

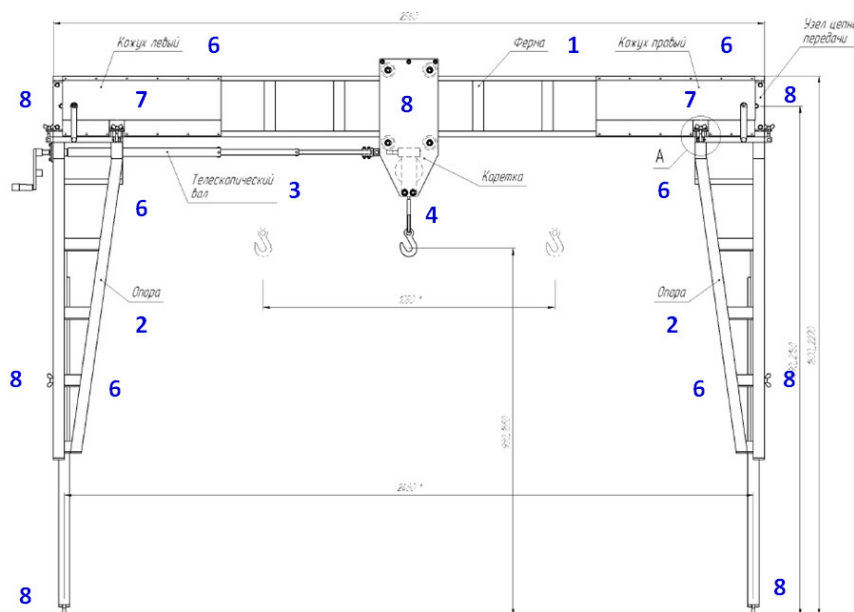


ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ  
Инженерный институт

## МЕХАНИКА

Задания и методические указания  
для выполнения контрольных, расчетно-графических работ  
и самостоятельной работы

### Часть 3. Сопротивление материалов



Новосибирск 2015

## Кафедра теоретической и прикладной механики

Механика: сопротивление материалов: задания и методические указания для выполнения контрольных, расчетно-графических работ и самостоятельной работы. Ч.3 / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т.; сост. А.А. Шибков, С.А. Булгаков, И.В. Тихонкин. – Новосибирск, 2015. – 60 с. изд. перераб. и доп.

Методическая разработка содержит задания для самостоятельной работы студентов по дисциплине Механика раздел «Сопротивление материалов», выполняемой индивидуально каждым студентом в аудитории под руководством преподавателя, а также варианты заданий для контрольных и расчетно-графических работ. Содержание контрольных и расчетно-графических работ формируется в соответствии с изучаемыми темами согласно рабочим программам дисциплин.

Предназначена для студентов Агрономического факультета очной формы обучения, обучающихся по направлению подготовки Природообустройство и водопользование, при изучении и закреплении соответствующих тем раздела «Сопротивление материалов» дисциплины Механика.

Методическая разработка рекомендована студентам других факультетов ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, обучающимся по инженерным направлениям подготовки (Продукты питания животного происхождения, Технология продукции и организация общественного питания, Стандартизация и метрология, Строительство), изучающим соответствующие разделы и темы дисциплин Сопротивление материалов, Механика, Прикладная механика, согласно утвержденным учебным планам и рабочим программам дисциплин.

Утверждена и рекомендована к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол от 29 сентября 2015 г. № 2)

© ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ  
Инженерный институт, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Задания для контрольной работы</b>	4
<b>Методические указания по выполнению контрольной работы (с примерами)</b>	10
<b>Задания для самостоятельной работы</b>	15
Задание 1. Тема: «Геометрические характеристики симметричных сечений»	15
Задание 2. Тема: «Расчет на прочность при растяжении»	17
Задание 3. Тема: «Расчет на прочность и устойчивость сжатых стержней»	18
Задание 4. Тема: «Расчет на прочность при срезе и смятии»	19
Задание 5. Тема: «Расчет на прочность и жесткость при кручении»	21
Задание 6. Тема: «Расчет на прочность и определение перемещений при плоском изгибе»	24
Задание 7. Тема: «Статически неопределимые балки»	28
Задание 8. Тема: «Расчет на прочность при пространственном изгибе»	30
Задание 9. Тема: «Расчет на прочность при изгибе с кручением»	32
Задание 10. Тема: «Действие динамических нагрузок»	34
Задание 11. Тема: «Напряжения и деформации при ударе»	37
Задание 12. Тема: «Напряжения при вынужденных колебаниях»	38
<b>Задания для выполнения контрольных и расчетно-графических работ</b>	
Задание 1. Тема: «Расчет плоской фермы»	40
Задание 2. Тема: «Плоский изгиб»	42
Задание 3. Тема: «Статически неопределимые конструкции»	45
Задание 4. Тема: «Расчет вала на прочность при изгибе с кручением».	49
Задание 5. Тема: «Статически неопределимые рамы».	52

## 1. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задачи, представленные в контрольных работах, даны в последовательности тем рабочей программы и поэтому должны решаться постепенно, по мере изучения материала.

