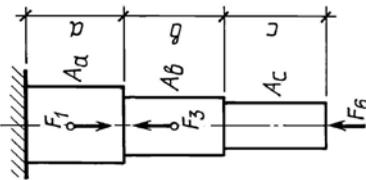
⑦



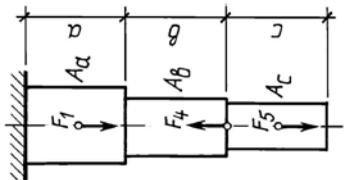
②



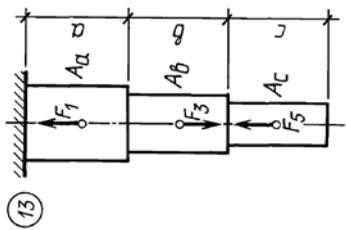
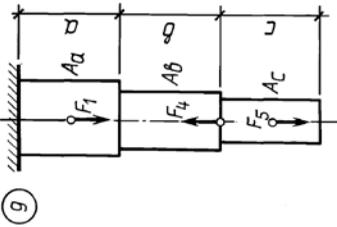
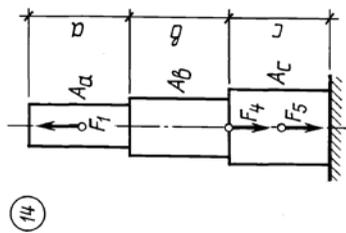
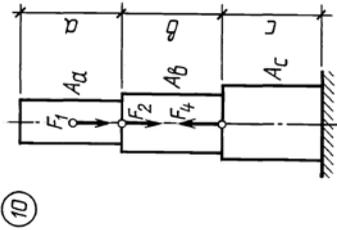
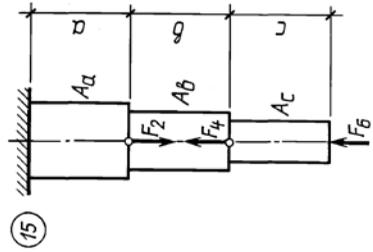
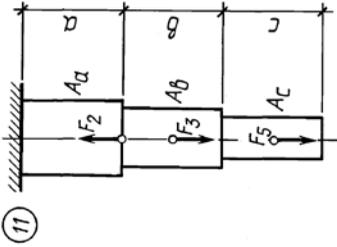
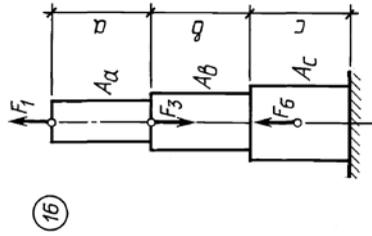
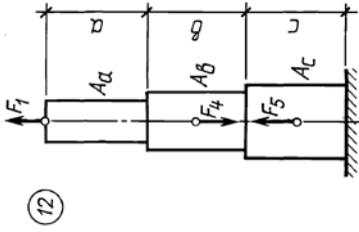
⑥

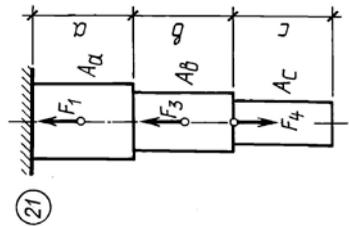
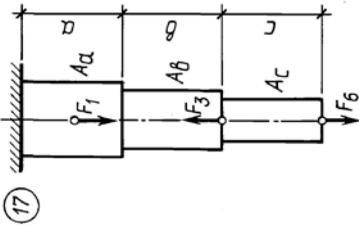
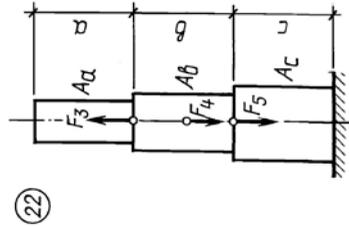
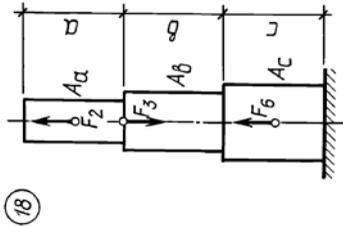
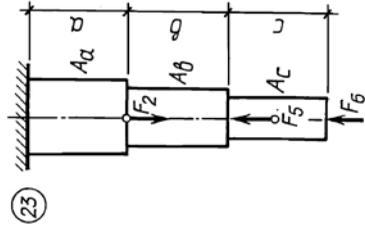
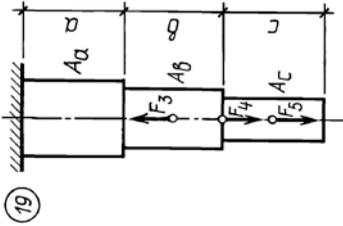
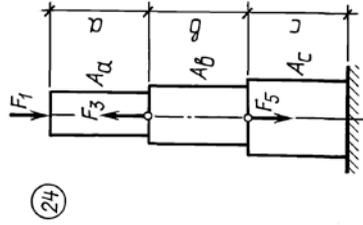
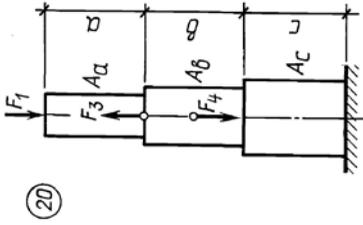


①



⑤





Задача 2

Конструкция, состоящая из элементов большой жесткости и двух стальных стержней с расчетным сопротивлением материала $R = 210$ МПа и модулем юнга $E = 200$ ГПа нагружена нагрузкой.

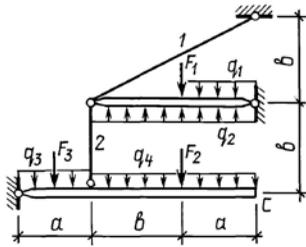
Требуется:

- 1) подобрать диаметр стержней;
- 2) выполнить проверочный расчет жесткости, если перемещение точки «с» не должно превышать 1 см ($\delta \leq 2$ см).

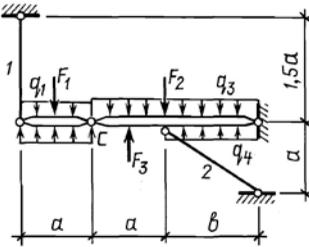
Таблица 2

№ п/п	Нагрузка							Длина, м	
	кН			кН/м					
	F_1	F_2	F_3	q_1	q_2	q_3	q_4	a	b
1	10	–	–	–	–	15	–	1,0	1,5
2	30	–	–	–	–	–	20	1,5	2,0
3	20	–	–	–	–	30		1,0	2,0
4	60	–	30	–	–	–	–	2,0	3,0
5	40	20	–	–	–	–	–	2,0	3,0
6	–	60	–	–	–	10	–	3,0	4,0
7	–	–	60	–	20		–	2,0	3,0
8	–	–	40	10	–	–	–	2,0	4,0
9	–	–	–	30	–	–	20	1,0	2,0
10	–	–	–	30	–	20	–	1,0	2,0

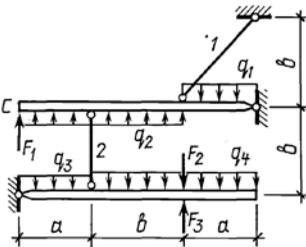
1



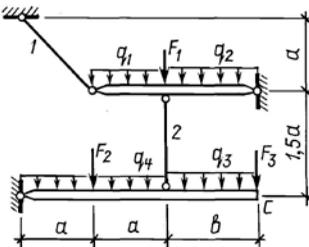
2



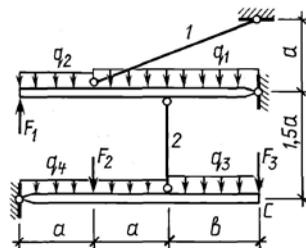
3



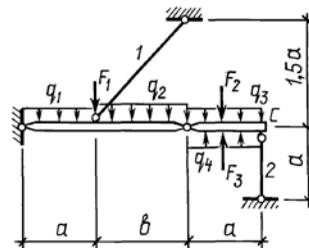
4



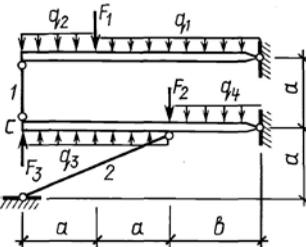
5



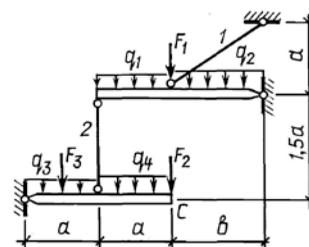
6



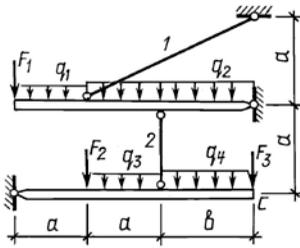
7



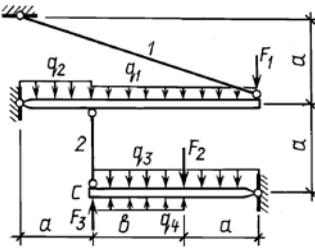
8



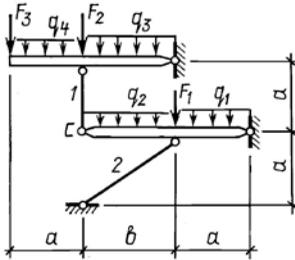
9



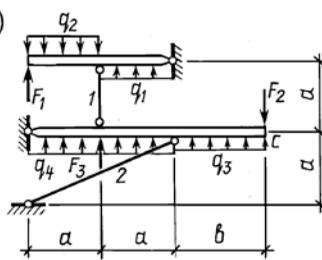
10



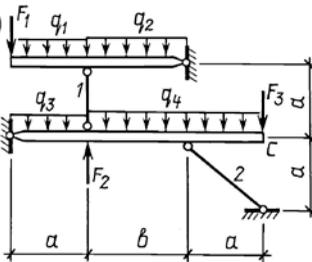
11



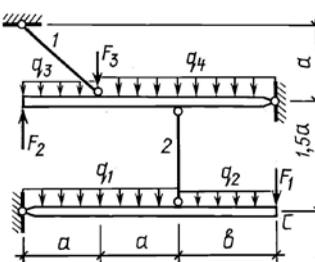
12



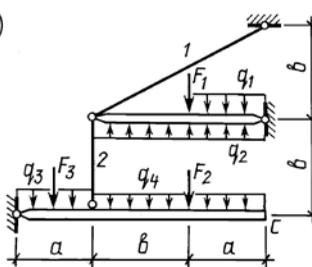
13



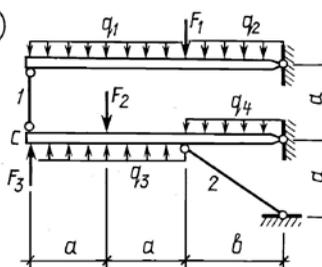
14



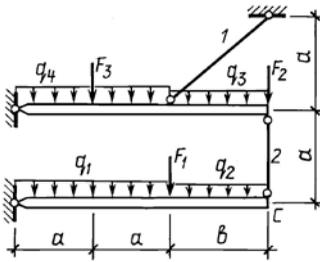
15



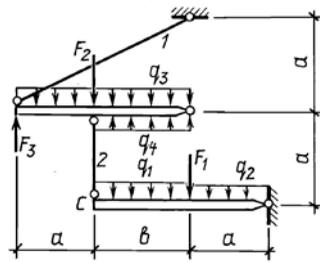
16



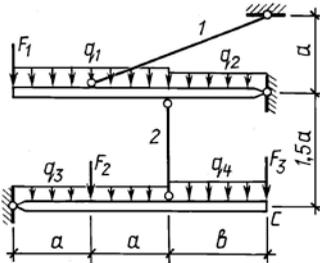
17



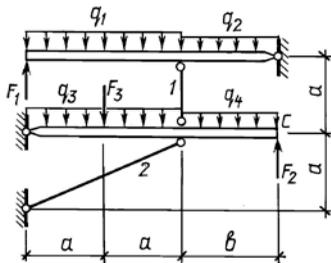
18



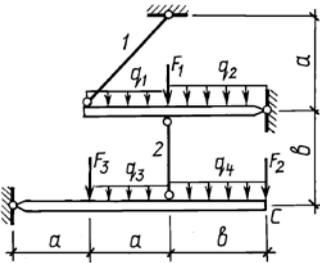
19



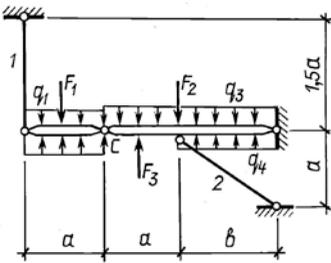
20



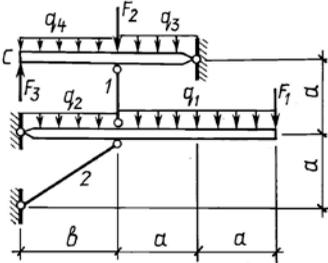
21



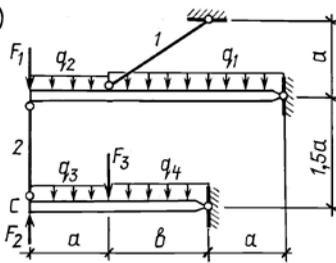
22

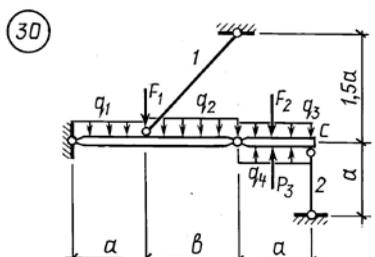
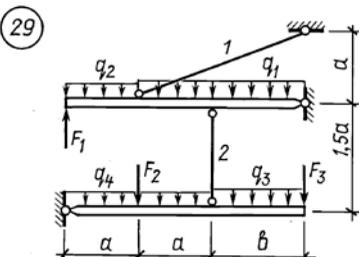
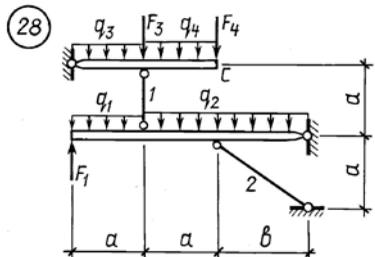
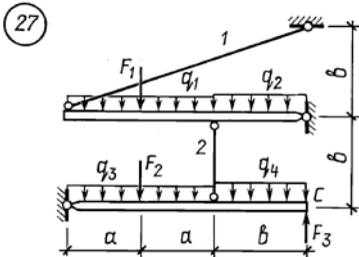
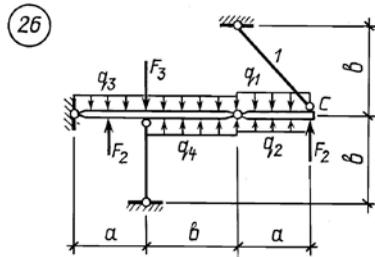
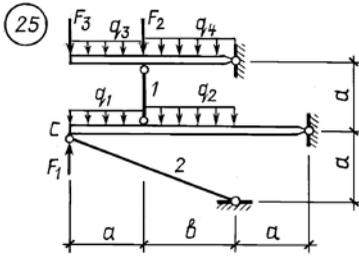


23



24





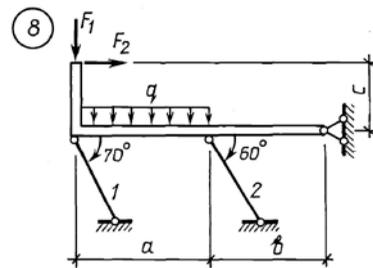
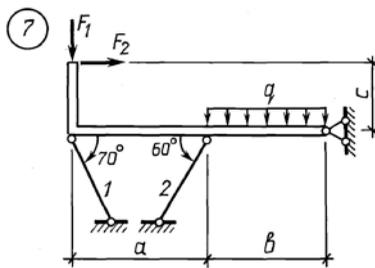
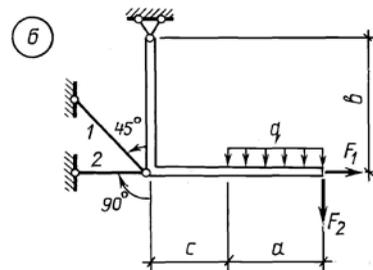
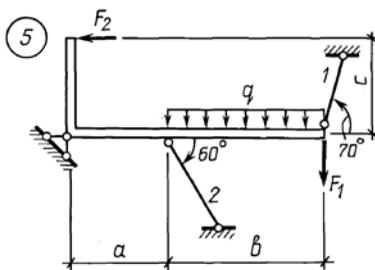
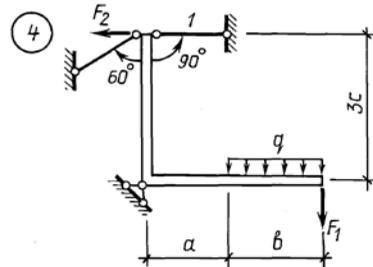
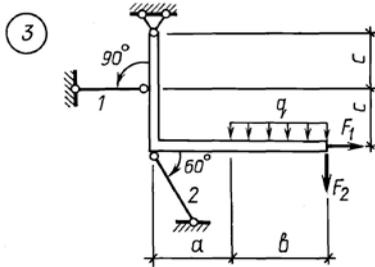
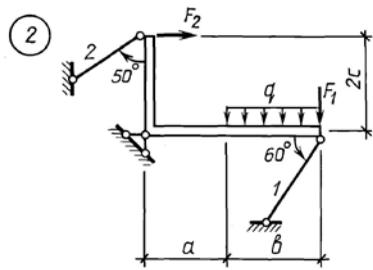
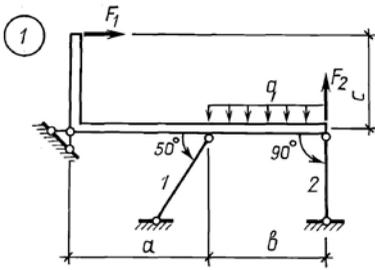
Задача 3

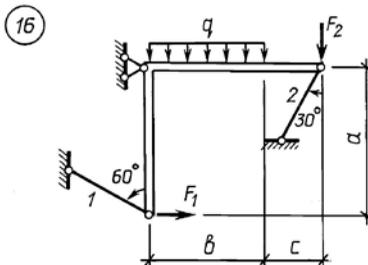
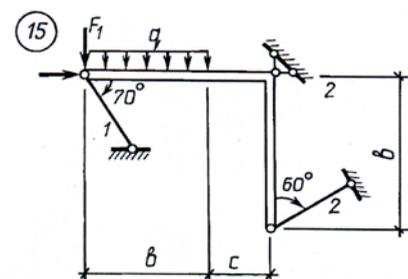
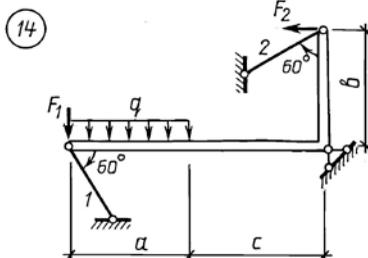
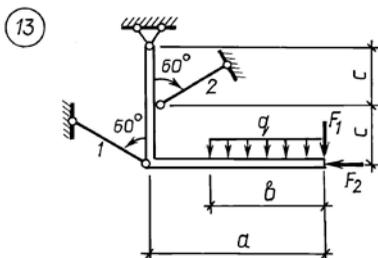
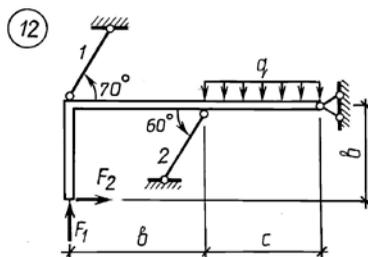
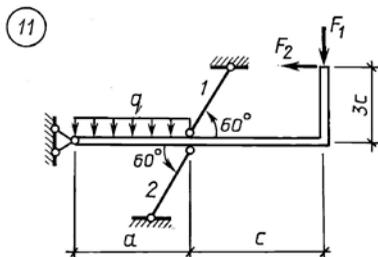
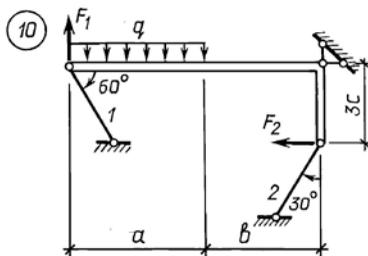
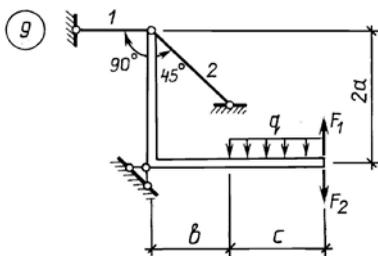
Система, состоящая из элементов большой жесткости и двух стальных стержней, нагружена расчетной нагрузкой. Расчетное сопротивление материала стержней $R = 210$ МПа.

Требуется: проверить прочность стержней.

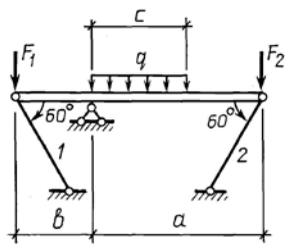
Таблица 3

№ п/п	Нагрузка			Длины, м					Площадь сечений, см ²	
	кН		кН/м	a	b	c	l_1	l_2	A_1	A_2
	F_1	F_2								
1	10	–	–	4,5	2,5	1,5	1	1,2	5	10
2	–	20	–	4,6	2,4	1	1,1	1,3	6	9
3	–	–	10	4,7	2,6	1,2	1	1,2	7	8
4	20	–	–	4,8	2,7	1,3	1,2	1	8	11
5	–	10	–	4,9	2,8	1,1	1,1	1,1	8	7
6	–	–	12	5	2,9	0,8	0,9	1,2	10	6
7	15	–	–	5,1	3	0,9	0,8	1,1	11	5
8	–	40	–	5,2	3,1	1	1	1,4	7	6
9	–	–	15	5,3	2,6	1,1	1,2	1,3	9	4
10	30	–	–	4,7	2,7	1,2	1,3	1	8	8

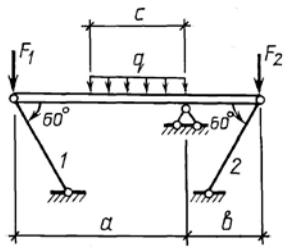




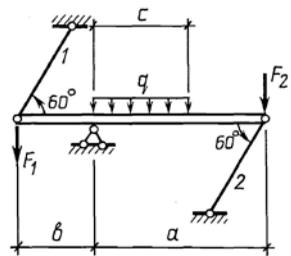
17



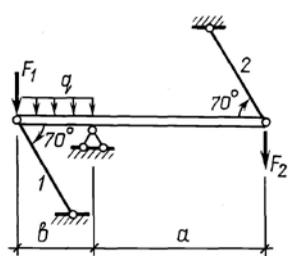
18



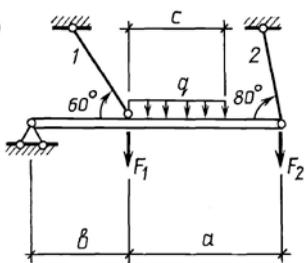
19



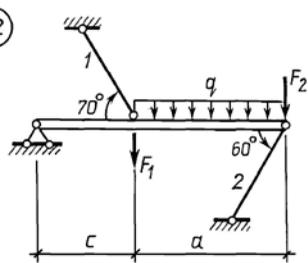
20



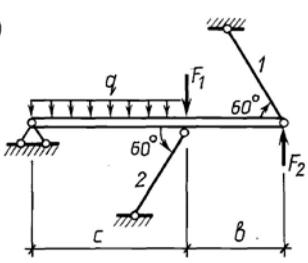
21



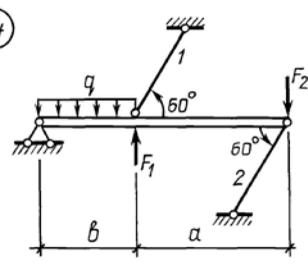
22



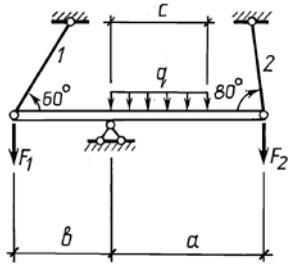
23



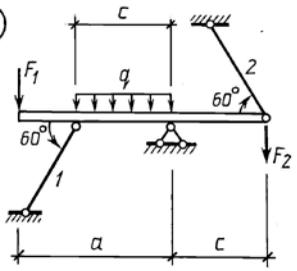
24



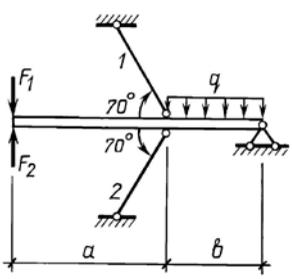
25



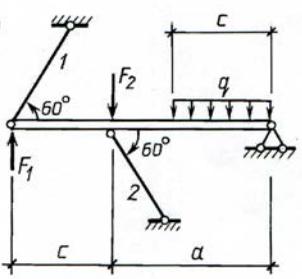
26



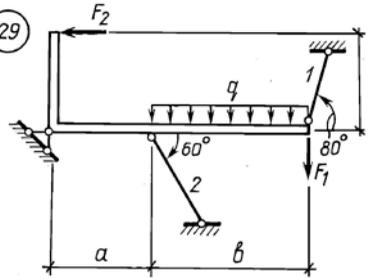
27



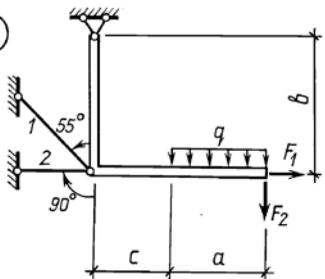
28



29



30



Задача 4

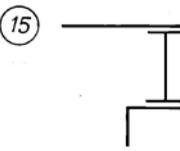
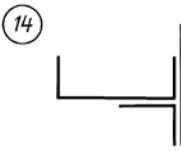
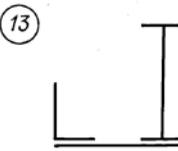
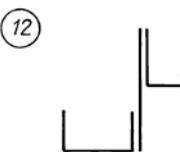
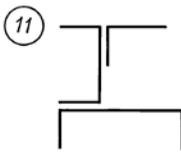
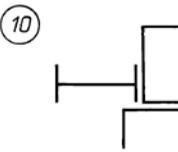
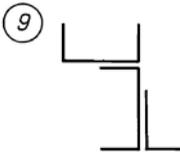
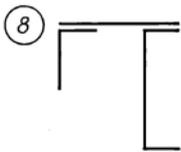
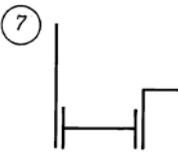
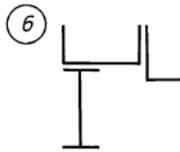
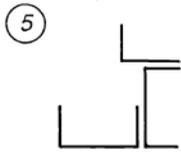
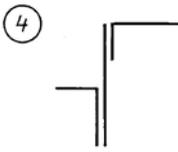
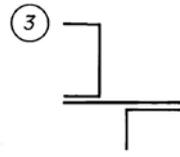
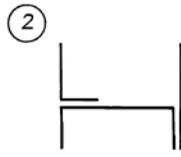
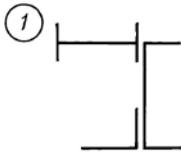
Для заданного сечения, состоящего из прямоугольников и прокатных профилей.

Требуется:

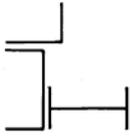
- 1) вычислить главные центральные моменты инерции;
- 2) вычертить сечение и показать все оси и размеры.

Таблица 4

№ п/п	Лист, см		Уголок рав- ногокий, мм	Уголок нерав- ногокий, мм	Двутавр	Швеллер
	<i>h</i>	<i>b</i>				
1	18	1,4	80×80×6	–	16	22
2	18	1,6	–	90×56×6	18	22
3	20	1,8	100×100×8	–	18	20
4	22	2,0	–	125×80×8	20	20а
5	24	2,2	125×125×10	–	20	18
6	16	2,4	–	100×63×7	22	18а
7	18	1,4	90×90×7	–	22	16
8	20	1,6	–	90×56×6	24	18
9	22	1,8	100×100×8	–	24	18а
10	24	2,0	–	125×80×10	16	20



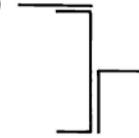
16



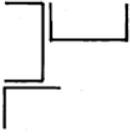
17



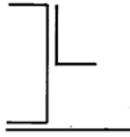
18



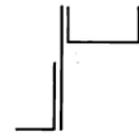
19



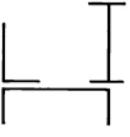
20



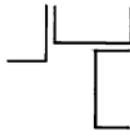
21



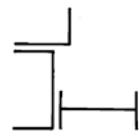
22



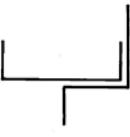
23



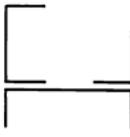
24



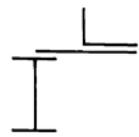
25



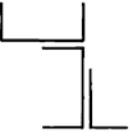
26



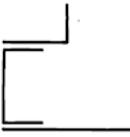
27



28



29



30



Задача 5

Стальной вал круглого поперечного сечения нагружен скручивающими моментами. Расчетное сопротивление материала вала сдвигу $R_c = 130$ МПа, а модуль сдвига $G = 80$ ГПа.

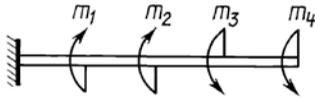
Требуется:

- 1) построить эпюры внутренних усилий (крутящих моментов);
- 2) подобрать диаметр вала;
- 3) построить эпюру напряжений;
- 4) построить эпюру угла закручивания;
- 5) построить эпюру относительных углов закручивания.

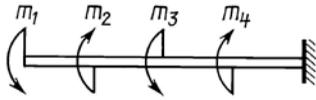
Таблица 5

№ п/п	Длина участков, м			Моменты, кН·м				[θ], градус
	a	b	c	m_1	m_2	m_3	m_4	
1	1,1	1,7	0,4	10	17	9	26	2,0
2	1,2	1,0	0,9	33	8	25	7	1,5
3	1,3	0,8	1,1	5	18	8	25	1,0
4	1,4	1,6	0,8	4	9	24	7	2,5
5	1,5	0,9	0,7	6	19	10	24	3,0
6	0,6	1,4	1,2	32	9	23	8	1,6
7	0,7	1,7	0,9	4	18	10	27	2,7
8	0,8	0,5	1,9	13	10	22	7	3,0
9	0,9	1,3	1,6	4	20	9	26	1,2
10	1,0	0,6	1,8	30	11	23	6	2,4

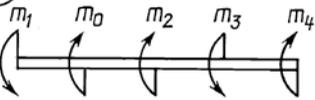
1



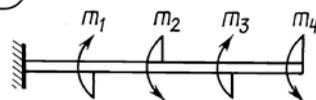
2



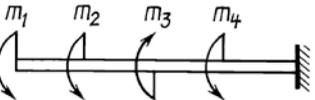
3



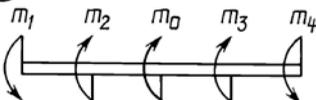
4



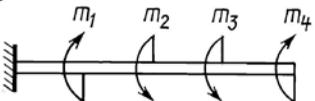
5



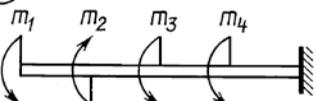
6



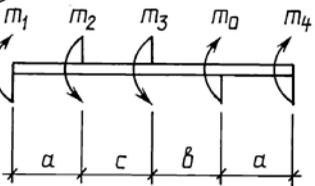
7



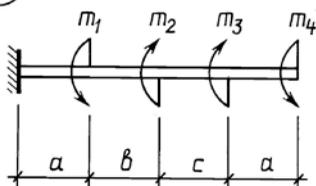
8

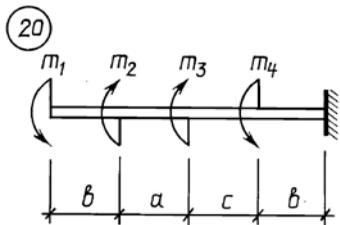
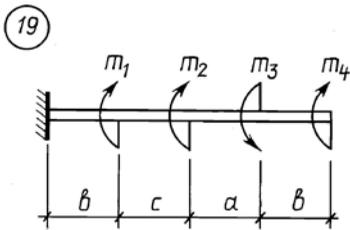
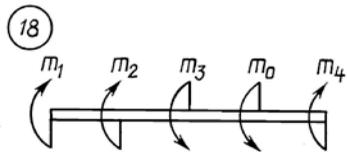
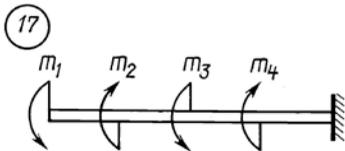
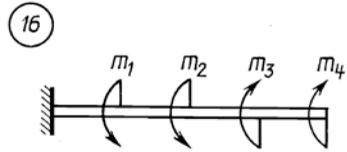
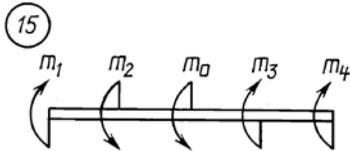
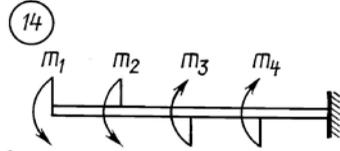
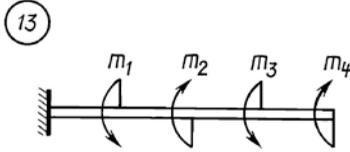
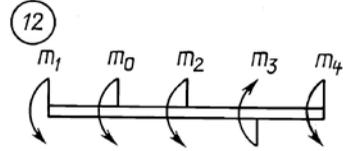
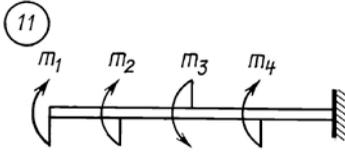


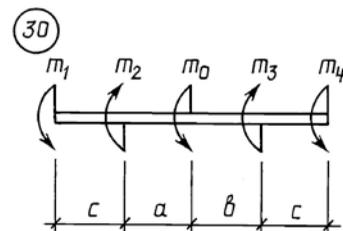
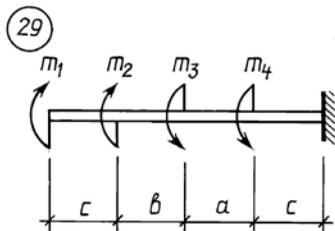
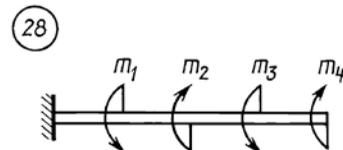
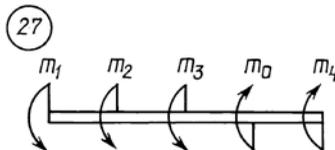
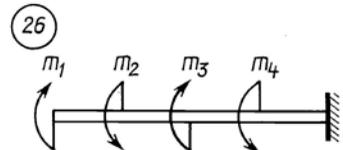
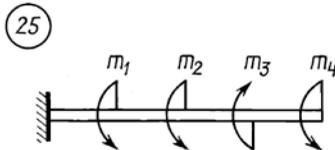
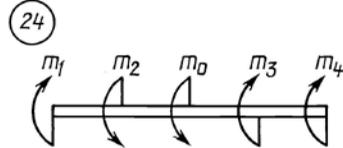
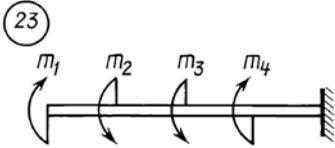
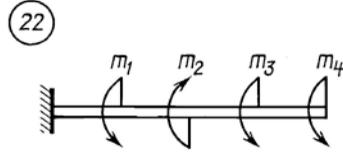
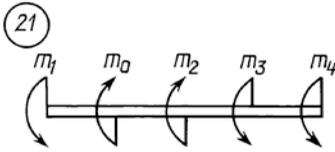
9



10







Задача 6

Для заданных схем требуется:

- 1) построить эпюры внутренних усилий (поперечных сил и изгибающих моментов);
- 2) для балок выполнить расчет на прочность:
 - а) для консольной балки подобрать двутавровое сечение из прокатных профилей;
 - б) для простой балки подобрать сечение из двух швеллеров из прокатных профилей;
 - в) для одноконсольной балки подобрать круглое сечение из древесины;
 - г) для двухконсольной балки подобрать прямоугольное сечение из древесины при соотношении сторон $h/b = 1,4$;
 - д) для составной балки (балки с промежуточным шарниром) проверить прочность двутавра № 24.

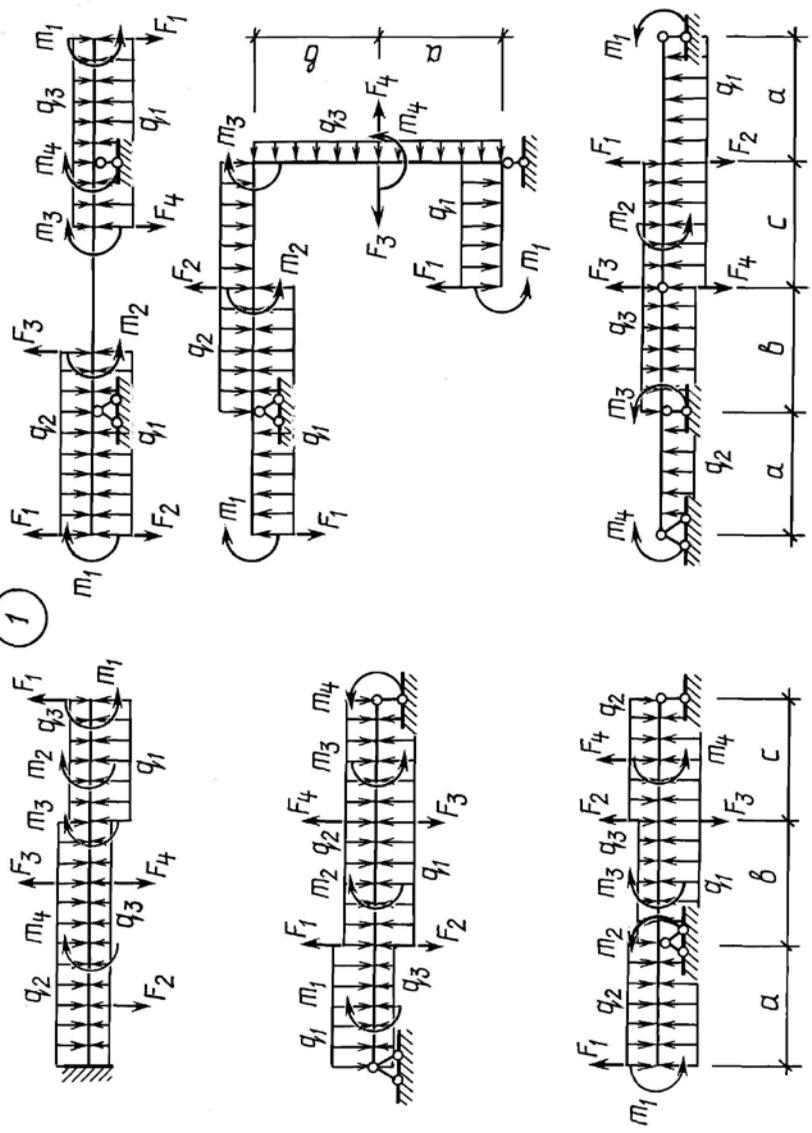
Принять расчетное сопротивление:

- 1) для стали $R = 210$ МПа; $R_c = 130$ МПа;
- 2) для древесины $R = 16$ МПа; $R_c = 2$ МПа.

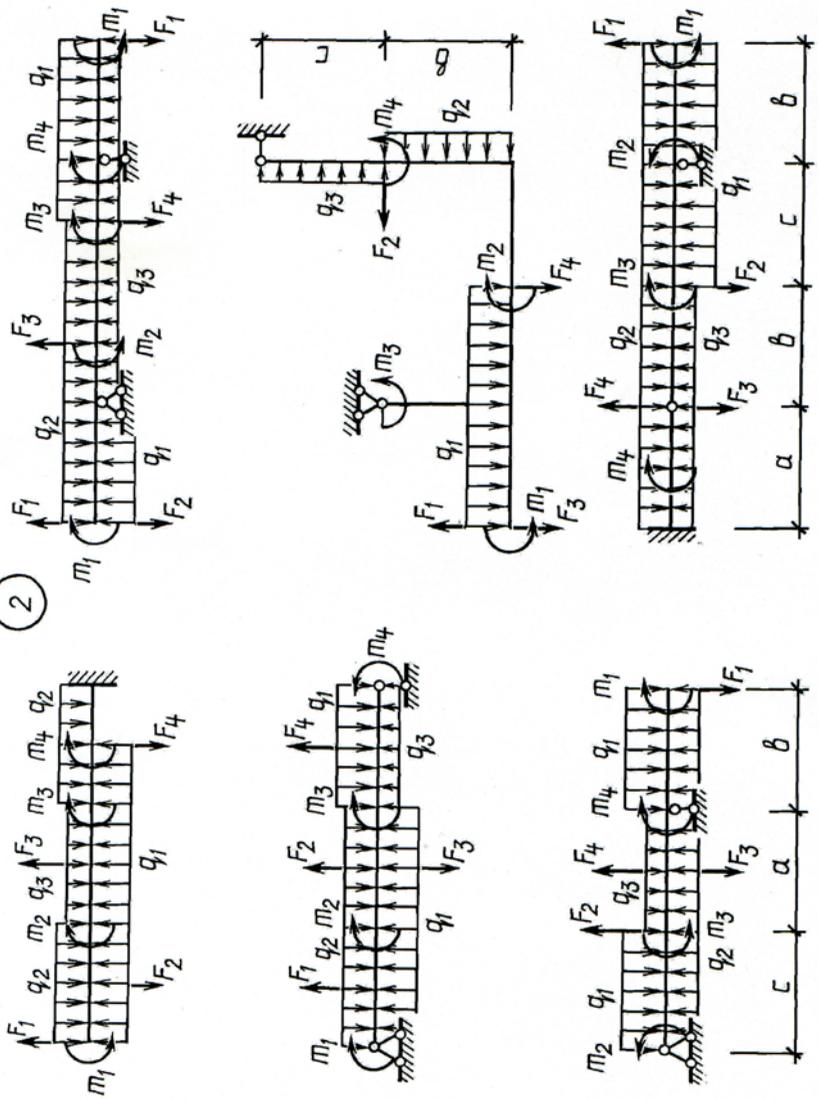
Таблица 6

№ п/п	Размеры			Нагрузки			Индекс нагрузки		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>q</i>	<i>F</i>	<i>m</i>	<i>q</i>	<i>F</i>	<i>m</i>
	м			кН/м	кН	кН·м			
1	2,0	1,6	2,4	16	10	32	1	4	2
2	1,6	2,0	2,0	12	10	24	2	1	2
3	2,4	2,0	1,6	10	20	20	1	2	1
4	2,0	1,6	2,0	8	16	16	3	1	4
5	1,6	2,0	2,4	12	16	24	1	3	2
6	2,0	2,4	1,6	8	24	16	2	2	1
7	2,4	2,0	2,4	16	10	32	1	4	3
8	2,0	2,4	2,0	12	16	24	3	3	1
9	2,0	2,0	1,6	6	20	12	1	1	1
10	1,6	2,0	2,4	10	20	20	2	3	1

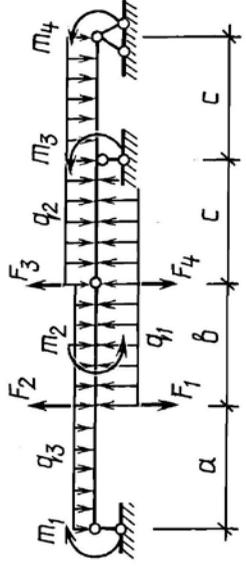
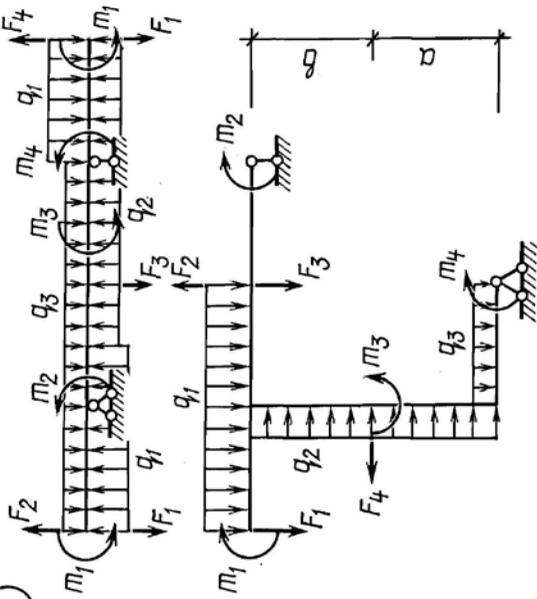
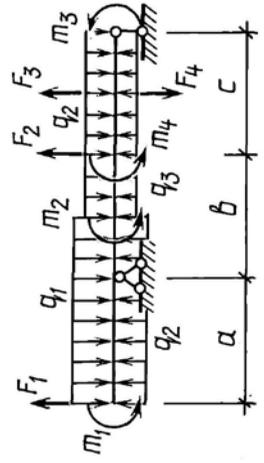
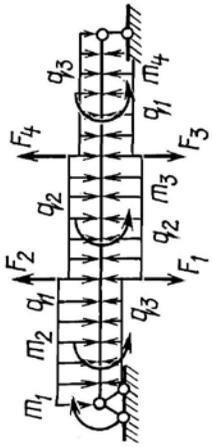
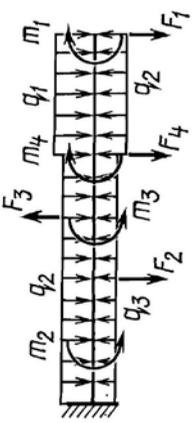
1