Каждый студент должен выполнить две контрольные работы, включающие задачи по изучаемым разделам дисциплины. Вторая контрольная работа включает в себя задания по разделу «Механика: Ч.2 Сопротивление материалов» – растяжение и сжатие (задание 1.1), кручение (задание 1.2) и изгиб (задание 1.3).

Вариант контрольного задания определяется шифром студента. Задания для контрольных работ приведены в таблицах и на рисунках данного пособия и выбираются студентами в соответствии со своим шифром.

### Задание 1.1. Растяжение и сжатие

Двухступенчатый стальной брус в соответствии с рисунком 1.1 нагружен силами  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ . Построить эпюры продольных сил  $N_z$  и нормальных напряжений  $\sigma$  по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса, приняв  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

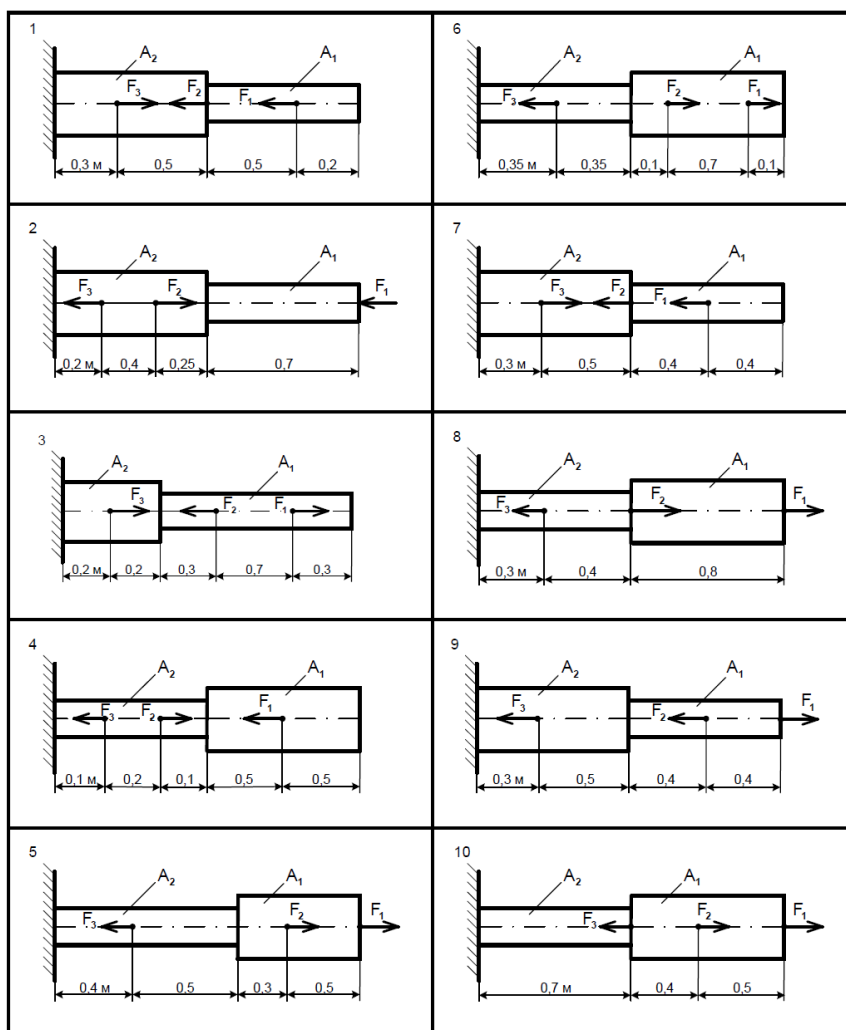


Рисунок 1.1 – Схемы для выполнения задания 3

Числовые значения  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ , а также площади поперечных сечений ступеней  $A_1$  и  $A_2$  для своего варианта взять из таблицы 1.1.