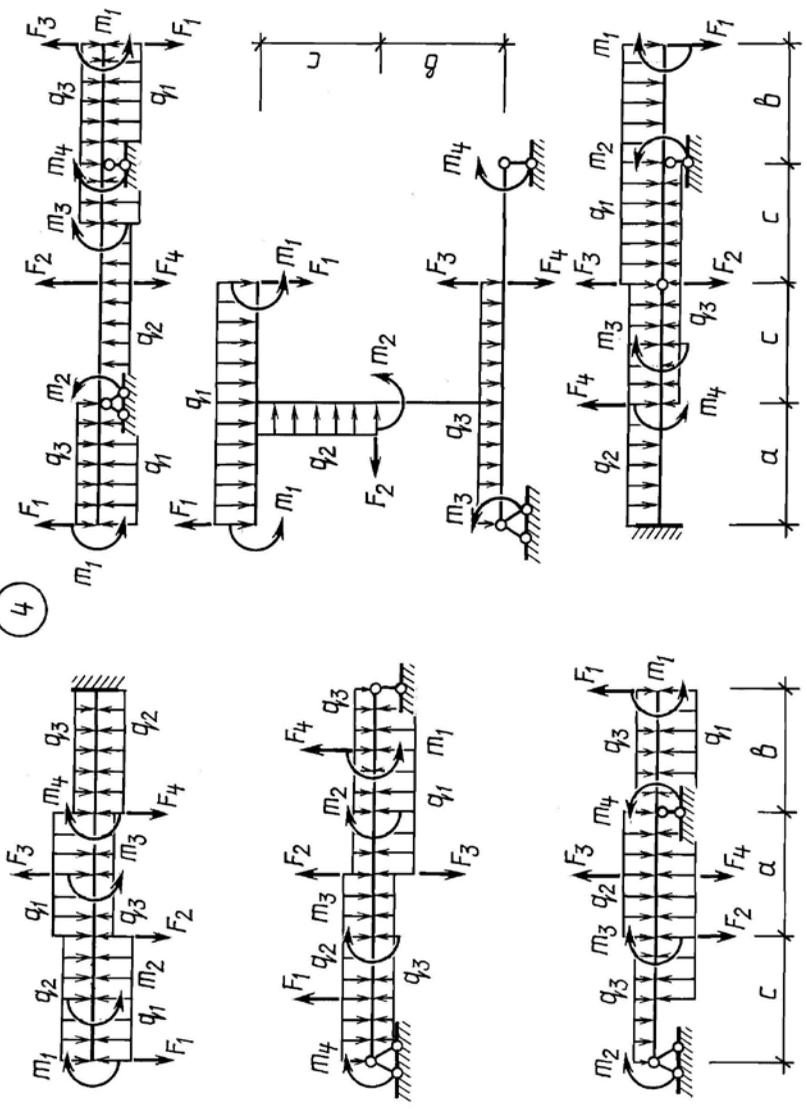
2



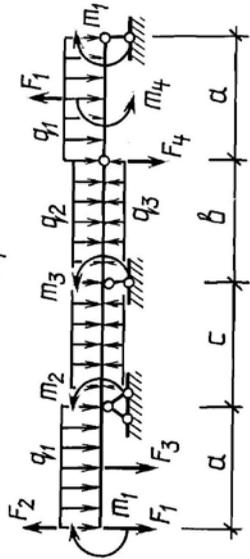
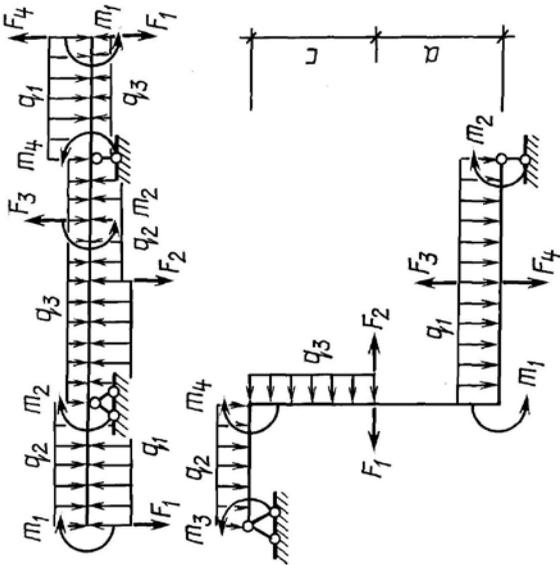
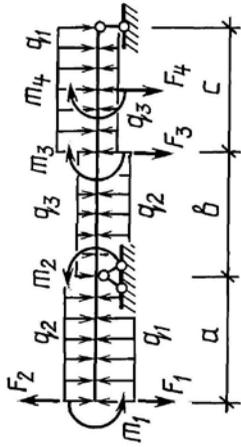
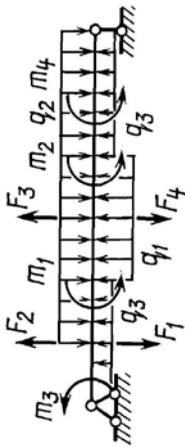
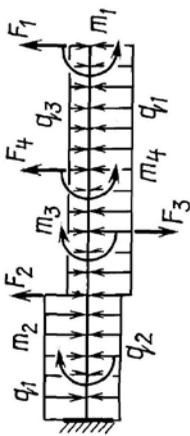
3



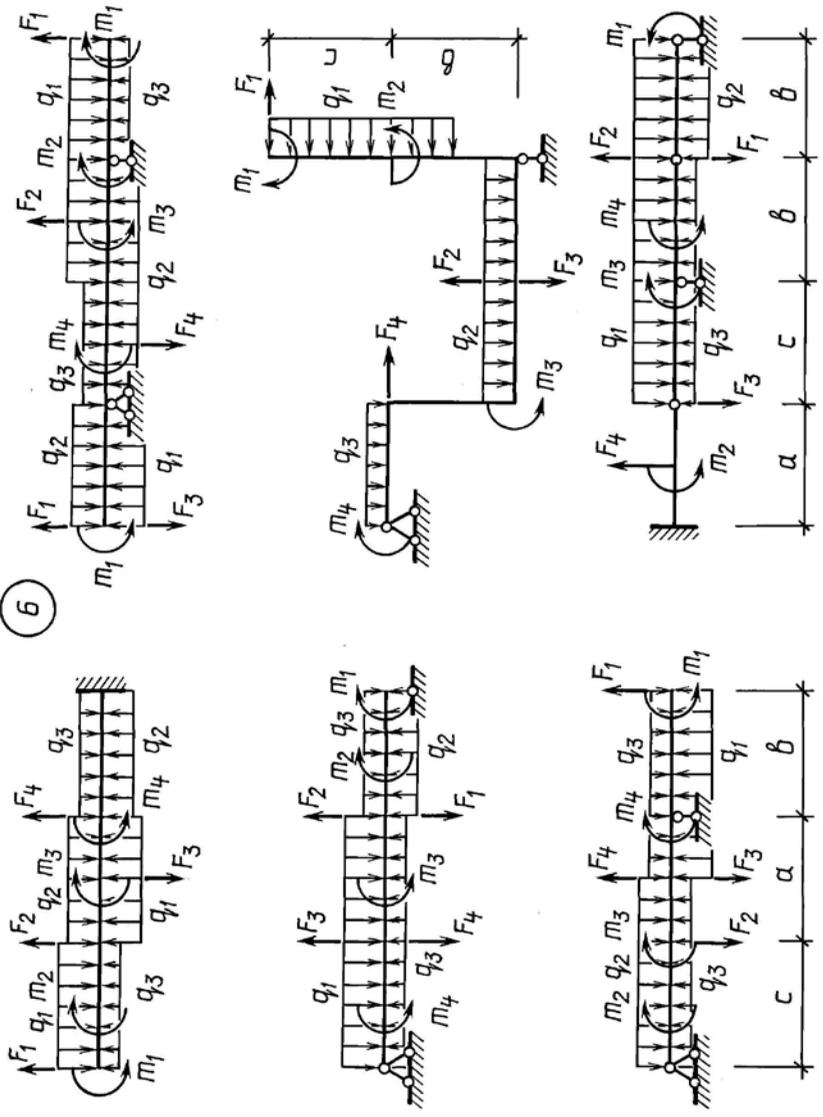
4



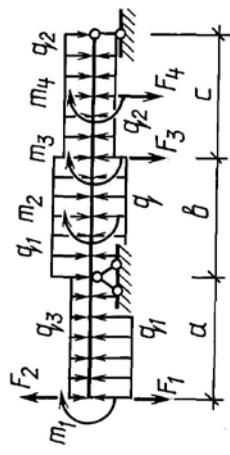
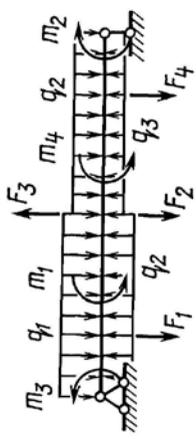
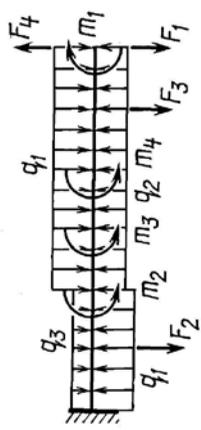
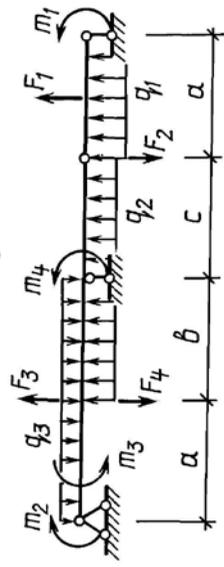
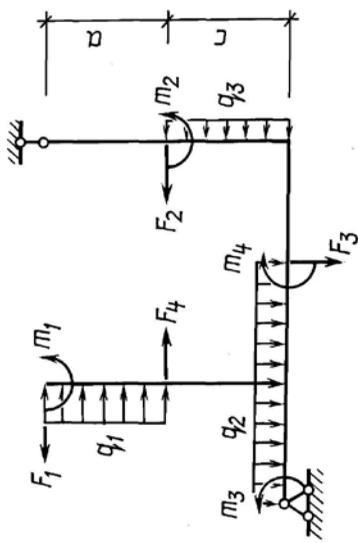
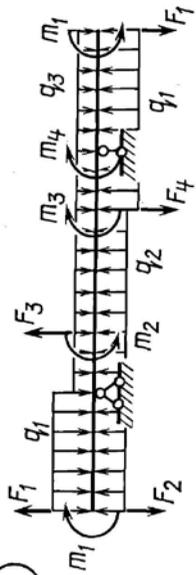
5



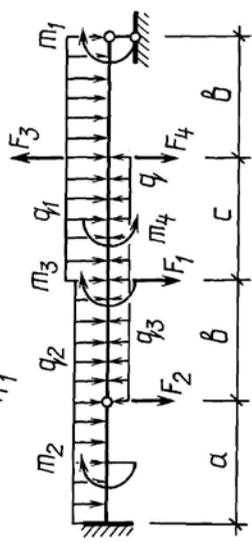
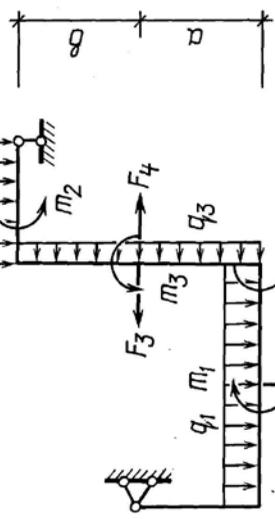
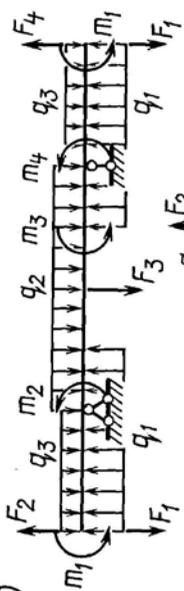
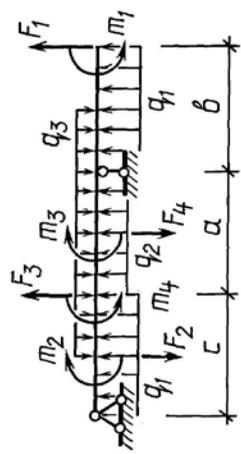
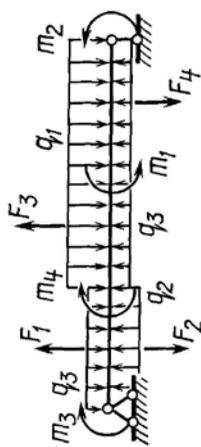
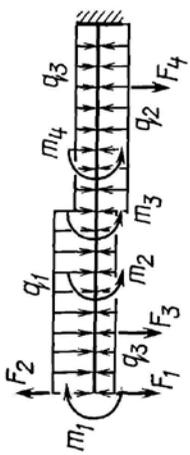
6



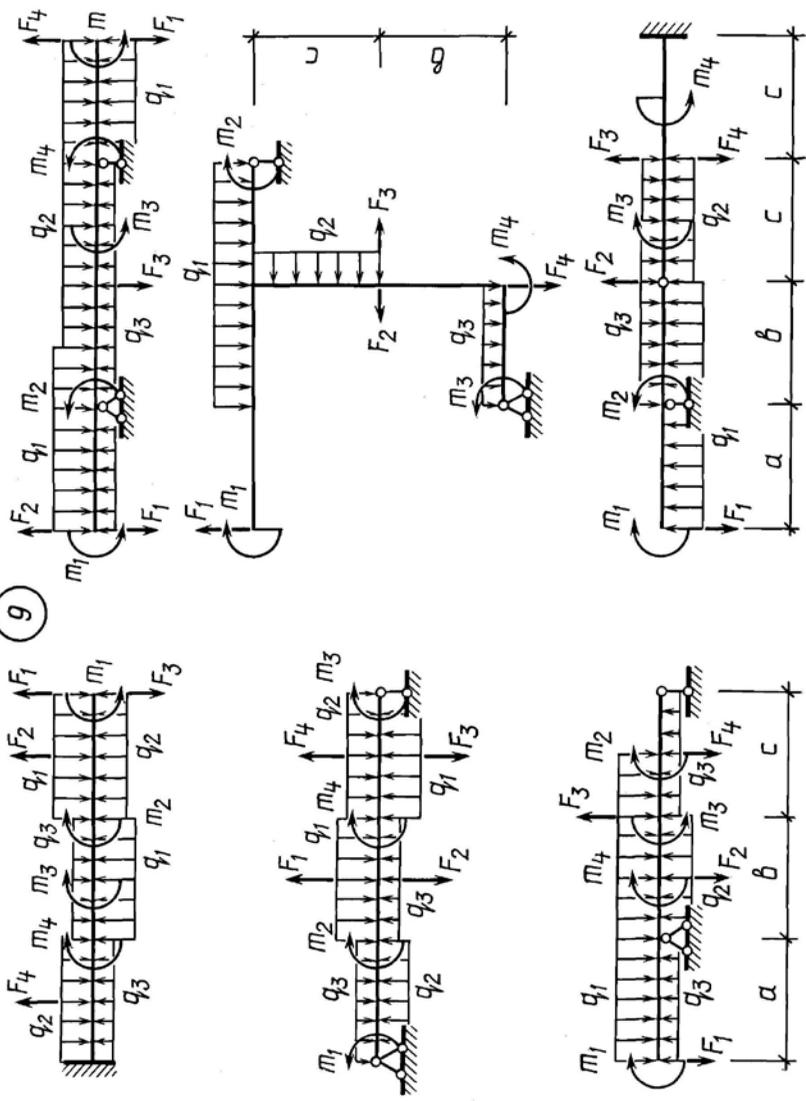
7



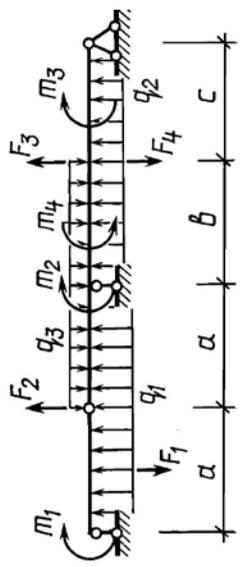
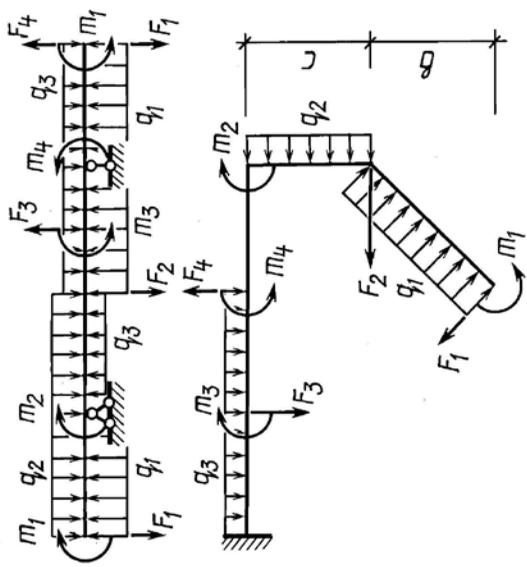
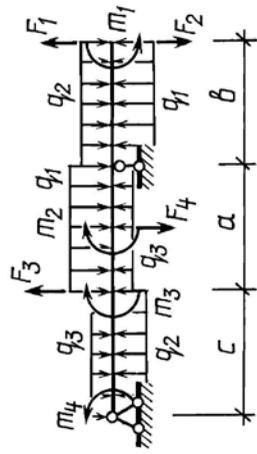
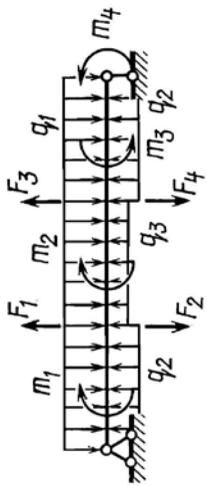
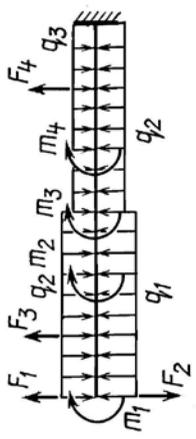
8



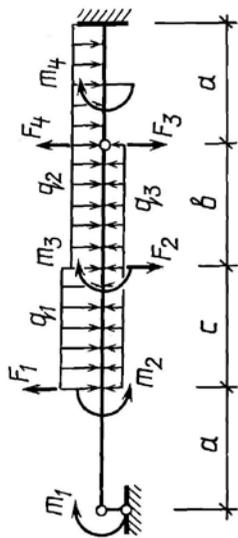
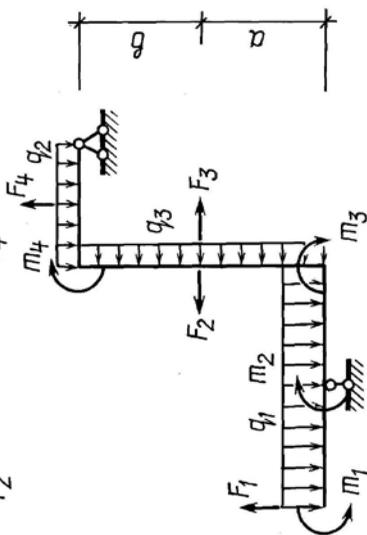
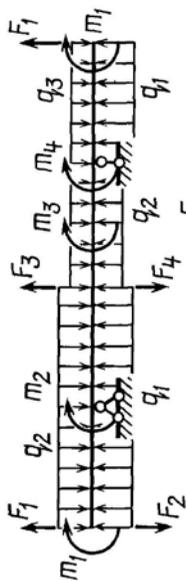
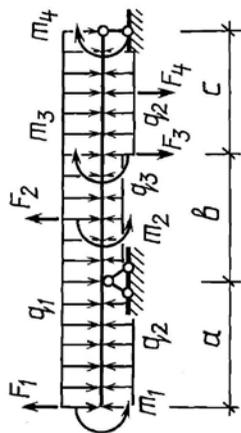
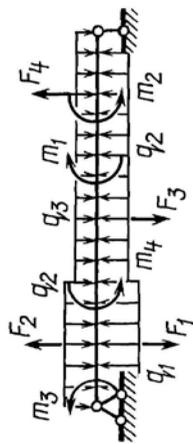
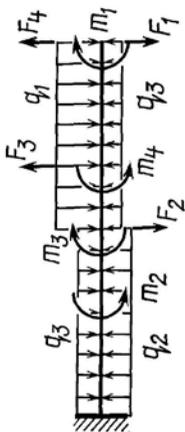
9



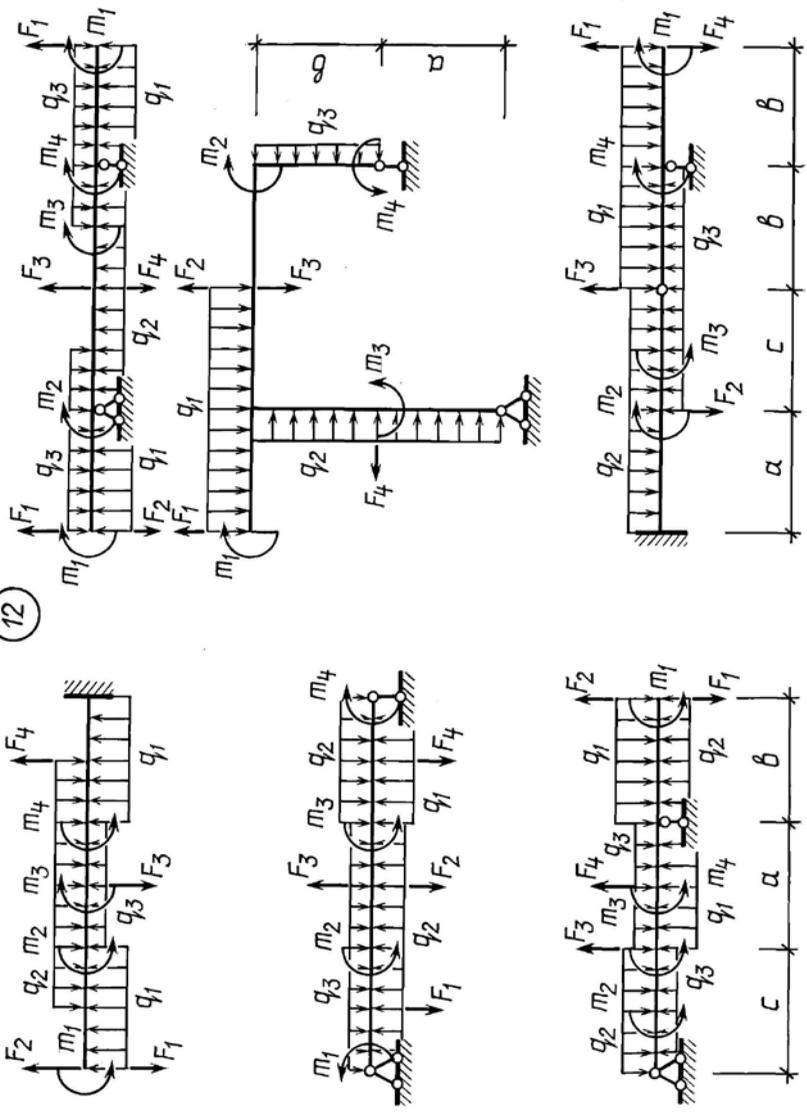
10



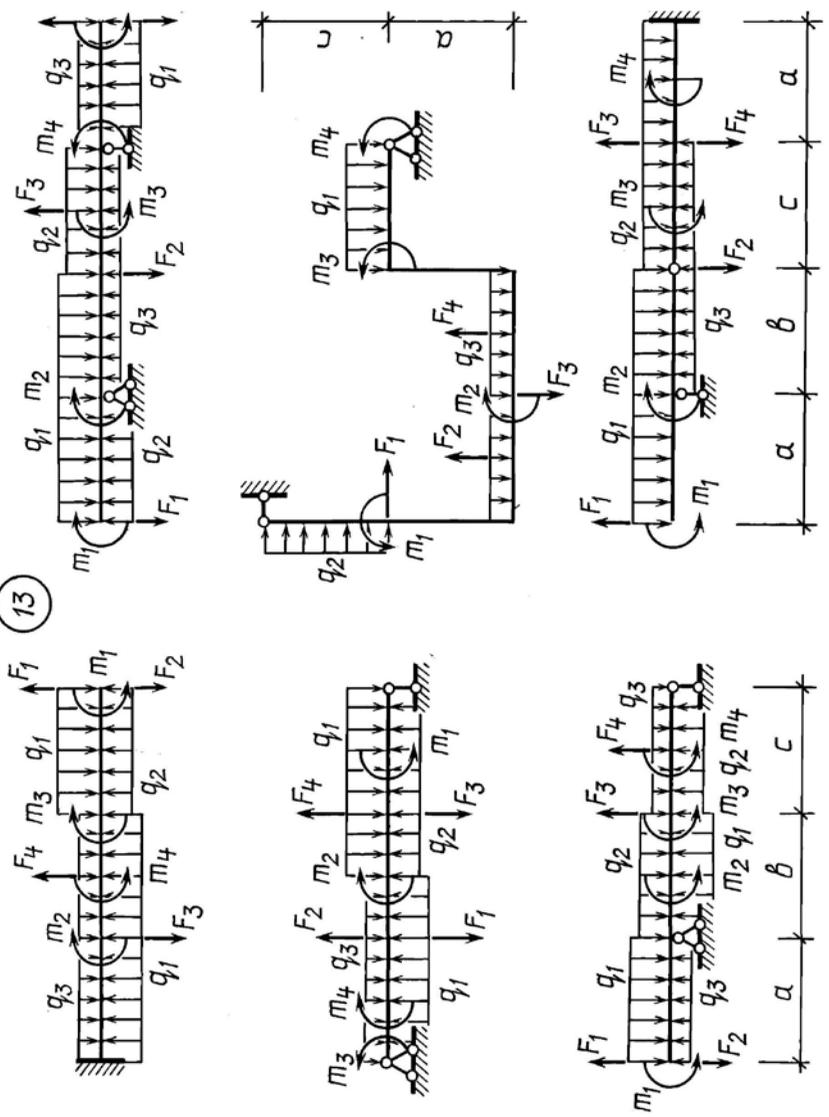
11



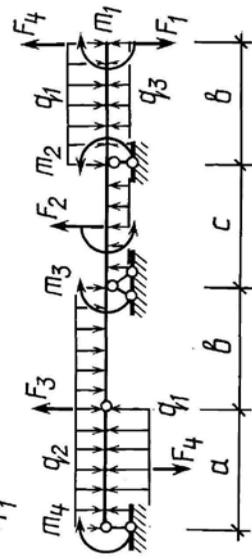
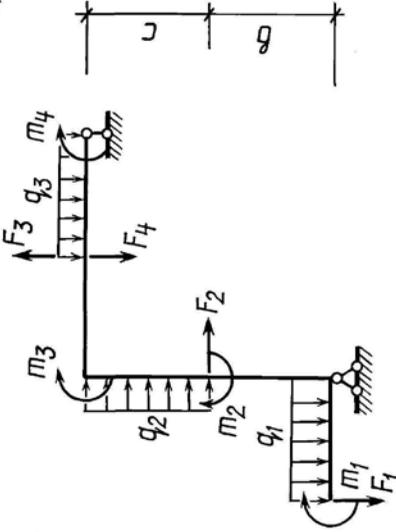
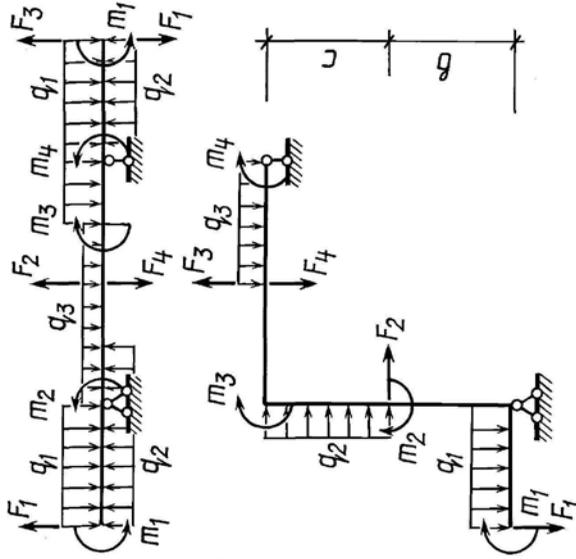
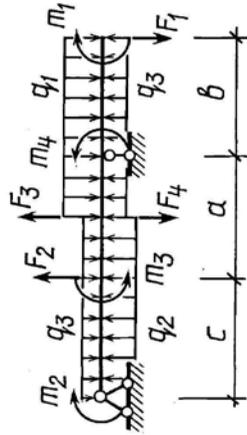
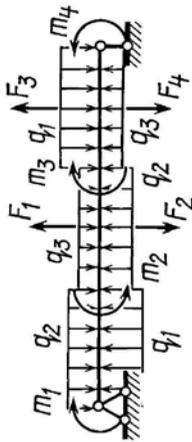
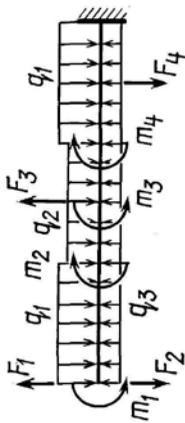
12



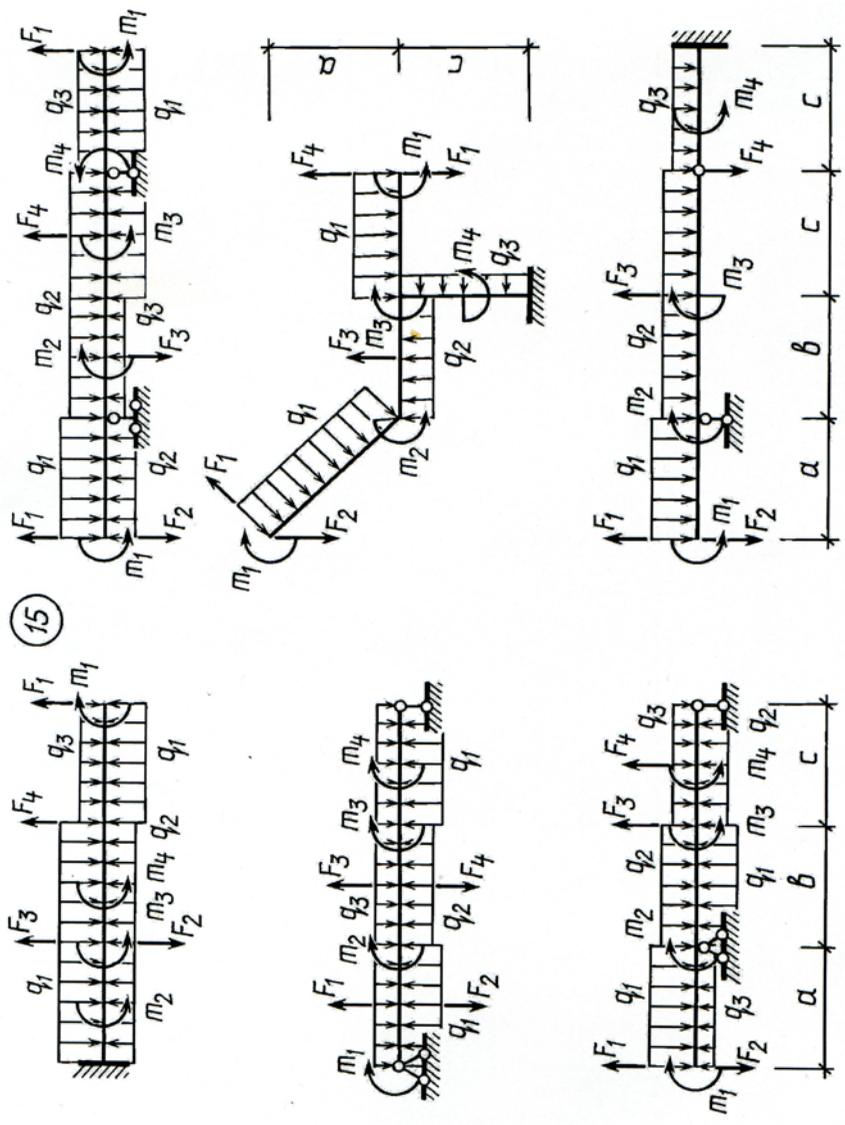
13



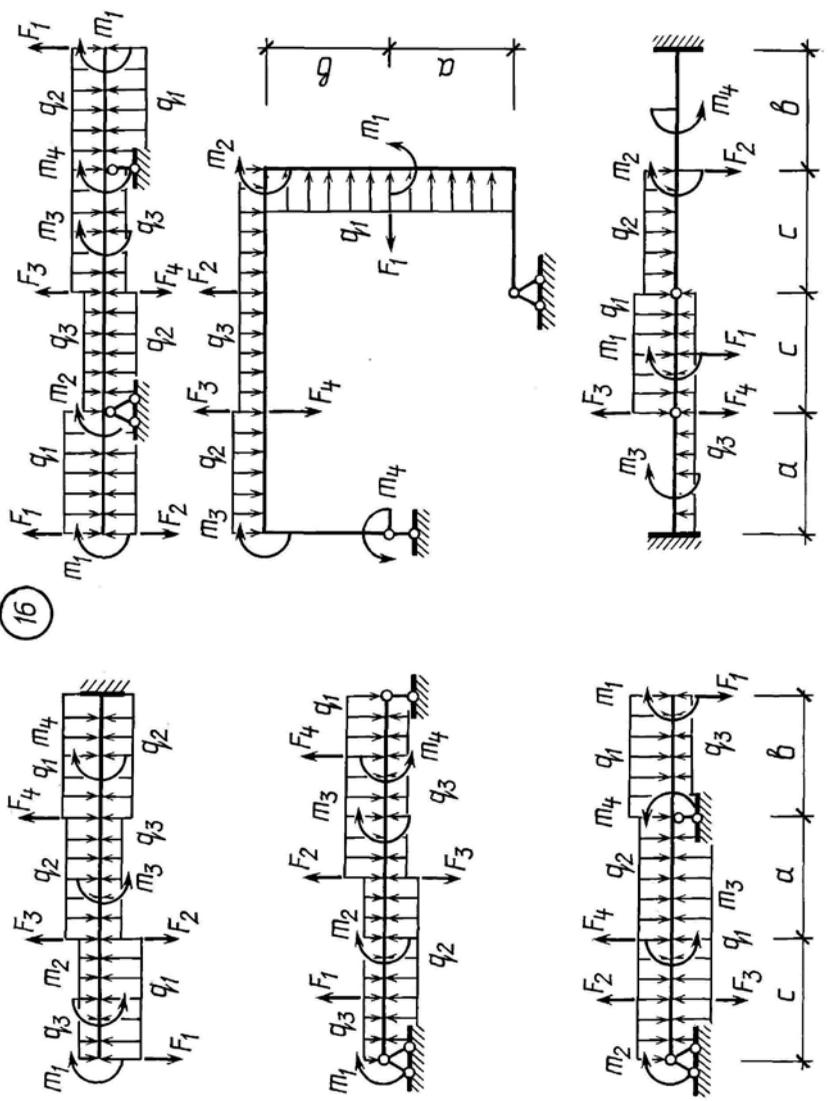
14



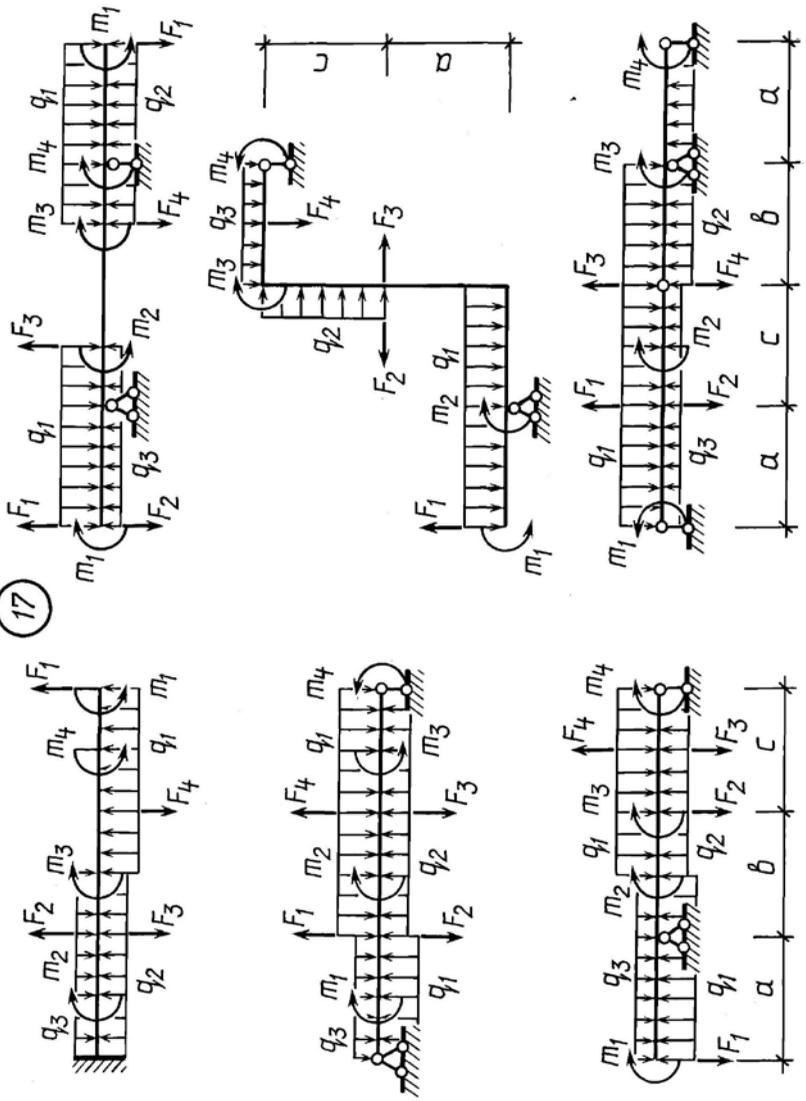
15



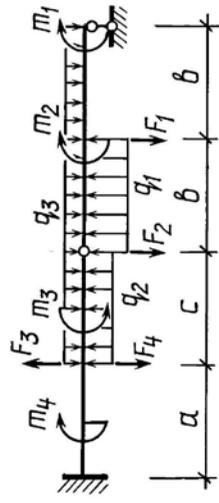
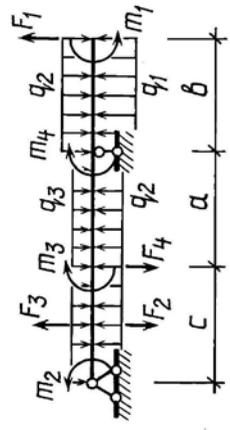
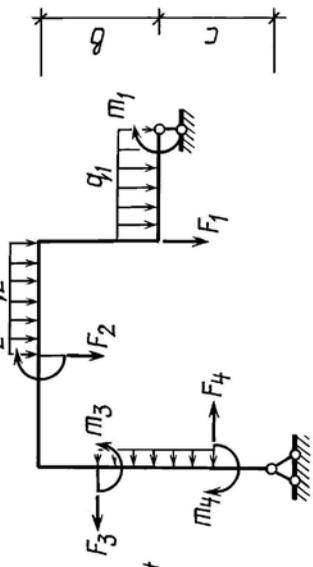
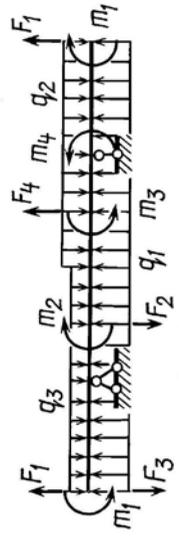
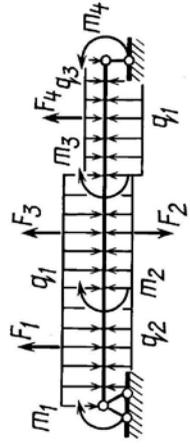
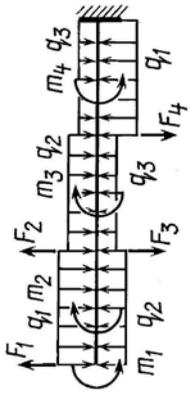
16



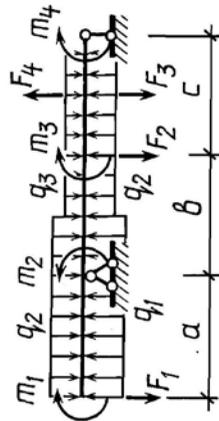
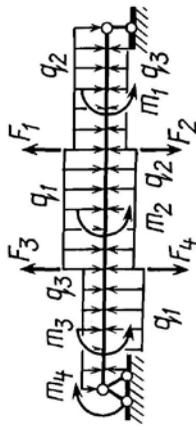
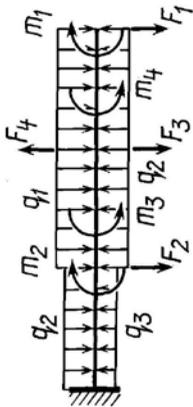
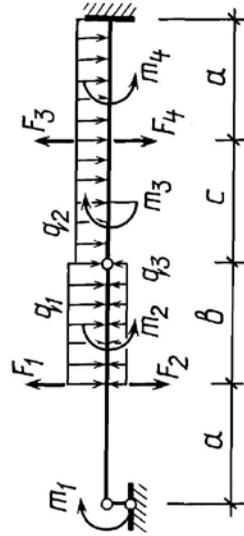
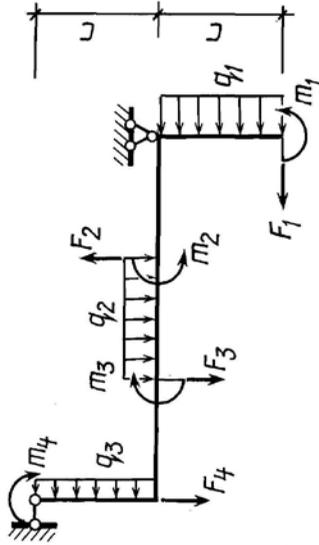
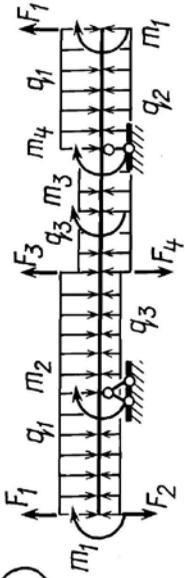
17



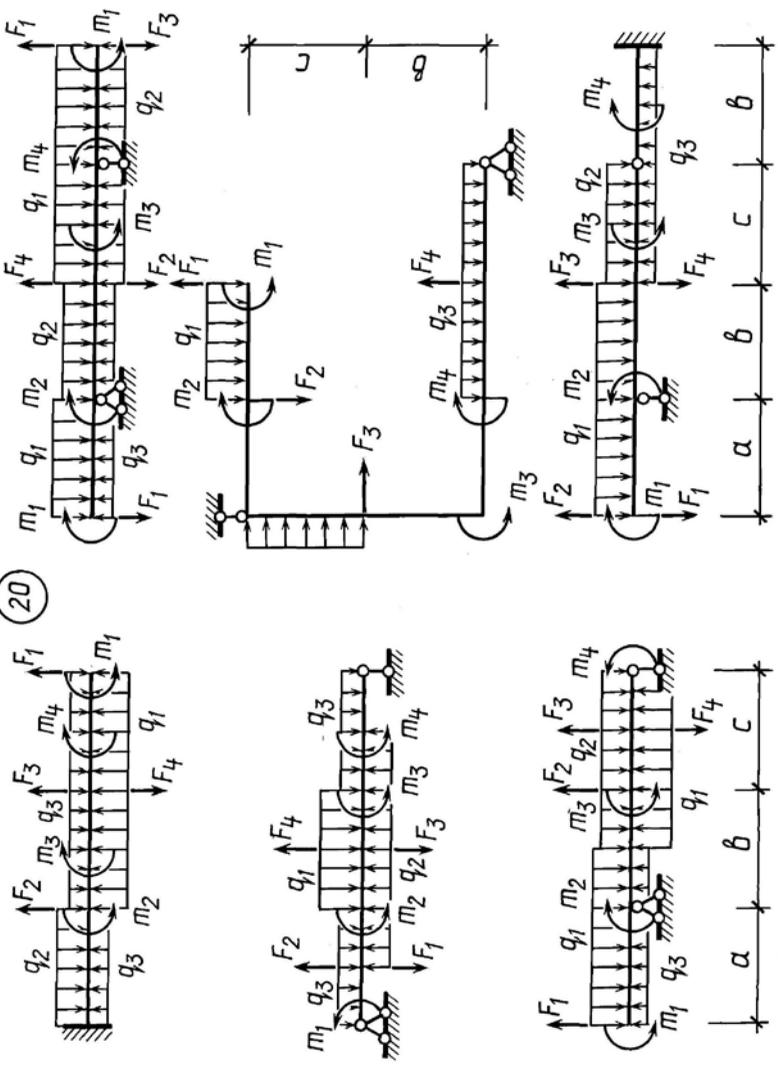
18

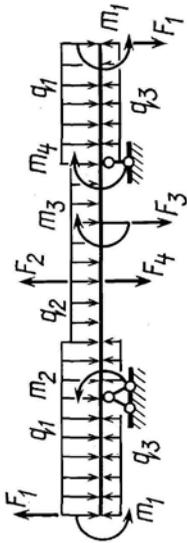


19

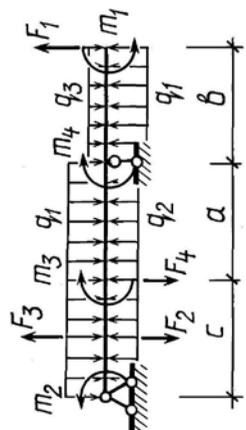
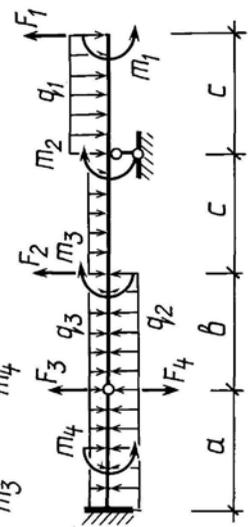
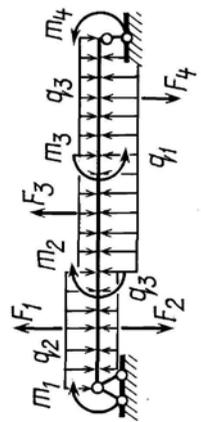
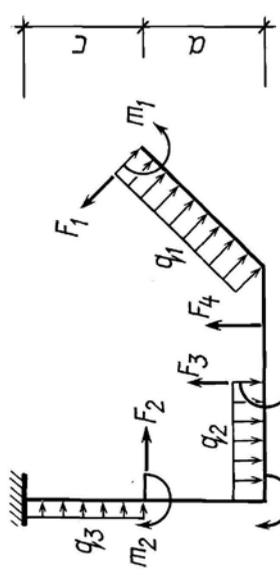
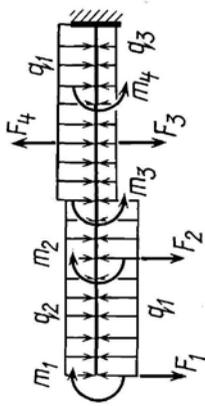