Таблица 1.1. Варианты к заданию №1.1

Схема в соответствии с рисунком 3	Вариант	Сила, кН			Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	
		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
1	01	30	10	5	1,8	3,2
	11	16	15	10	1,1	1,8
	21	17	13	8	1,0	2,2
2	30	11	6	2	1,1	1,6
	10	12	5	3	1,0	1,5
	20	18	10	5	1,9	2,7
3	02	16	25	28	1,2	3,8
	12	8	13	14,5	0,6	2,1
	23	15	24	29	1,3	3,9
4	03	26	9	3	1,9	1,6
	13	14	5	1,5	1,0	0,7
	22	24	10	3,5	2,0	1,7
5	05	14	16	10	2,1	1,9
	15	17	19	13	2,4	2,1
	25	20	18	12	2,5	2,2
6	04	28	22	12	4,8	2,6
	14	19	14	4	2,9	1,8
	24	26	20	10	4,6	2,4
7	07	17	13	8	2	2,5
	17	20	17	10	2,2	2,7
	27	14	10	6	1,7	2,3
8	06	10	12	13	0,9	0,7
	16	17	19	20	1,6	1,4
	26	9	11	12	1,0	0,8
9	09	40	55	24	2,8	3,4
	19	31	46	20	1,9	2,5
	29	25	41	18	1,6	2,1
10	08	29	2	54	1,9	1,4
	18	15	1,1	34	0,8	0,5
	28	30	4	56	2,0	1,5

### Задание 1.2. Кручение

Для стального вала постоянного поперечного сечения в соответствии с рисунком 1.2

- определить значения моментов  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $M_4$ ;
- определить диаметр вала из расчетов на прочность и жесткость.

Принять  $[\tau_k] = 30$  МПа,  $[\varphi_0] = 0,02$  рад /м.

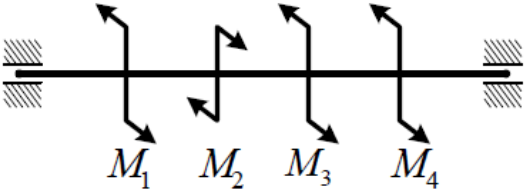
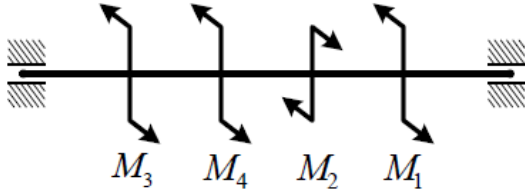
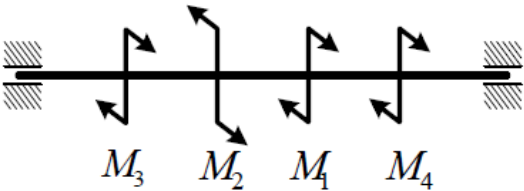
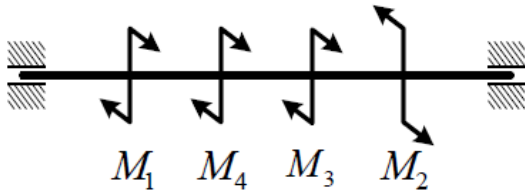
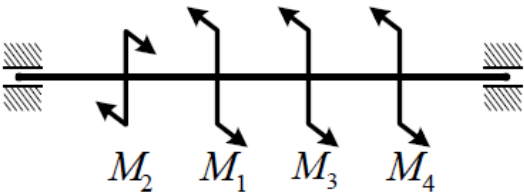
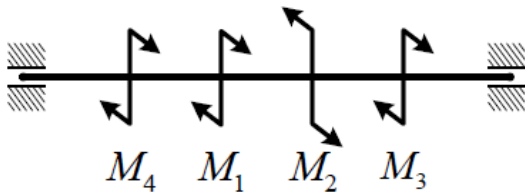
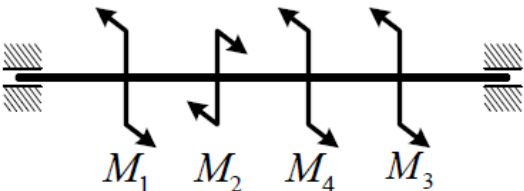
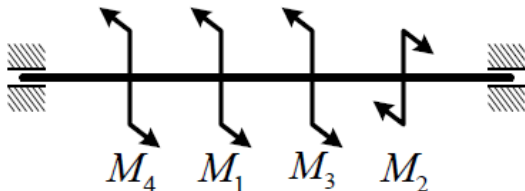
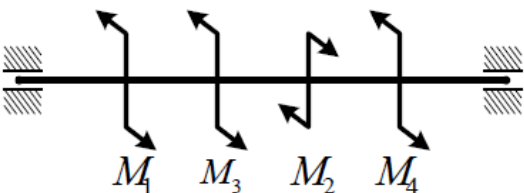
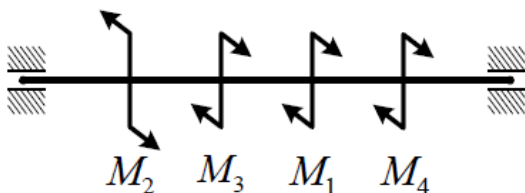
 1	 6
 2	 7
 3	 8
 4	 9
 5	 10