20

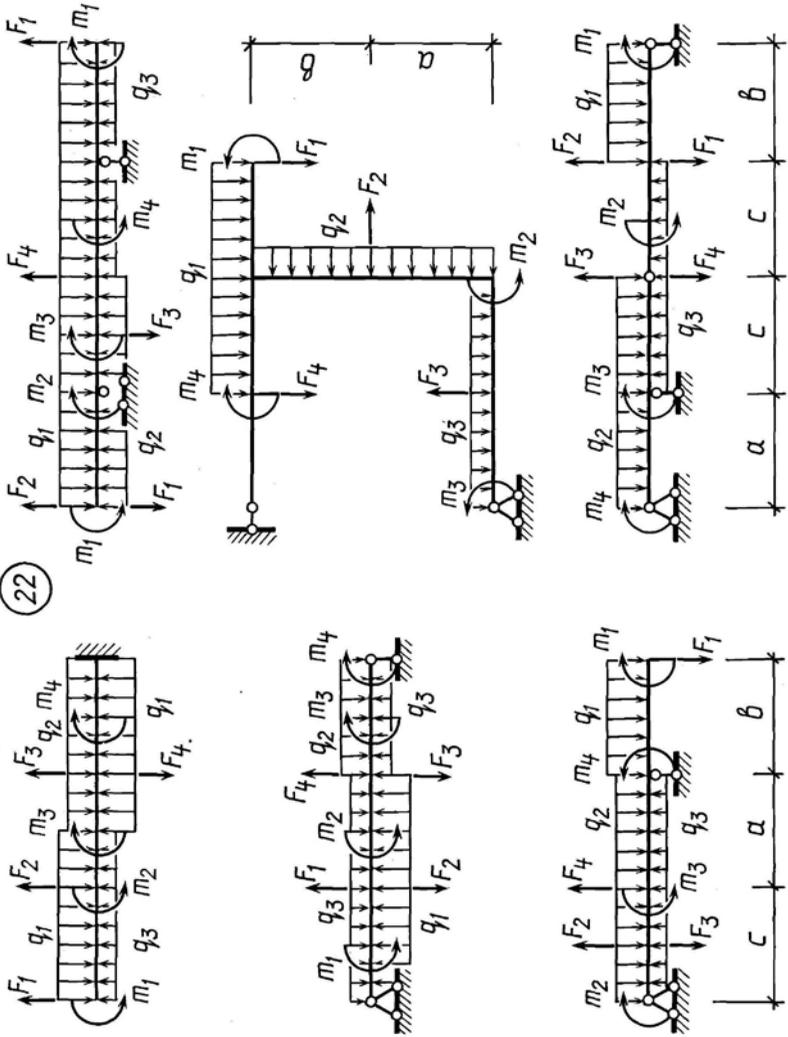




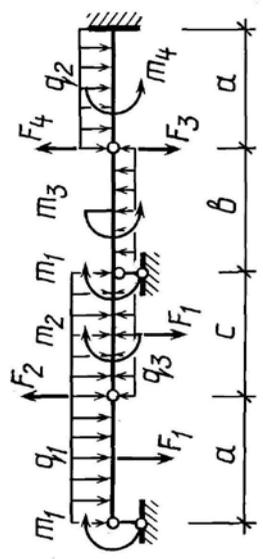
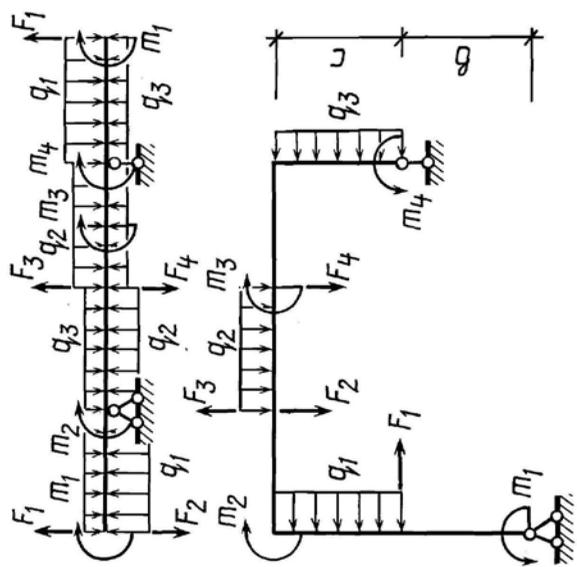
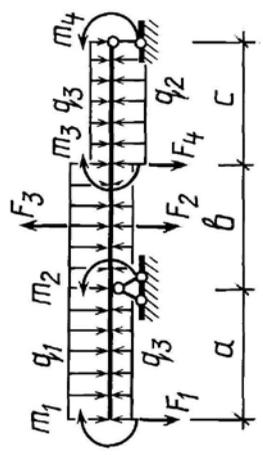
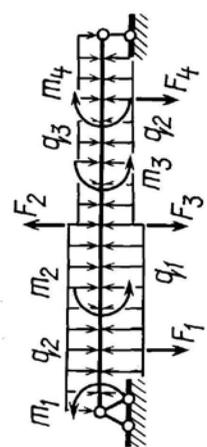
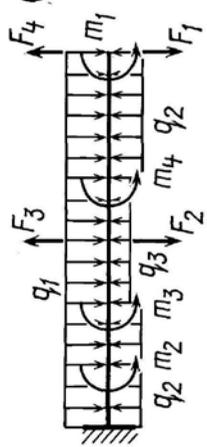
21

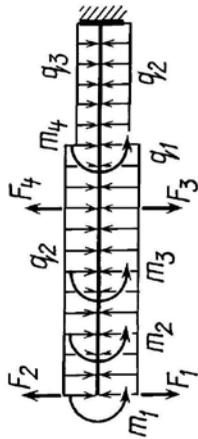


22

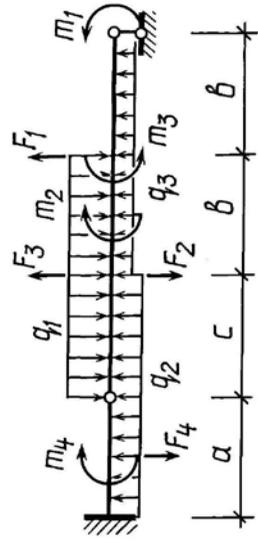
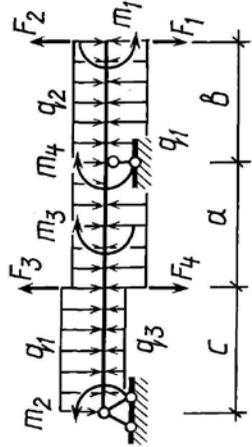
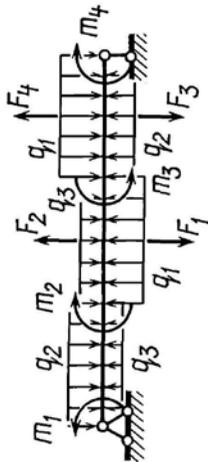
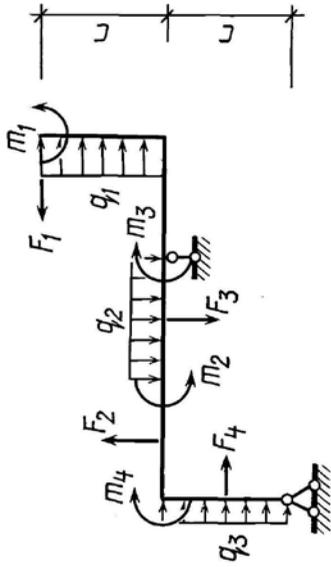
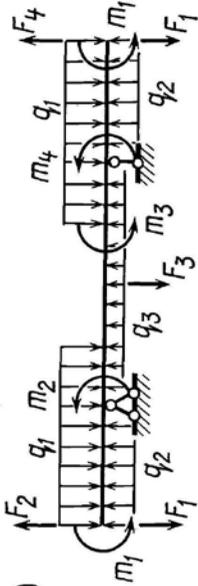


23

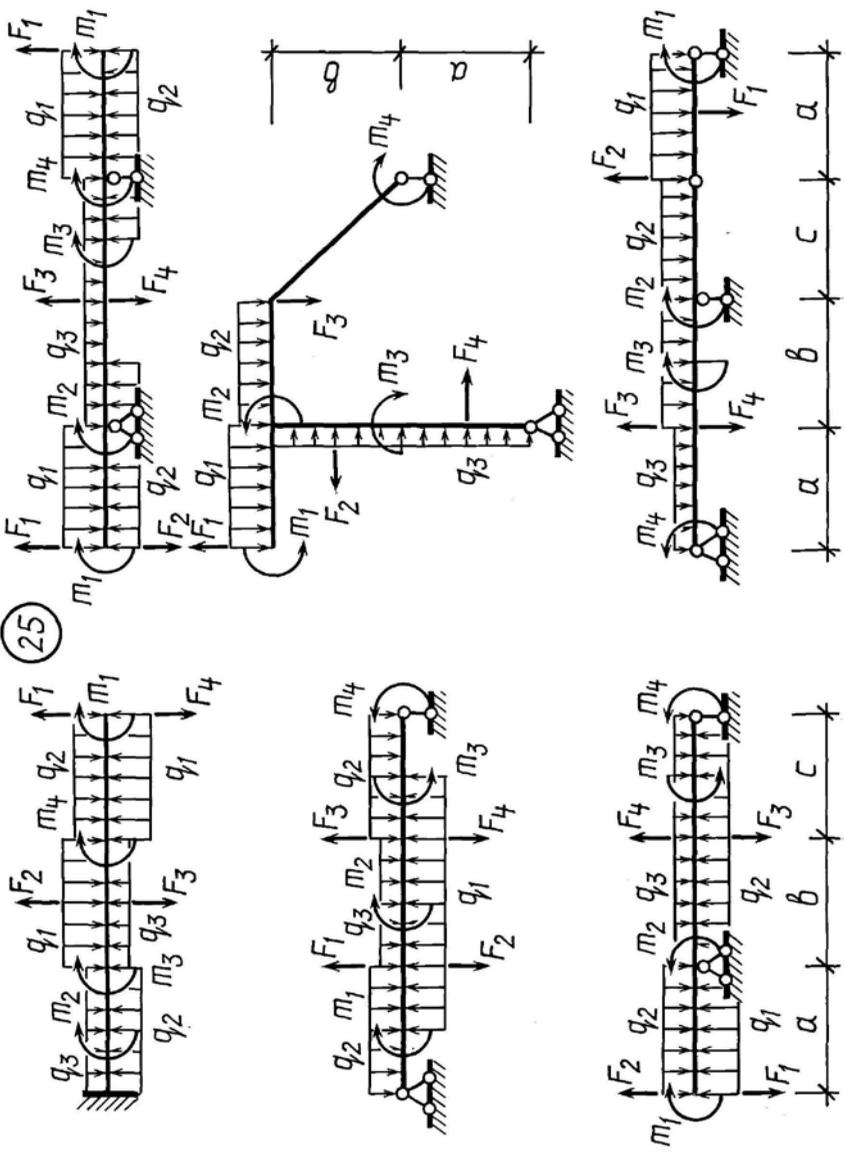




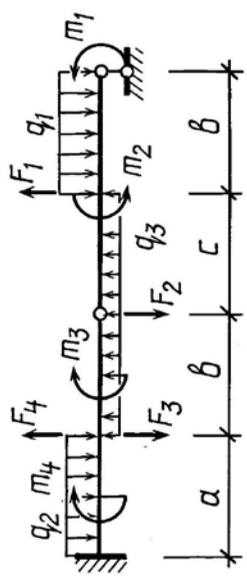
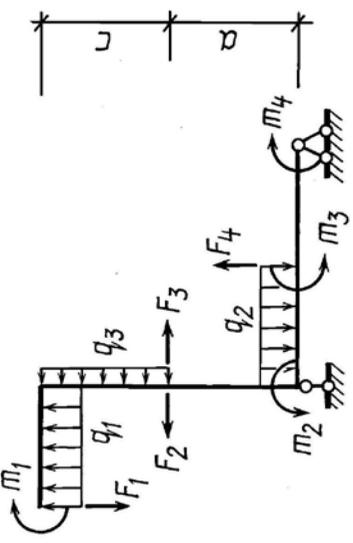
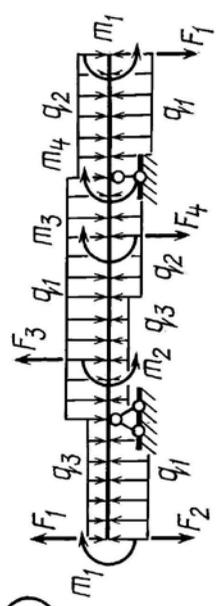
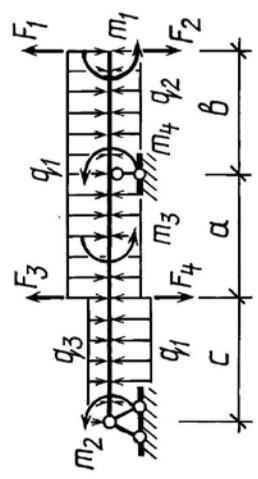
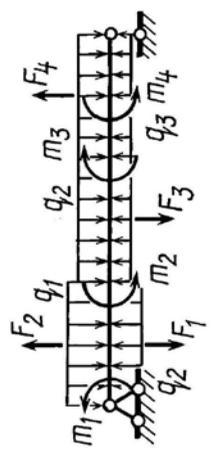
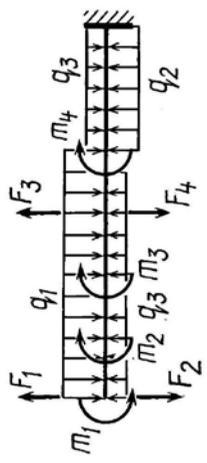
24



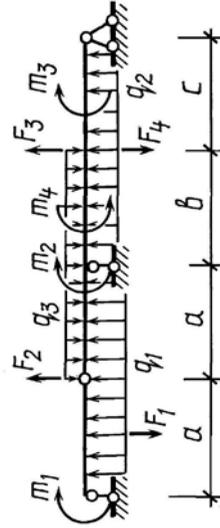
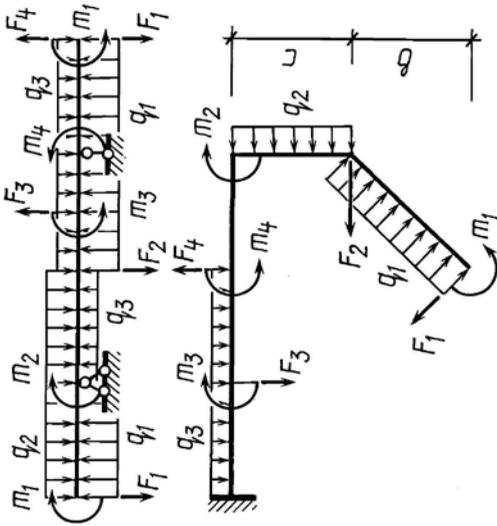
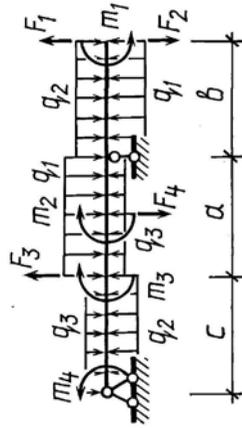
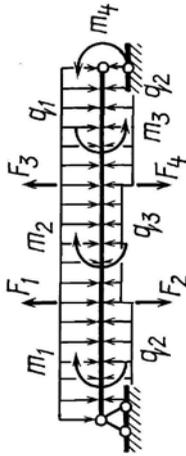
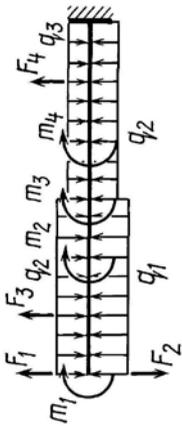
25



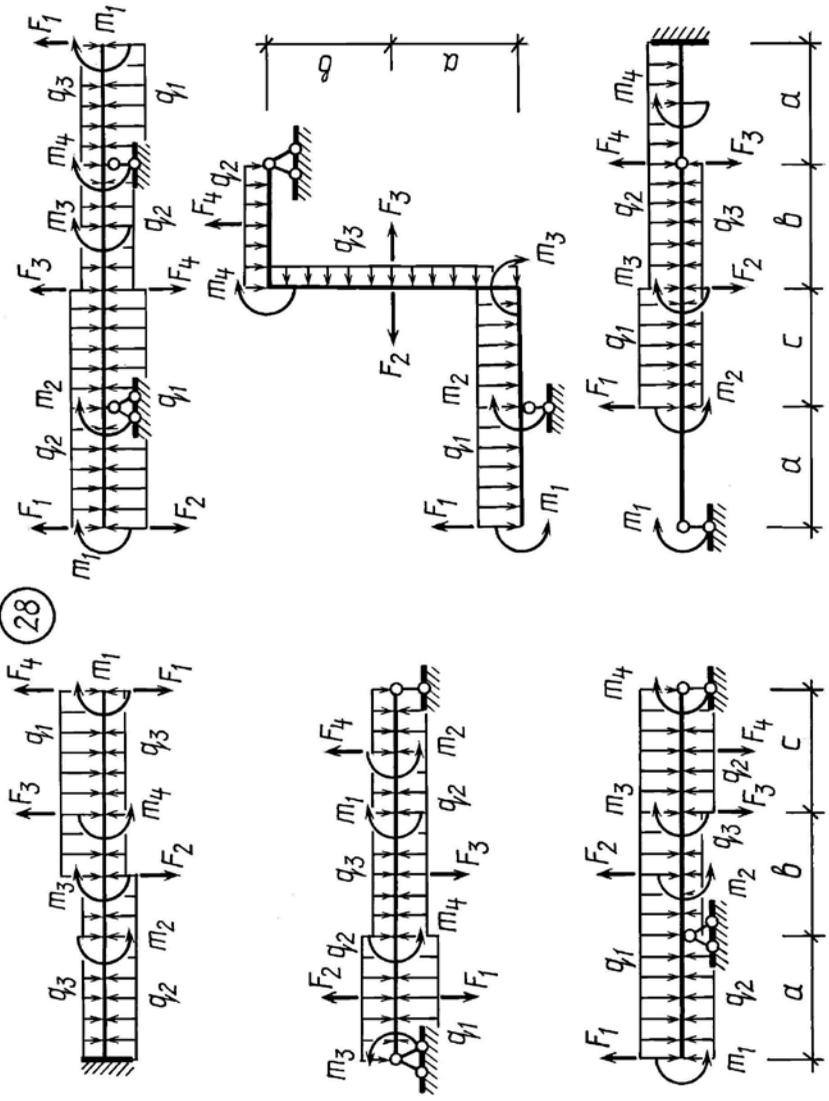
26



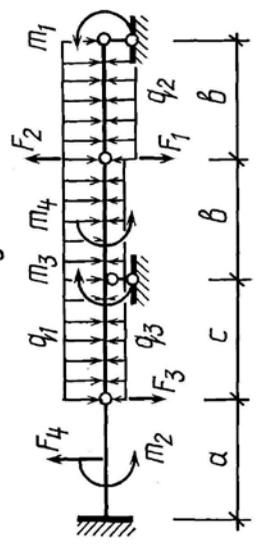
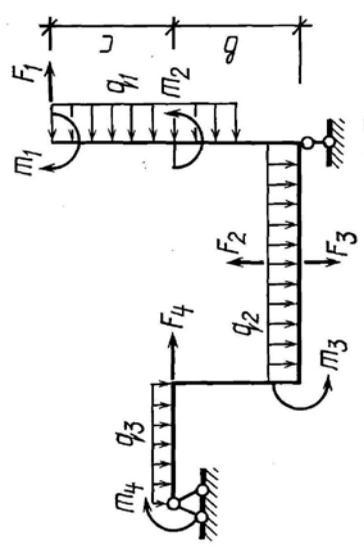
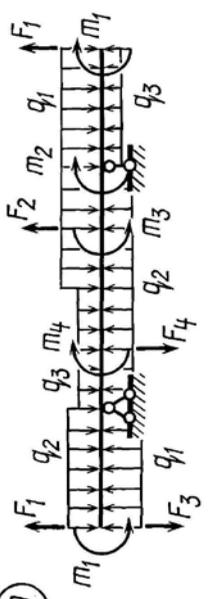
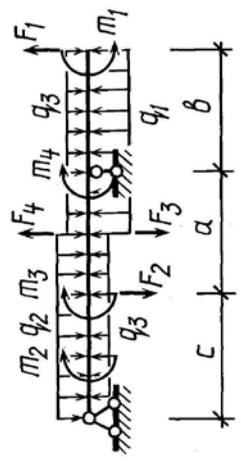
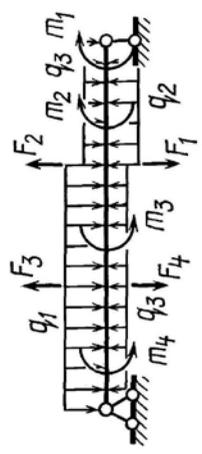
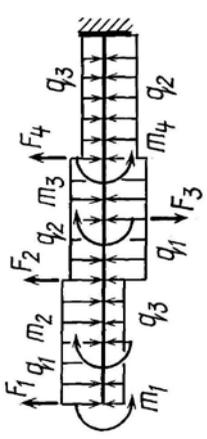
27



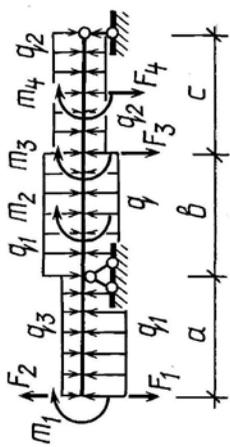
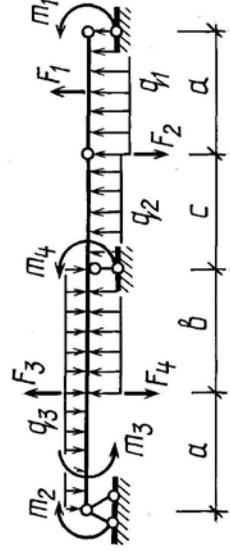
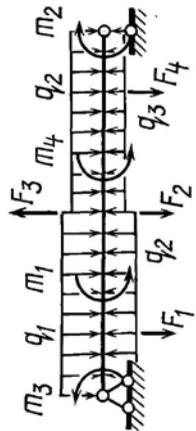
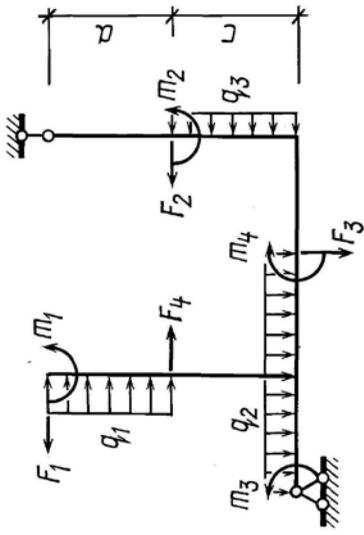
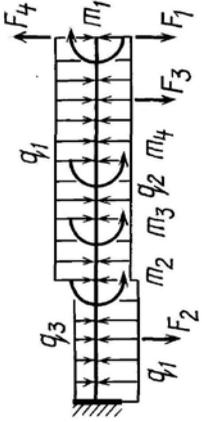
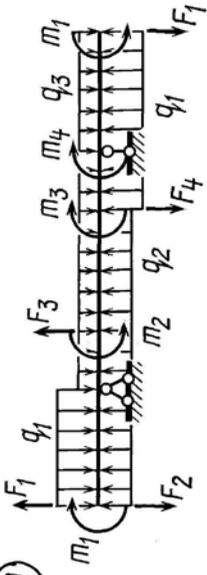
28



29



30



Задача 7

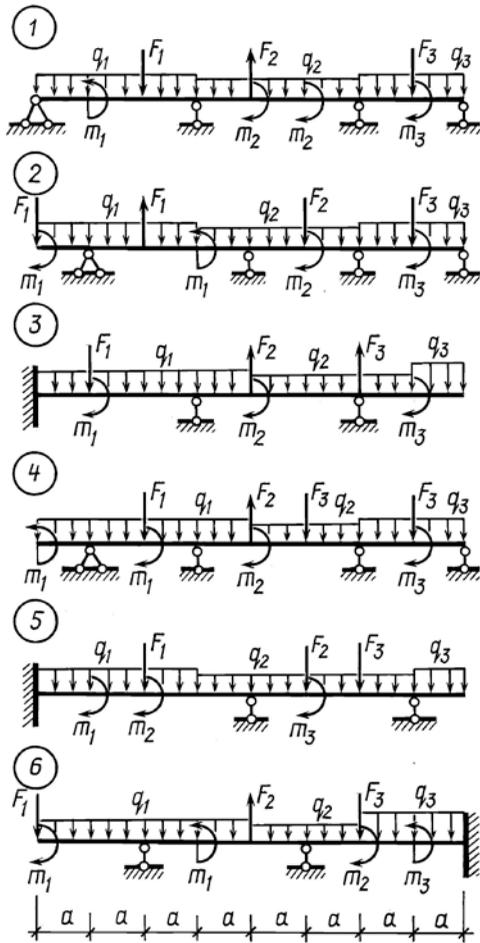
Многопролетная (неразрезная) балка нагружена расчетной нагрузкой. Материал балки – сталь с расчетными сопротивлениями $R = 210$ МПа; $R_c = 130$ МПа и модулем упругости $E = 200$ ГПа.

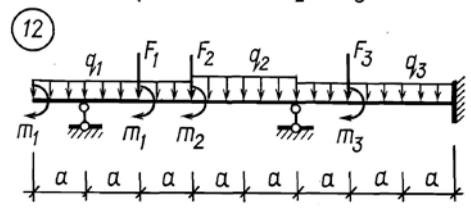
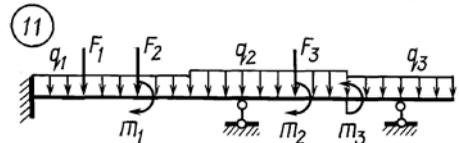
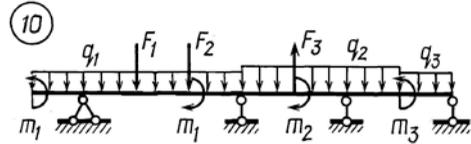
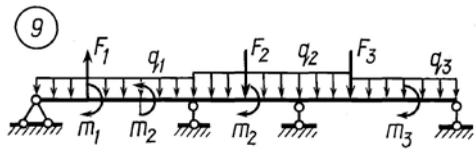
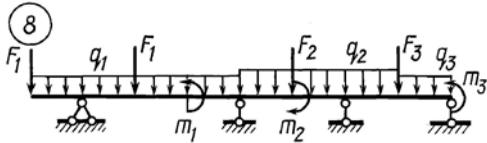
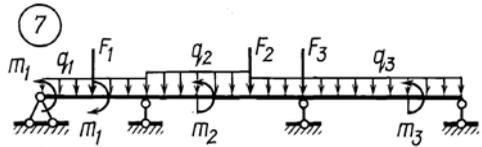
Требуется:

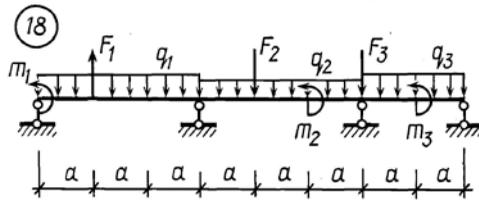
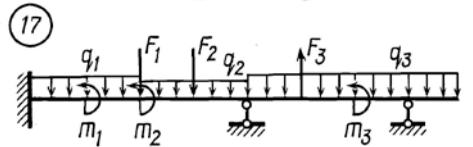
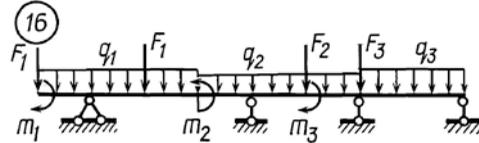
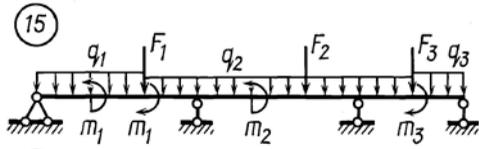
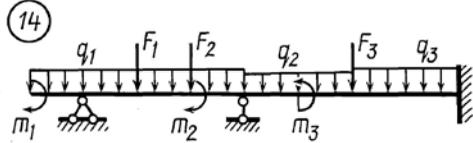
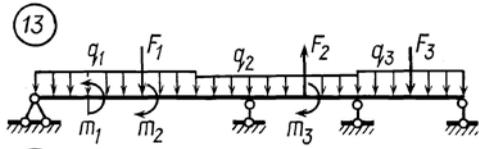
- 1) построить эпюру поперечных сил и изгибающих моментов;
- 2) подобрать сечение из прокатного двутавра;
- 3) определить прогибы посередине каждого пролета и показать на схеме балки очертание ее изогнутой оси.

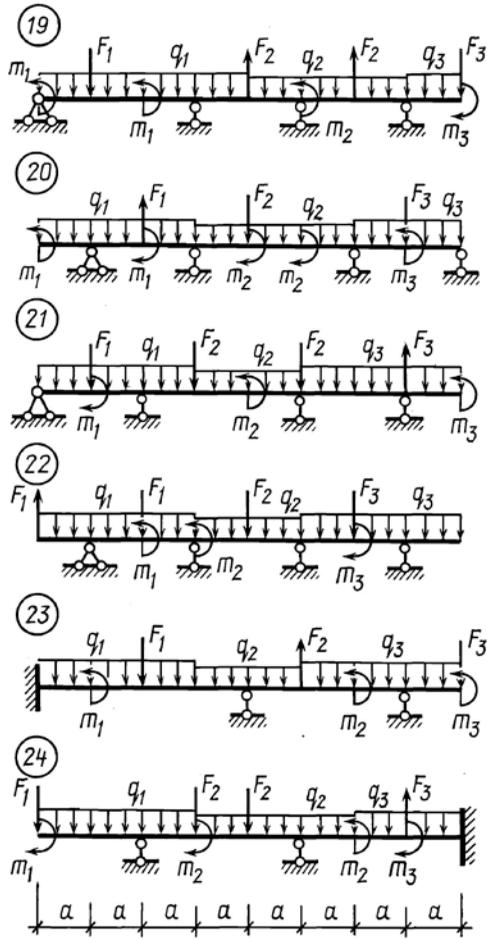
Таблица 7

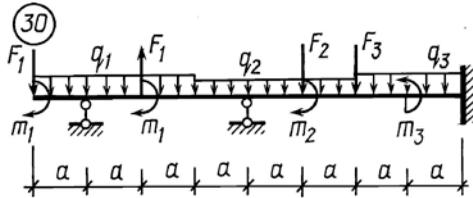
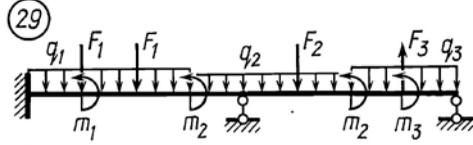
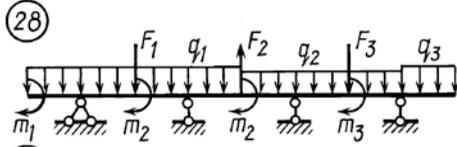
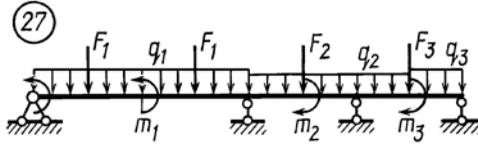
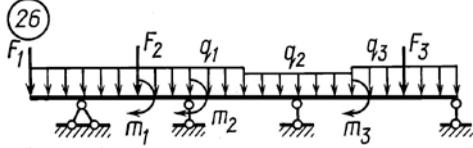
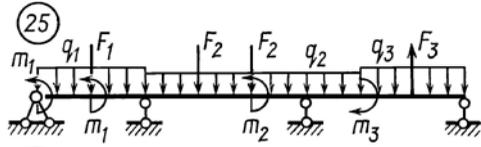
№ п/п	Размеры	Нагрузки			Индекс нагрузки		
	a	q	F	m	q	F	m
	м	кН/м	кН	кН·м			
1	1,0	10	30	20	1	2	3,1
2	1,2	12	48	30	2	3	1
3	1,4	20	36	18	3,1	2	1
4	1,6	16	40	30	1	3	1,2
5	1,8	20	30	24	2	1,2	3
6	2,0	18	40	40	1,2	2	3
7	1,0	16	50	26	3	1	1,2
8	1,2	20	40	30	2	3,1	2
9	1,4	16	48	40	3	1,2	3
10	1,6	20	36	28	1	3	2,1











Задача 8

Балка нагружена расчетной нагрузкой. Материал балки – сталь с расчетными сопротивлениями $R = 210$ МПа; $R_c = 130$ МПа и модулем упругости $E = 200$ ГПа.

Требуется:

1) подобрать сечение балки двутаврового профиля и проверить прочность с учетом собственного веса;

2) в одном из сечений балки, имеющем одновременно большие значения поперечной силы Q и изгибающего момента M , определить напряжения σ и τ на уровне примыкания полки к стенке и проверить прочность используя энергетическую теорию прочности; для сравнения выполнить проверку прочности по третьей теории прочности; выделить вокруг указанной точки элемент балки и показать на схеме нормальные, касательные и главные напряжения;

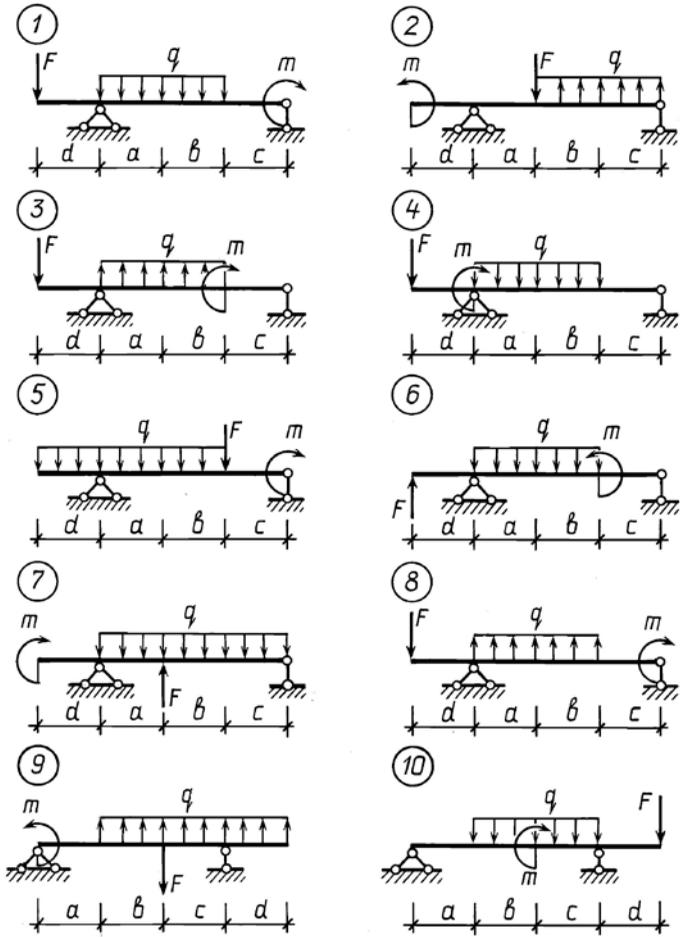
3) используя один из известных методов определить прогибы посередине пролета и на конце консоли, построить эпюру прогибов балки;

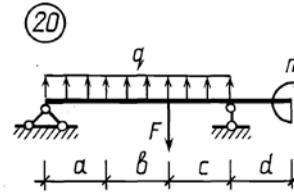
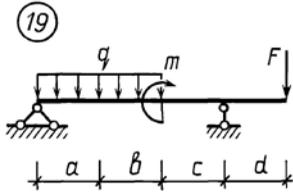
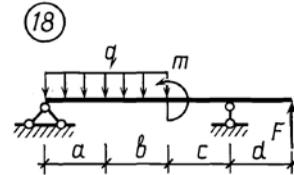
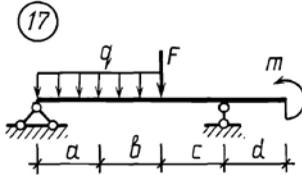
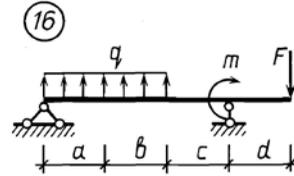
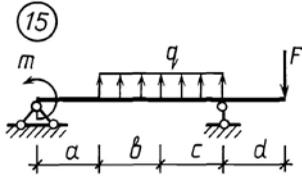
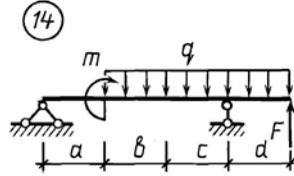
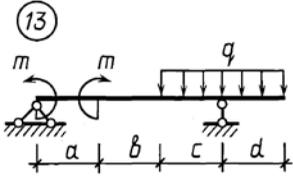
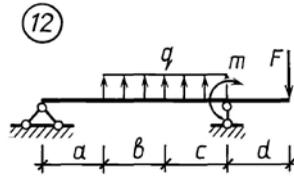
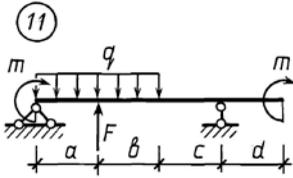
4) проверить жесткость балки при допустимом относительном прогибе:

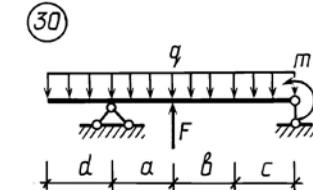
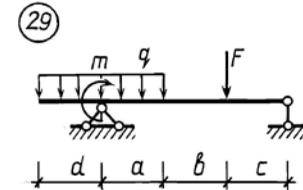
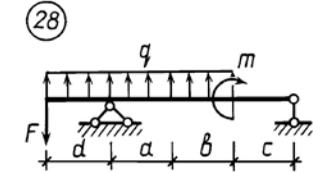
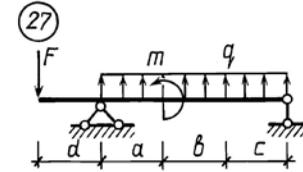
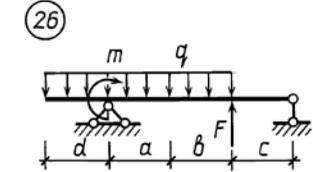
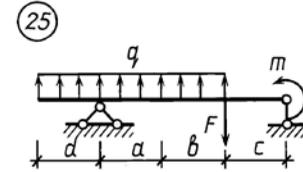
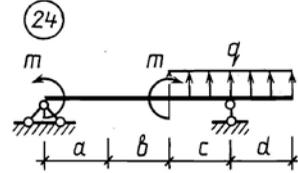
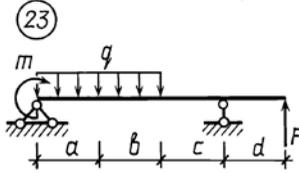
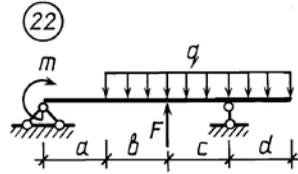
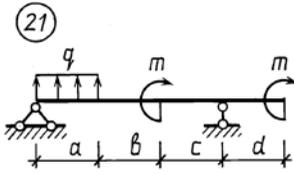
$$\frac{y_{\max}}{\ell} = \frac{1}{500}.$$

Таблица 8

№ строки	Размеры, м				Нагрузки		
	a	b	c	d	F , кН	q , кН/м	m , кН·м
1	2,0	2,0	4,0	1,0	10	20	30
2	2,0	2,0	2,0	2,0	40	30	20
3	2,0	4,0	2,0	2,0	10	30	20
4	4,0	2,0	2,0	2,0	40	20	30
5	3,0	3,0	2,0	2,0	20	10	30
6	4,0	2,0	2,0	1,0	30	40	20
7	2,0	3,0	4,0	2,0	20	30	10
8	4,0	3,0	2,0	2,0	30	20	40
9	3,0	4,0	2,0	2,0	30	20	10
10	3,0	3,0	2,0	2,0	20	40	30







Задача 9

Колонна заданного поперечного сечения сжимается расчетной силой F , направленной параллельно продольной оси и приложенной к точке, показанной на сечении.

Расчетные сопротивления для материала колонны:

– на растяжение $R = 1,4$ МПа;

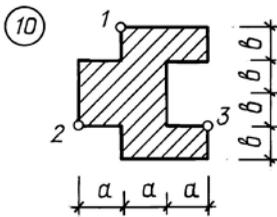
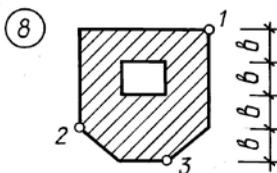
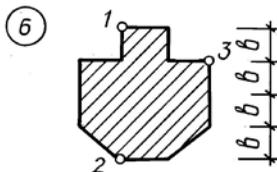
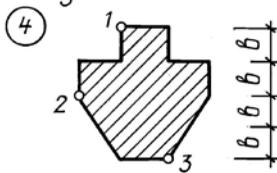
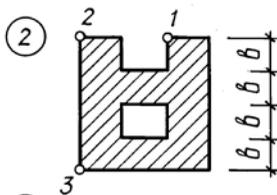
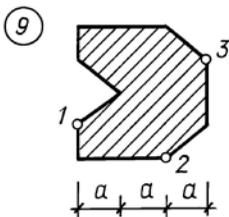
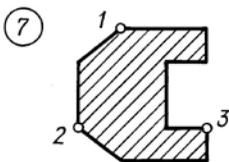
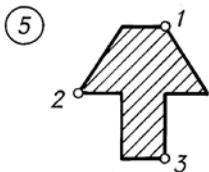
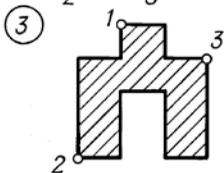
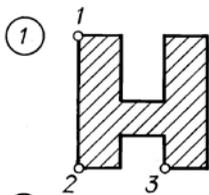
– на сжатие $R_{сж} = 22$ МПа.

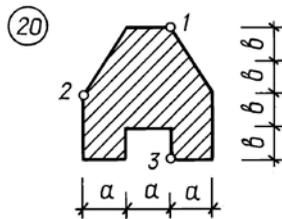
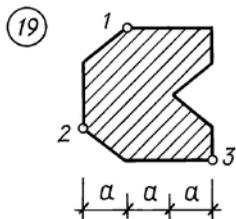
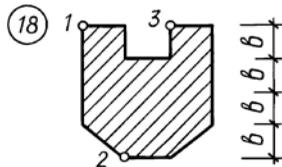
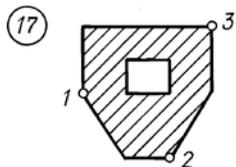
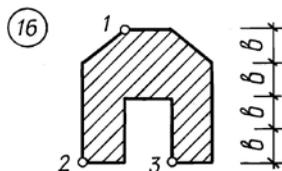
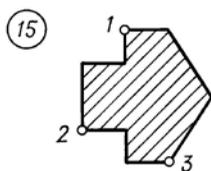
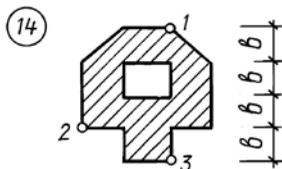
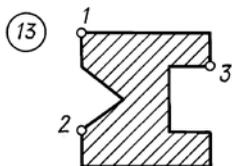
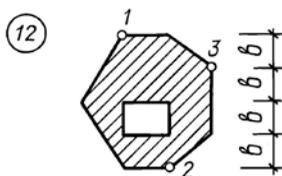
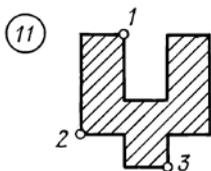
Требуется:

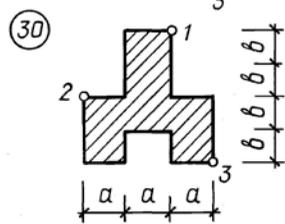
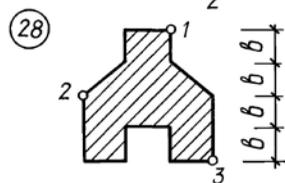
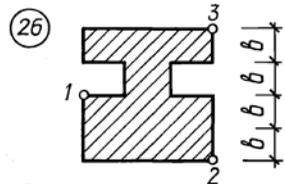
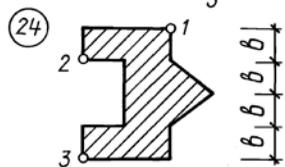
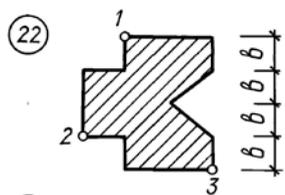
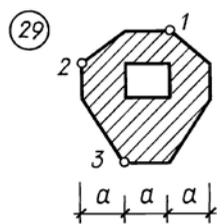
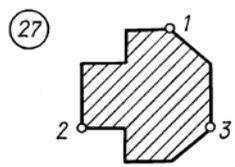
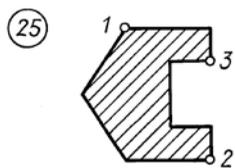
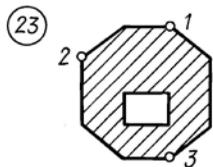
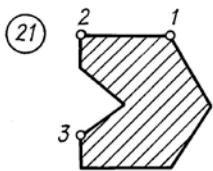
- 1) найти положение нейтральной (нулевой) линии;
- 2) вычислить наибольшие сжимающие и растягивающие напряжения и построить эпюру напряжений. Дать заключение о прочности колонны.
- 3) построить ядро сечения.

Таблица 9

№ п/п	Нагрузка F , кН	Размеры сечения, см		Точка приложения силы
		a	b	
1	100	20	12	1
2	280	28	16	2
3	440	36	20	3
4	120	22	14	1
5	300	32	20	2
6	460	38	18	3
7	140	20	14	1
8	320	24	18	2
9	480	40	20	3
10	220	26	16	1







Задача 10

Балка нагружена в главных плоскостях расчетной нагрузкой. Материал балки – сталь с расчетным сопротивлением $R = 210$ МПа.

Требуется:

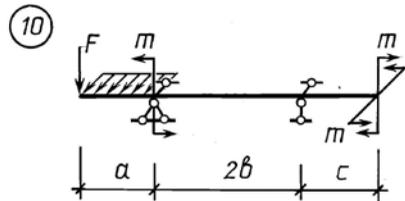
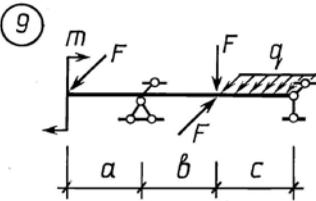
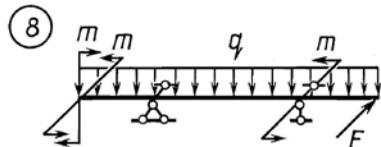
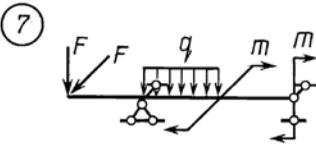
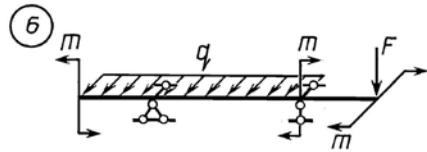
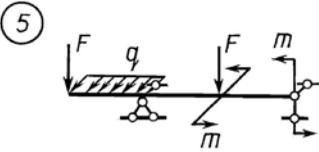
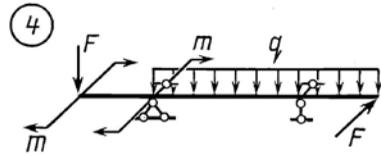
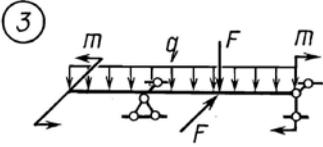
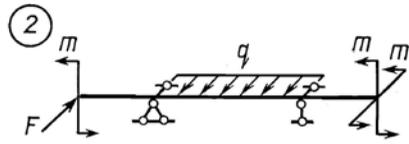
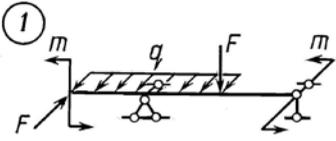
1) построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

2) определить опасное сечение и подобрать двутавр, приняв $W_x/W_y \approx 8$;

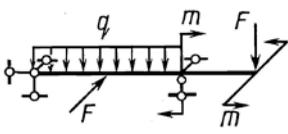
3) определить положение нейтральной оси и построить эпюру нормальных напряжений.