Рисунок 1.2 – Схемы для выполнения задания 4

Данные своего варианта взять из таблицы 1.2.

Таблица 1.2 – Данные для выполнения задания 1.2

Схема в соответствии с рисунком 4	Вариант	Мощность, кВт			Угловая скорость, с <sup>-1</sup>
		P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	ω
1	25	35	20	15	20
	12	150	10	50	45
	30	40	25	20	25
2	01	130	90	40	45
	13	100	65	25	35
	24	90	45	20	20
3	02	15	10	35	16
	15	75	80	25	40
	27	55	65	25	20
4	03	60	40	20	20
	14	150	10	75	55
	26	95	70	45	35
5	05	100	18	50	20
	17	50	15	25	18
	29	40	12	20	20
6	04	60	15	80	55
	16	45	10	60	30
	28	50	10	75	30
7	07	18	35	40	10
	19	16	30	45	12
	21	20	35	100	25
8	06	20	50	30	10
	18	40	10	55	16
	20	65	14	80	35
9	09	52	10	60	32
	11	30	0	45	15
	23	35	80	50	18
10	08	80	95	75	25
	10	75	12	90	30
	22	42	60	55	18

Окончательно принимаемое значение диаметра вала должно быть округлено до ближайшего большего четного или оканчивающегося на пять числа.

### Задание 1.3. Изгиб

Для стальной балки, жестко защемленной одним концом и нагруженной в соответствии с рисунком 1.3, построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов; подобрать из условия прочности необходимый размер двутавра, приняв  $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$ .

Данные своего варианта брать из таблицы 1.3.