Таблица 10

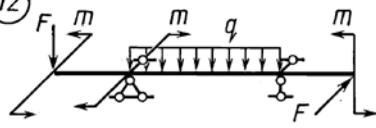
№ п/п	a , м	b , м	c , м	F , кН	q , кН/м	m , кН·м
1	2	2	2	20	20	20
2	1	3	2	20	20	20
3	2	2	2	10	20	20
4	1	3	2	10	20	20
5	2	2	2	20	10	20
6	1	3	2	20	10	20
7	2	2	2	20	20	10
8	1	3	2	20	20	10
9	2	2	2	10	20	30
10	1	3	2	10	20	30



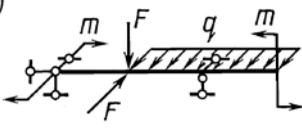
11



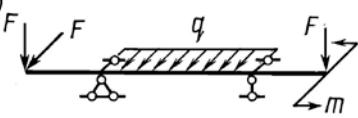
12



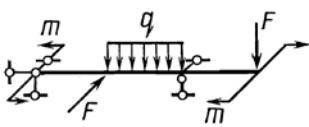
13



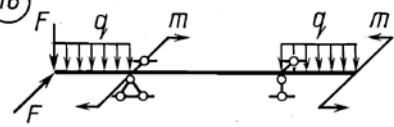
14



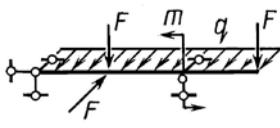
15



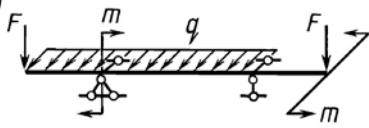
16



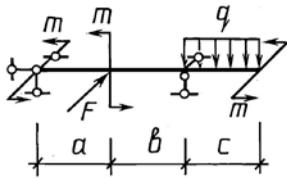
17



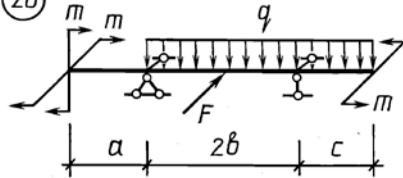
18

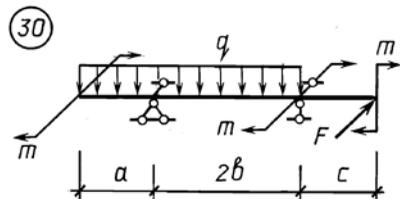
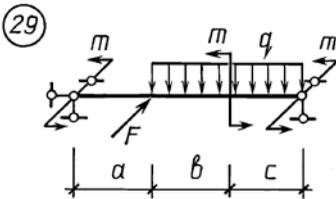
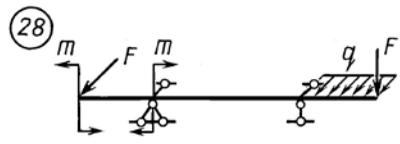
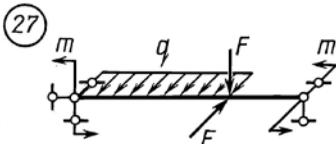
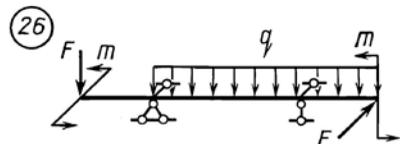
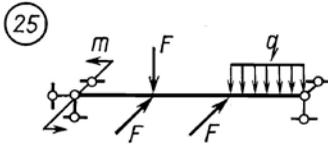
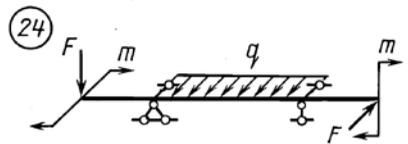
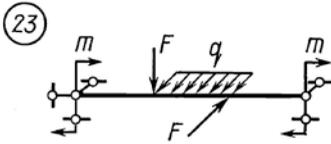
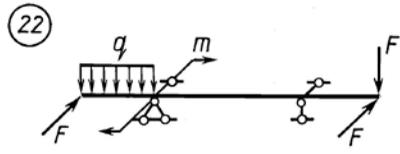
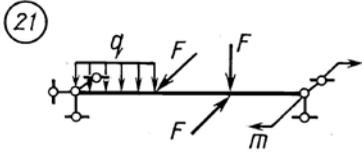


19



20





Задача 11

Пространственная система, состоящая из трех стержней, жестко соединенных между собой под прямым углом, нагружена расчетной нагрузкой в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Стержни системы имеют одинаковые длины l и диаметры поперечных сечений D . Материал стержней – сталь с расчетным сопротивлением $R = 130$ МПа.

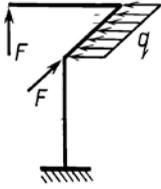
Требуется :

- 1) построить эпюры внутренних усилий;
- 2) установить вид сопротивления для каждого участка стержня;
- 3) определить опасное сечение и дать заключение о прочности конструкции.

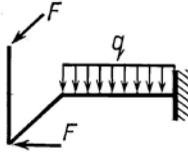
Таблица 11

№ п/п	F , кН	q , кН/м	m , кН·м	l , м	D , см
1	10	4	1	0,4	6
2	4	10	1	0,6	5
3	10	10	5	0,6	8
4	6	6	1	0,6	6
5	6	10	6	0,4	8
6	4	4	8	0,6	4
7	8	4	8	0,8	6
8	8	8	4	0,4	6
9	12	6	8	0,4	10
10	8	6	4	0,4	8

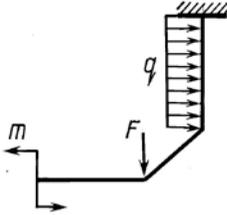
1



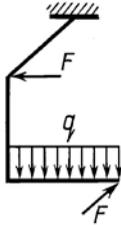
2



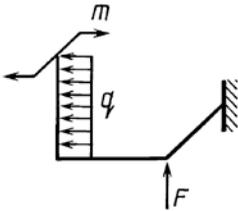
3



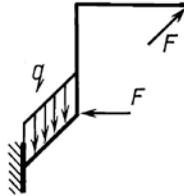
4



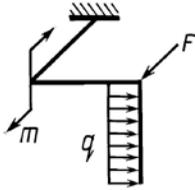
5



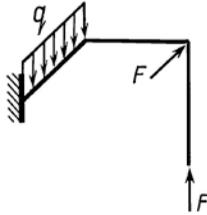
6



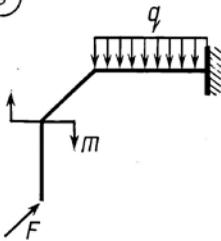
7



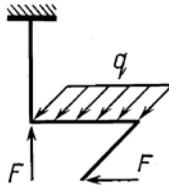
8



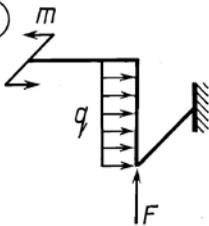
9



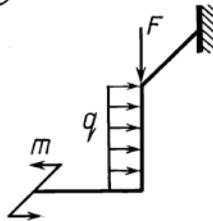
10

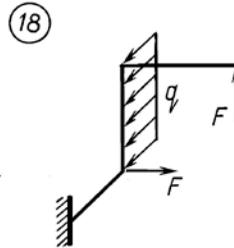
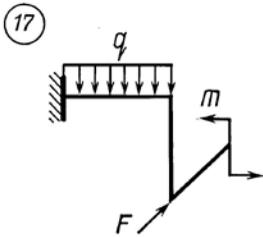
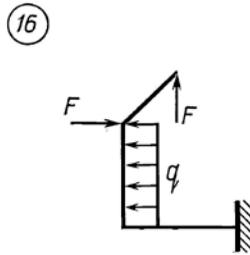
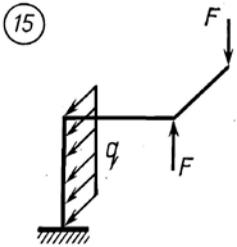
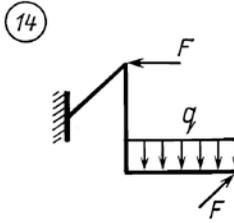
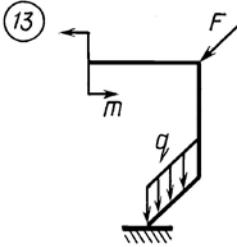


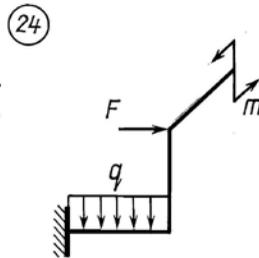
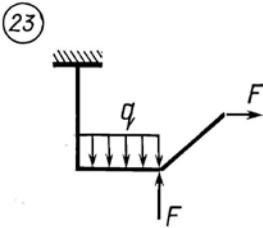
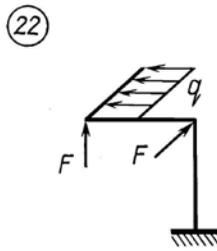
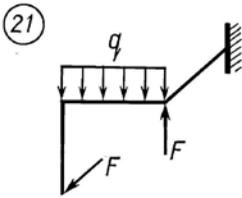
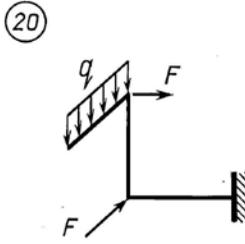
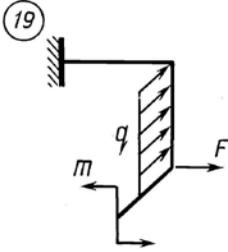
11

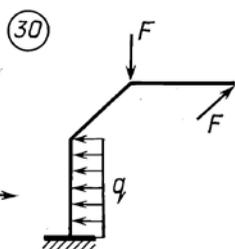
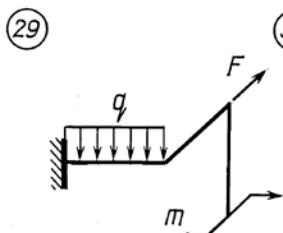
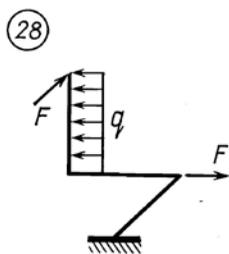
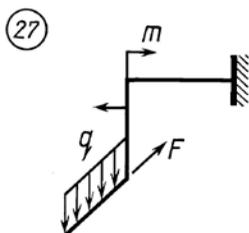
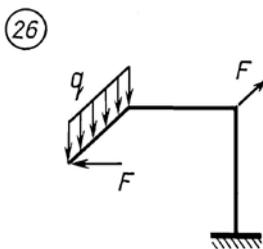
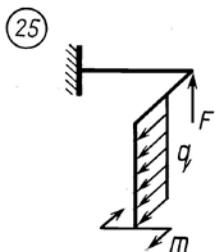


12









Задача 12

Стальной стержень сжимается продольной расчетной нагрузкой F . Расчетное сопротивление материала стержня $R = 200$ ГПа. Модуль продольной упругости $E = 200$ ГПа.

Требуется:

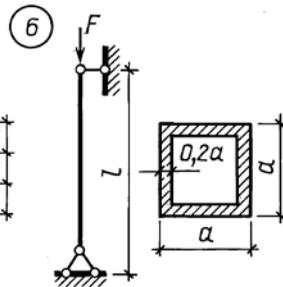
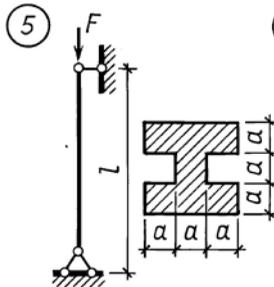
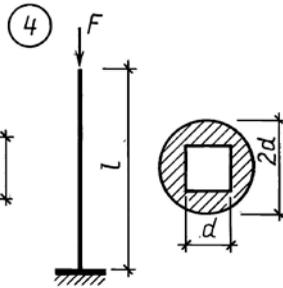
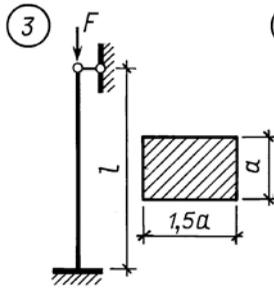
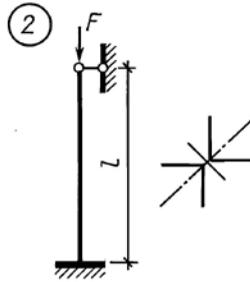
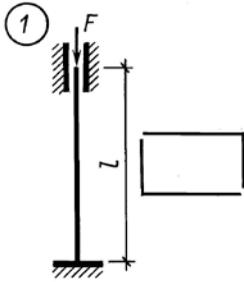
- 1) подобрать размеры поперечного сечения стержня из условия устойчивости;
- 2) определить значение коэффициента запаса устойчивости.

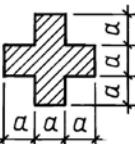
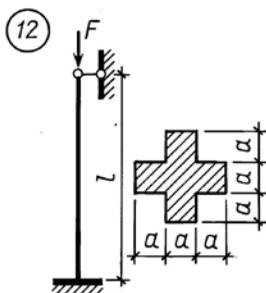
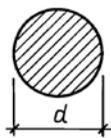
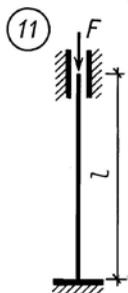
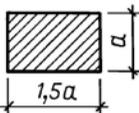
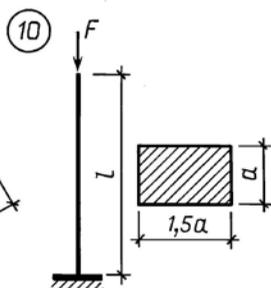
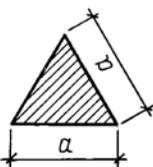
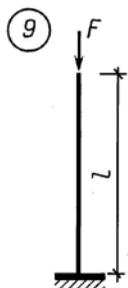
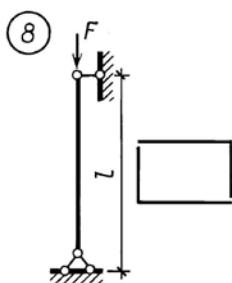
Таблица 12

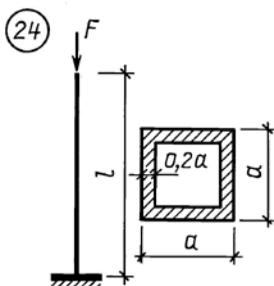
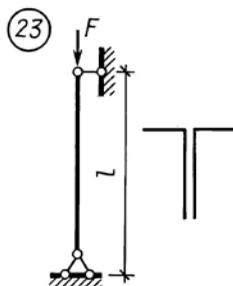
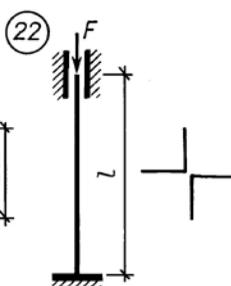
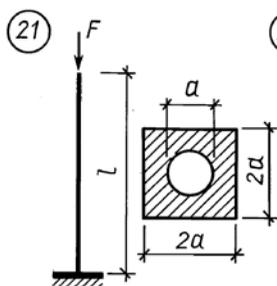
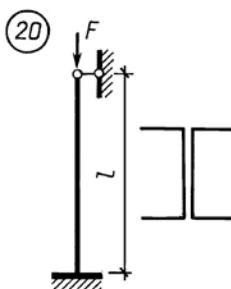
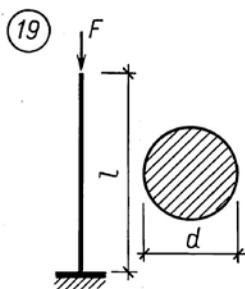
№ п/п	F , кН	l , м
1	110	2,8
2	160	2,8
3	190	2,2
4	100	1,6
5	120	2,5
6	164	2
7	194	2,6
8	120	2,4
9	130	1,6
10	170	1,5

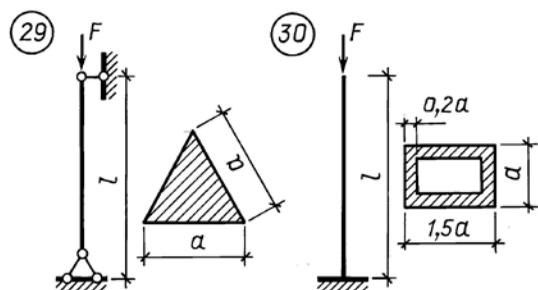
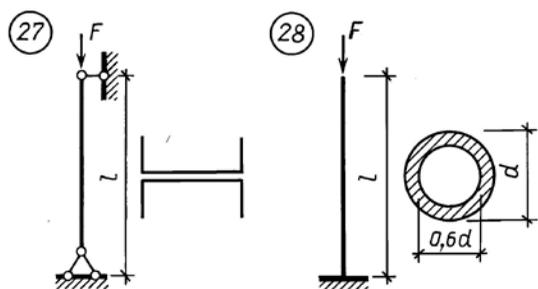
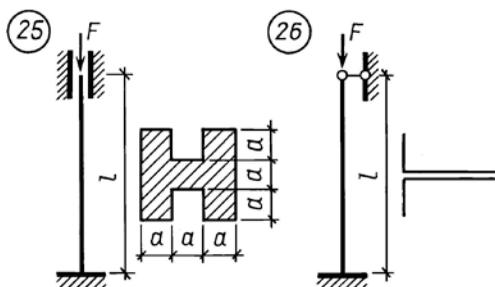
№ п/п	F , кН	l , м
11	200	2,5
12	100	2,2
13	140	2,6
14	172	2,2
15	210	2,8
16	110	3
17	124	1,6
18	178	2,6
19	216	1,7
20	160	2,5

№ п/п	F , кН	l , м
21	134	1,8
22	280	2,8
23	220	2,4
24	110	1,8
25	144	2,8
26	282	2,6
27	224	2,4
28	180	1,6
29	150	2,4
30	186	1,5









Задача 13

На упругую систему падает груз G с высоты h . Материал стержней – сталь. Расчетное сопротивление при статической нагрузке $R = 210$ МПа.

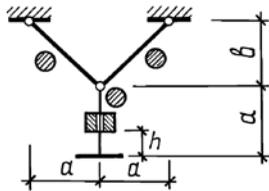
Требуется:

- 1) определить величины максимальных динамических напряжений в элементах системы;
- 2) определить величину динамического перемещения точки приложения груза.

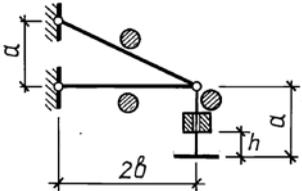
Таблица 13

№ п/п	G , Н	h , см	a , м	b , м	Номер двутавра	Диаметр d , см
1	400	7	4,0	1,0	16	4,0
2	450	6,5	3,8	1,2	18	3,8
3	500	6	3,6	1,4	18	3,6
4	550	5,5	3,4	1,6	20	3,4
5	600	5	3,2	1,8	20	3,2
6	650	7	3,0	3,0	22	3,0
7	700	6,5	2,8	2,8	22	2,8
8	750	6	2,6	2,6	24	2,6
9	800	5,5	3,4	2,4	24	2,4
10	850	5	3,2	2,2	27	2,2

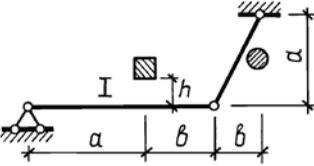
1



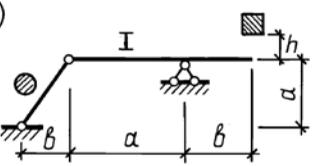
2



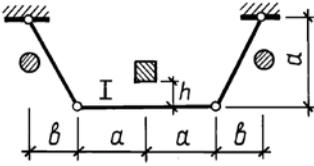
3



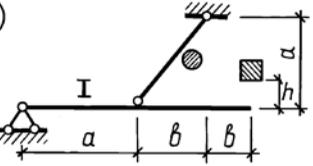
4



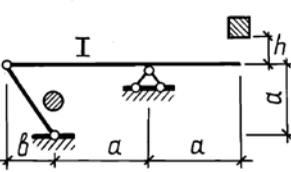
5



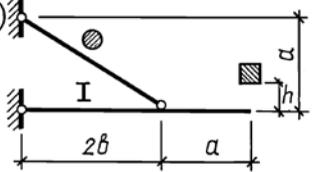
6



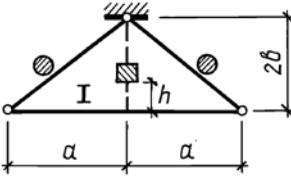
7



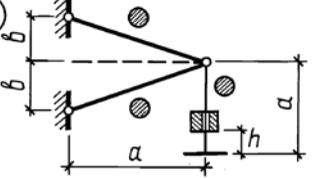
8

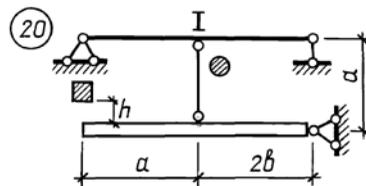
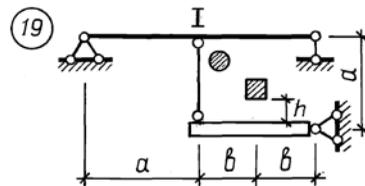
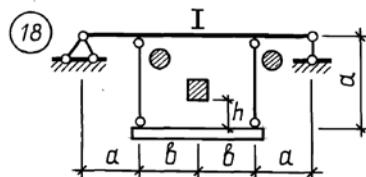
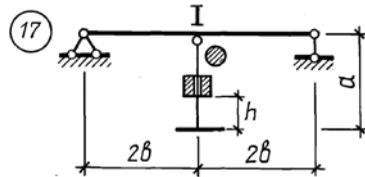
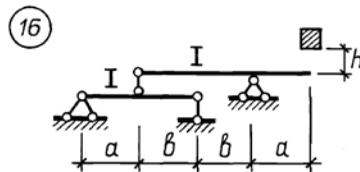
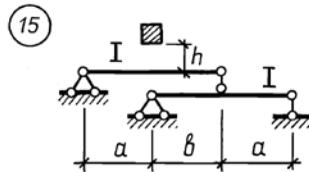
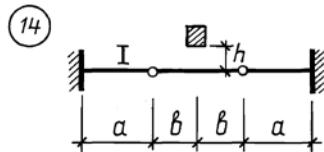
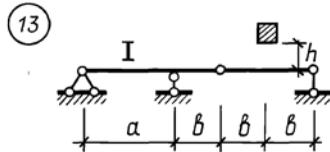
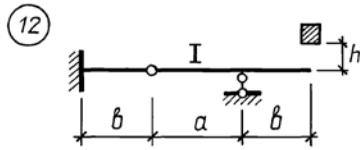
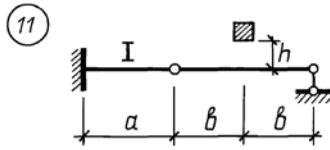


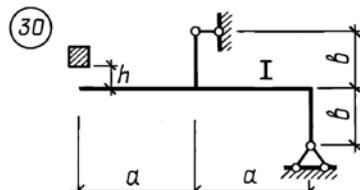
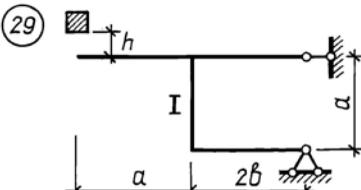
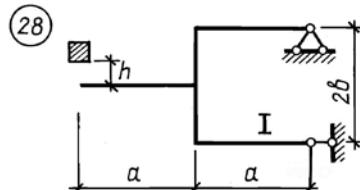
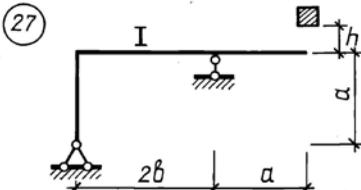
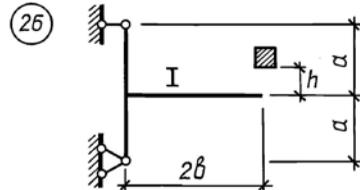
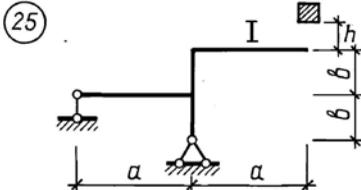
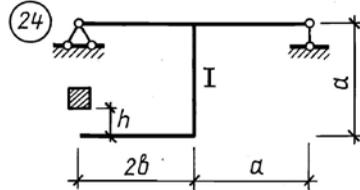
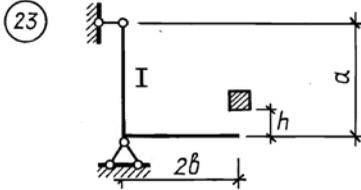
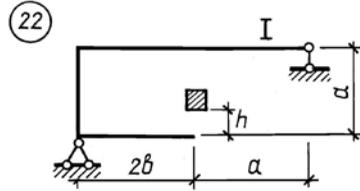
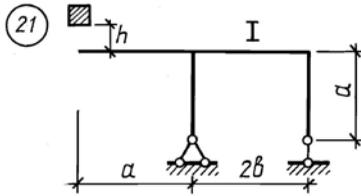
9



10







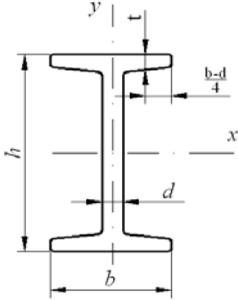
Литература

1. Александров, А.В. Сопротивление материалов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. – М.: Высш. школа, 1995.
2. Балыкин, М.К. Сопротивление материалов: сборник заданий для расчетно-проектировочных работ для строительных специальностей / М.К. Балыкин [и др.]. – Минск: БНТУ, 2003.
3. Винокуров, Е.Ф. Сопротивление материалов: расчетно-проектировочные работы / Е.Ф. Винокуров, А.Г. Петрович, Л.И. Шевчук. – Минск: Высшэйшая школа, 1987.
4. Заяц, В.Н. Сопротивление материалов / В.Н. Заяц, М.К. Балыкин, И.А. Голубев. – Минск: БГПА, 1998.
5. Петрович, А.Г. Сборник задач расчетно-проектировочных работ по курсу «Сопротивление материалов»: в 2 ч. / А.Г. Петрович [и др.]. – Минск: БПИ, 1979. – Ч. 1.
6. Петрович, А.Г. Сборник задач расчетно-проектировочных работ по курсу «Сопротивление материалов»: в 2 ч. / А.Г. Петрович [и др.]. – Минск: БПИ, 1981. – Ч. 2.
7. Писаренко, Г.С. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко [и др.]. – Киев: Вища школа, 1986.
8. Смирнов, А.Ф. Сопротивление материалов / А.Ф. Смирнов [и др.]. – М.: Высш. школа, 1975.
9. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – М.: Наука, 1986.

Приложения

Приложение 1

Сталь горячекатаная. Балки двутавровые (по ГОСТ 8239-89*)



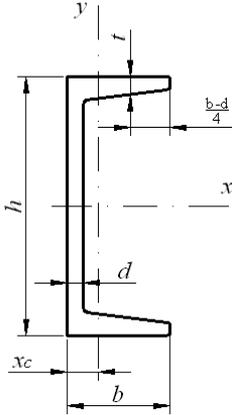
I – момент инерции
 W – момент сопротивления
 S – статический момент площади полусечения
 i – радиус инерции

Таблица П1.1

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения A , см ²	Линейная плотность ρ , кг/м	Геометрические характеристики относительно осей						
	h	b	d	t			x			y			
							I_{x^2} , см ⁴	W_{x^2} , см ³	i_{x^2} , см	S_{x^2} , см ³	I_{y^2} , см ⁴	W_{y^2} , см ³	i_{y^2} , см
10	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	11,5	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	13,7	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	160	81	5	7,8	20,2	15,9	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,7
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,3	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
27	270	125	6	9,8	40,2	31,5	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
30	300	135	6,5	10,2	46,5	36,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
33	330	140	7	11,2	53,8	42,2	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	48,6	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	400	155	8,3	13	72,6	57	19062	953	16,2	545	667	86	3,03
45	450	160	9	14,2	84,7	66,5	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	500	170	10	15,2	100	78,5	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	550	180	11	16,5	118	92,6	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
60	600	190	12	17,8	138	108	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54

Приложение 2

Сталь горячекатаная. Швеллерная (по ГОСТ 8240-89)



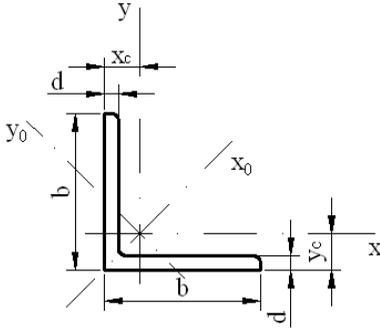
I – момент инерции
 W – момент сопротивления
 S – статический момент площади полусечения
 i – радиус инерции

Таблица П2.1

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения A , см^2	Линейная плотность ρ , кг/м	Геометрические характеристики относительно осей							x_c , см
	h	b	d	t			x				y			
							I_{xx}	W_{xx}	i_{xx}	S_x	I_{yy}	W_{yy}	i_{yy}	
							см^4	см^3	см	см^3	см^4	см^3	см	
5	50	32	4,4	7	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,59	5,6	2,75	0,95	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	5,9	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	80	40	4,5	7,4	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	23,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,9	8,59	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,3	10,4	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	140	58	4,9	8Д	15,6	12,3	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67
16	160	64	5	8,4	18,1	14,2	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16а	160	68	5	9	19,5	15,3	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2
18	180	70	5,1	8,7	20,7	16,3	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
18а	180	74	5,1	9,3	22,2	17,4	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13
20	200	76	5,2	9	23,4	18,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07
22	220	82	5,4	9,5	26,7	21	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
24	240	90	5,6	10	30,6	24	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,42
27	270	95	6	10,5	35,2	27,7	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11	40,5	31,8	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52
33	330	105	7	11,7	46,5	36,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,4	41,9	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,1	2,68
40	400	115	8	13,5	61,5	48,3	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Приложение 3

Рекомендуемый сортамент равнополочных уголков (по ГОСТ 8509-86)



I – момент инерции
 W – момент сопротивления
 S – статический момент площади
 полусечения
 i – радиус инерции

Таблица ПЗ.1

Номер профиля	Размеры, мм		Площадь сечения A , см ²	Линейная плотность P , кг/м	Геометрические характеристики относительно осей							x_c , y_c , см
	b	d			x		x_0		y_0		I_{xy} , см ⁴	
					I_x , см ⁴	i_x , см	$I_{x_0'}$, см ⁴	$I_{y_0'}$, см	$I_{y_0'}$, см ⁴	$I_{x_0'}$, см		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	20	3	1,13	0,89	0,4	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,23	0,6
		4	1,46	1,15	0,5	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	0,28	0,64
3	30	3	1,74	1,36	1,45	0,91	2,3	1,15	0,6	0,59	0,85	0,85
		4	2,27	1,78	1,84	0,9	2,92	1,13	0,77	0,58	1,08	0,89
4	40	3	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	2,08	1,09
		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,9	0,78	2,68	1,13
		5	3,79	2,98	5,53	1,21	8,75	1,52	2,3	0,78	3,22	1,17
5	50	3	2,96	2,32	7,11	1,55	11,27	1,95	2,95	1	4,16	1,33
		4	3,89	3,05	9,21	1,54	14,63	1,94	3,8	0,99	5,42	1,38
		5	4,8	3,77	11,2	1,53	17,77	1,92	4,63	0,98	6,57	1,42
		6	5,69	4,47	13,07	1,52	20,72	1,91	5,43	0,98	7,65	1,46
6,3	63	4	4,96	3,9	18,86	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	11	1,69
		5	6,13	4,81	23,1	1,94	36,8	2,44	9,52	1,25	13,7	1,74
		6	7,28	5,72	27,06	1,93	42,91	2,43	11,18	1,24	15,9	1,78

Продолжение табл. ПЗ.1

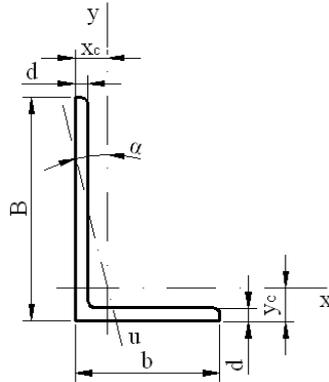
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	70	5	6,86	5,38	31,94	2,16	50,67	2,72	13,22	1,39	18,7	1,9
		6	8,15	6,39	37,58	2,15	59,64	2,71	15,52	1,38	22,1	1,94
		7	9,42	7,39	42,98	2,14	68,19	2,69	17,77	1,37	25,2	1,99
		8	10,67	8,37	48,16	2,12	76,35	2,68	19,97	1,37	28,2	2,02
7,5	75	5	7,39	5,8	39,53	2,31	62,65	2,91	16,41	1,49	23,1	2,02
		6	8,78	6,89	46,57	2,3	73,87	2,9	19,28	1,48	27,3	2,06
		7	10,15	7,97	53,34	2,29	84,61	2,89	22,07	1,47	31,2	2,1
		8	11,5	9,02	59,84	2,28	94,89	2,87	24,8	1,47	35	2,15
		9	12,83	10,07	66,1	2,27	104,72	2,86	27,48	1,46	38,6	2,18
8	80	6	9,38	7,36	56,97	2,47	90,4	3,11	23,54	1,58	33,4	2,19
		7	10,85	8,51	65,31	2,45	103,6	3,09	26,97	1,58	38,3	2,23
		8	12,3	9,65	73,36	2,44	116,3	3,08	30,32	1,57	43	2,27
9	90	6	10,61	8,33	82,1	2,78	130	3,5	33,97	1,79	48,1	2,43
		7	12,28	9,64	94,3	2,77	149,6	3,49	38,94	1,78	55,4	2,47
		8	13,93	10,93	106,1	2,76	168,4	3,48	43,8	1,77	62,3	2,51
		9	15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	68	2,55
10	100	7	13,75	10,79	130,5	3,08	207	3,88	54,16	1,98	76,4	2,71
		8	15,6	12,25	147,1	3,07	233	3,87	60,92	1,98	86,3	2,75
		10	19,24	15,1	178,9	3,05	283	3,84	74,08	1,96	110	2,83
		12	22,8	17,9	208,9	3,03	330	3,81	86,84	1,95	122	2,91
		14	26,28	20,63	237,1	3,00	374	3,78	99,32	1,94	138	2,99
12,5	125	8	19,69	15,46	294	3,87	466	4,87	121,9	2,49	172	3,36
		9	22	17,3	327	3,86	520	4,86	135,8	2,48	192	3,4
		10	24,33	19,1	359	3,85	571	4,84	148,5	2,47	211	3,45
		12	28,89	22,68	422	3,82	670	4,82	174,4	2,46	248	3,53
		14	33,37	26,2	481	3,8	763	4,78	199,6	2,45	282	3,61
		16	37,77	29,65	538	3,78	852	4,75	224,2	2,44	315	3,68
14	140	9	24,72	19,41	465	4,34	739	5,47	192	2,79	274	3,78
		10	27,33	21,45	512	4,33	813	5,46	210	2,78	301	3,82
		12	32,49	25,5	602	4,31	956	5,43	248	2,76	354	3,9

Окончание табл. ПЗ.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	160	10	31,43	24,67	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	455	4,3
		11	34,42	27,02	844	4,95	1340	6,24	347	3,18	496	4,35
		12	37,39	29,35	912	4,94	1450	6,23	375	3,17	537	4,39
		14	43,57	33,97	1046	4,92	1662	6,2	430	3,16	615	4,47
		16	49,07	38,52	1175	4,89	1865	6,17	484	3,14	690	4,55
		18	54,79	43,01	1290	4,87	2061	6,13	537	3,13	771	4,63
		20	60,4	47,44	1418	4,85	2248	6,1	589	3,12	830	4,7
20	200	12	47,1	36,97	1822	6,22	2896	7,84	749	3,99	1073	5,37
		13	50,85	39,92	1960	6,21	3116	7,83	805	3,98	1156	5,42
		14	54,6	42,8	2097	6,2	3333	7,81	861	3,97	1236	5,46
		16	61,98	48,65	2362	6,17	3755	7,78	969	3,96	1393	5,54
		20	76,54	60,08	2871	6,12	4560	7,72	1181	3,93	1689	5,7
		25	94,29	74,02	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	2028	5,89
		30	111,54	87,56	4019	6	6351	7,55	1698	3,89	2332	6,07
25	250	16	78,4	61,55	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	2775	6,75
		18	87,72	68,86	5247	7,73	8336	9,75	2157	4,96	3089	6,83
		20	96,96	76,11	5764	7,71	9159	9,72	2370	4,94	3395	6,91
		22	106,12	83,31	6270	7,09	9961	9,69	2579	4,93	3691	7
		25	119,71	93,97	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	4119	7,11
		28	133,12	104,5	7716	7,61	12243	9,59	3189	4,9	4527	7,23
		30	141,96	111,44	8176	7,59	12964	9,56	3388	4,89	4788	7,31

Приложение 4

Рекомендуемый сортамент неравнополочных уголков (по ГОСТ 8510-86)



B – ширина большой полки

b – ширина малой полки

d – толщина полки

I – момент инерции

i – радиус инерции

x_c, y_c – расстояние от центра тяжести до наружных граней полок

α – угол наклона главной центральной оси

Таблица П4.1

Номер профиля	Размеры, мм			Площадь сечения A , см ²	Линейная плотность ρ , кг/м	Геометрические характеристики относительно осей						x_c , см	y_c , см	I_{xy} , см ⁴	tga
	B	b	d			x		y		u					
						I_x , см ⁴	i_x , см	I_y , см ⁴	i_y , см	I_u , см ⁴	i_u , см				
	1	2	3			4	5	6	7	8	9				
2,5/1,6	25	16	3	1,16	0,91	0,70	0,78	0,22	0,44	0,13	0,34	0,42	0,86	0,22	0,392

Продолжение табл. П4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3,2/2	32	20	3	1,49	1,17	1,52	1,01	0,46	0,55	0,28	0,43	0,49	1,08	0,47	0,382
			4	1,94	1,52	1,93	1	0,57	0,54	0,35	0,43	0,53	1,12	0,59	0,374
4/2,5	40	25	3	1,89	1,48	3,06	1,27	0,93	0,70	0,56	0,54	0,59	1,32	0,96	0,385
			4	2,47	1,94	3,93	1,26	1,18	0,69	0,71	0,54	0,63	1,37	1,22	0,281
			5	3,03	2,37	4,73	1,25	1,41	0,68	0,86	0,53	0,66	1,41	1,44	0,374
5/3,2	50	32	3	2,42	1,9	6,18	1,6	1,99	0,91	1,18	0,7	0,72	1,60	2,01	0,403
			4	3,17	2,4	7,98	1,59	2,56	0,9	1,52	0,69	0,76	1,65	2,59	0,401
6,3/4,0	63	40	4	4,04	3,17	16,33	2,01	5,16	1,13	3,07	0,87	0,91	2,03	5,25	0,397
			5	4,98	3,91	19,91	2	6,26	1,12	3,73	0,86	0,95	2,08	6,41	0,396
			6	5,9	4,63	23,31	1,99	7,29	1,11	4,36	0,86	0,99	2,12	7,44	0,393
			8	7,68	6,03	29,6	1,96	9,15	1,09	5,58	0,85	1,07	2,2	9,27	0,386
7,5/5	75	60	5	6,11	4,79	34,81	2,39	12,47	1,43	7,24	1,09	1,17	2,39	12	0,436
			6	7,25	5,69	40,92	2,38	14,6	1,42	8,48	1,08	1,21	2,44	14,1	0,435
			7	8,37	6,57	46,77	2,36	16,61	1,41	9,69	1,08	1,25	2,48	16,18	0,435
			8	9,47	7,43	52,38	2,35	18,52	1,4	10,87	1,07	1,29	2,52	17,8	0,43
9/5,6	90	56	5,5	7,86	6,17	65,28	2,88	19,67	1,58	11,77	1,22	1,26	2,92	20,54	0,384
			6	8,54	6,7	70,58	2,88	21,22	1,58	12,7	1,22	1,28	2,95	22,23	0,384
			8	11,18	8,77	90,87	2,85	27,08	1,56	16,29	1,21	1,36	3,04	28,33	0,38
10/6,3	100	63	6	9,58	7,53	98,29	3,2	30,58	1,79	18,2	1,38	1,42	3,23	31,5	0,393
			7	11,09	8,7	112,86	3,19	34,99	1,78	20,83	1,37	1,46	3,28	36,1	0,392
			8	12,57	9,87	126,96	3,18	39,21	1,77	23,38	1,36	1,5	3,32	40,75	0,391
			10	15,47	12,14	153,95	3,15	47,18	1,75	28,34	1,35	1,58	3,4	48,6	0,387

Окончание табл. П4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12,5/8	125	80	7	14,06	11,04	226	4,01	73,73	2,29	43,4	1,76	1,8	4,01	74,7	0,407
			8	15,98	12,58	225	4	80,95	2,28	48,82	1,75	1,84	4,05	84,1	0,406
			10	19,7	15,47	311	3,98	100,47	2,26	59,33	1,74	1,92	4,14	102	0,404
			12	23,36	18,34	364	3,95	116,84	2,24	69,47	1,72	2	4,22	118	0,4
16/10	160	100	9	22,87	17,96	605	5,15	186	2,85	110,4	2,2	2,24	5,19	194	0,391
			10	25,28	19,85	666	5,13	204	2,84	121,16	2,19	2,28	5,23	213	0,390
			12	30,04	23,58	784	5,11	238	2,82	142,14	2,18	2,36	5,32	249	0,388
			14	34,72	27,26	897	5,08	271	2,8	162,49	2,16	2,43	5,4	282	0,385
20/12,5	200	125	11	34,87	27,37	1449	6,45	446	3,58	263	2,75	2,79	6,5	465	0,392
			12	37,89	29,74	1568	6,43	481	3,57	285	2,74	2,83	6,54	503	0,392
			14	43,87	34,43	1800	6,41	550	3,54	326	2,73	2,91	6,62	575	0,390
			16	49,77	39,07	2026	6,38	616	3,52	366	2,72	2,99	6,71	643	0,388

Приложение 5

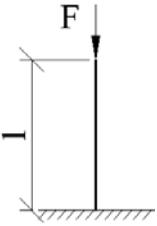
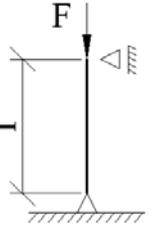
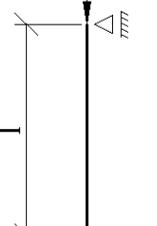
Таблица П5.1

Коэффициент φ продольного изгиба центрально-сжатых элементов

Гибкость, λ	Значения φ для элементов из							
	стали с расчетным сопротивлением R , МПа						чугун	древесина
	200	240	280	320	360	400		
0	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,988	0,987	0,985	0,984	0,983	0,982	0,97	0,992
20	0,967	0,962	0,959	0,955	0,952	0,949	0,91	0,968
30	0,939	0,931	0,924	0,917	0,911	0,905	0,81	0,928
40	0,906	0,894	0,883	0,873	0,863	0,854	0,69	0,872
50	0,869	0,852	0,836	0,822	0,809	0,796	0,57	0,8
60	0,827	0,805	0,785	0,766	0,749	0,721	0,44	0,712
70	0,782	0,754	0,724	0,687	0,654	0,623	0,34	0,608
80	0,734	0,686	0,641	0,602	0,566	0,532	0,26	0,469
90	0,665	0,612	0,565	0,522	0,483	0,447	0,2	0,37
100	0,599	0,542	0,493	0,448	0,408	0,369	0,16	0,3
110	0,537	0,478	0,427	0,381	0,338	0,306	–	0,248
120	0,479	0,419	0,366	0,321	0,287	0,26	–	0,208
130	0,425	0,364	0,313	0,276	0,247	0,223	–	0,178
140	0,376	0,315	0,272	0,24	0,215	0,195	–	0,153
150	0,328	0,276	0,239	0,211	0,189	0,171	–	0,133
160	0,29	0,244	0,212	0,187	0,167	0,152	–	0,117
170	0,259	0,218	0,189	0,167	0,15	0,136	–	0,104
180	0,233	0,196	0,17	0,15	0,135	0,123	–	0,093
190	0,21	0,177	0,154	0,136	0,122	0,111	–	0,083
200	0,191	0,161	0,14	0,124	0,111	0,101	–	0,075
210	0,174	0,147	0,128	0,113	0,102	0,093	–	0,068
220	0,16	0,135	0,118	0,104	0,094	0,086	–	0,062

Приложение 6

Влияние условий закрепления концов стержня
на величину критической силы

Схема стойки				
μ	2	1	0,7	0,5

Значение коэффициентов a и b в формуле Ясинского

$$\sigma_{кр} = a - b\lambda$$

Материал	$\lambda_{пред}$	a , МПа	b , МПа
Ст 2, Ст 3	100	310	1,14
Ст 5	100	464	3,26
Сталь 40	90	321	1,16
Кремнистая сталь	100	589	3,82
Дерево	110	29,3	0,194
Чугун	80	776	12
Для чугуна $\sigma_{кр} = a - b\lambda + c\lambda^2$, где $c = 0,53$			

**Требования к выполнению и оформлению
расчетно-проектировочных работ**

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра «Сопротивления материалов
и теория упругости»**

**Расчетно-проектировочные работы
по сопротивлению материалов**

**Выполнил студент
группы ...
ФИО**

**Принял
ФИО**

Минск 2011

Задача 1 «Расчет ступенчатого стержня»

Условие

С о д е р ж а н и е
у с л о в и я

Расчетная схема

Ч е р т е ж
р а с ч е т н о й
с х е м ы

Задача 2 «Расчет стержневой системы»

Условие

С о д е р ж а н и е
у с л о в и я

Расчетная схема

Ч е р т е ж
р а с ч е т н о й
с х е м ы

Каждую задачу следует начинать с новой страницы.

Решение

Решение задачи следует вести в числовом виде, вычисления достаточно вести с точностью до двух значащих цифр после запятой. Расчеты следует проводить последовательно, аккуратно в соответствии с требованиями задания. Если одна из расчетных величин определяется по готовой формуле, то недостаточно привести эту формулу и конечный результат, следует показать как получен этот результат. При построении эпюр следует располагать их на одном листе с расчетной схемой.

Указание для студентов заочников. При выборе номера схемы задачи следует руководствоваться следующим правилом: личный номер (шифр) студента от 1 до 30 соответствует номеру схемы. Если личный номер больше 30, то номер схемы определяется путем деления личного номера на число 30. Целое число частного не используется, а остаток определяет номер схемы.

Например:

личный номер студента 289; тогда $289/30=9$ и 19 в остатке-номер схемы 19.

**Работы, выполненные с нарушением этого правила,
не рецензируются.**

При защите расчетно-проектировочной работы студент должен отвечать на вопросы, связанные с ее выполнением, уметь решить контрольную задачу по ее тематике.

Учебное издание

СБОРНИК ЗАДАЧ

для расчетно-проектировочных работ
по дисциплине «Сопротивление материалов»
для студентов строительных специальностей

С о с т а в и т е л и :

ЗИНЕВИЧ Сергей Иванович
БАЛЫКИН Михаил Кириллович
ГОЛУБЕВ Иван Архипович и др.

Технический редактор Д.А. Исаев
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

Подписано в печать 22.09.2011.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 6,28. Уч.-изд. л. 4,91. Тираж 500. Заказ 765.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.