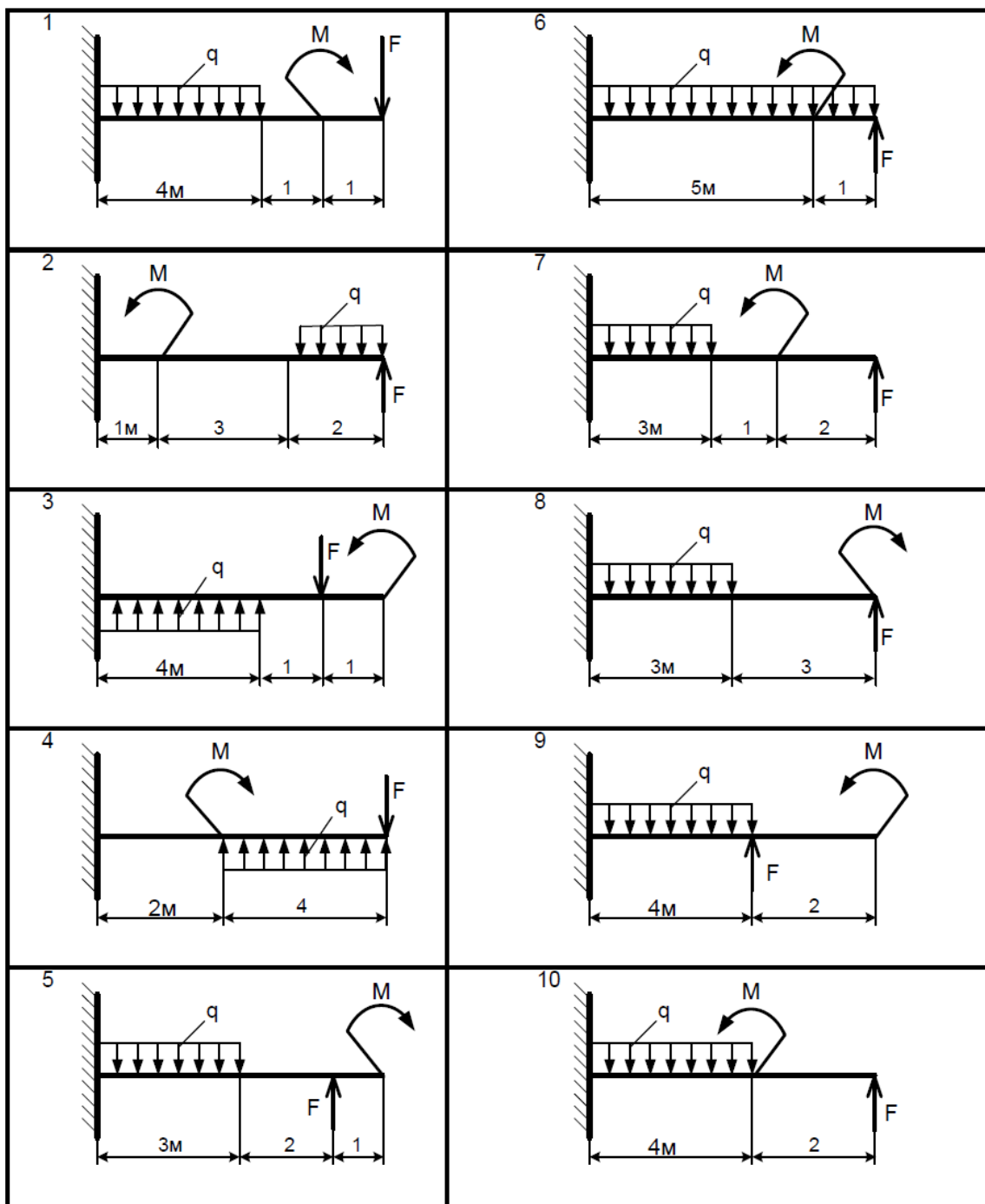


Рисунок 1.3 – Схемы для выполнения задания 1.3



Таблица 1.3 – Данные для выполнения задания 1.3

Схема в соответствии с рисунком 5	Вариант	Сила, кН	Момент, кН·м	Интенсивность распределенной нагрузки, кН / м
		F	M	q
1	30	20	10	10
	13	30	20	20
	27	40	10	20
2	01	10	40	10
	15	30	30	20
	26	40	30	20
3	02	20	10	10
	14	30	10	10
	29	10	10	10
4	03	20	10	10
	17	30	10	10
	28	40	10	20
5	05	10	10	10
	16	10	10	20
	21	20	10	20
6	04	30	10	10
	19	40	10	10
	20	50	10	10
7	07	10	10	10
	18	20	10	10
	23	20	10	20
8	06	10	10	10
	11	20	10	10
	22	20	20	20
9	09	20	10	10
	10	30	10	10
	25	30	10	20
10	08	10	10	10
	12	20	10	10
	24	30	10	10

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (С ПРИМЕРАМИ)

### 2.1. Рекомендуемая последовательность решения задания 1.1 по теме «Растяжение и сжатие»

1. Разбить брус на участки, начиная от свободного конца. Границами участков являются сечения, в которых приложены внешние силы и места изменения размеров поперечного сечения.

2. Определить по методу сечений продольную силу для каждого участка (ординаты эпюры  $N_z$ ), построить эпюру продольных сил  $N_z$ . Проведя параллельно оси бруса базовую (нулевую) линию эпюры, отложить перпендикулярно ей в произвольном масштабе полученные значения ординат.

Через концы ординат провести линии, проставить знаки и заштриховать эпюру линиями, параллельными ординатам.

3. Для построения эпюры нормальных напряжений определить напряжения в поперечных сечениях каждого из участков. В пределах каждого участка напряжения постоянны, т.е. эпюра на данном участке изображать прямой, параллельной оси бруса.

4. Перемещение свободного конца бруса определить как сумму удлинений (укорочений) участков бруса, вычисленных по формуле Гука.

5. Произвести проверку прочности.

**2.1. Пример 1.** Для данного стального ступенчатого бруса в соответствии с рисунком 8 построить эпюру продольных сил  $N_z$  и нормальных напряжений  $\sigma$ ; определить перемещение свободного конца  $\Delta l$ .

Дано:  $F_1 = 30$  кН;  $F_2 = 38$  кН;  $F_3 = 42$  кН;  $A_1 = 1,9$  см<sup>2</sup>;  $A_2 = 3,1$  см<sup>2</sup>.

**Решение**

1. Разбиваем брус на участки 1, 2, 3, 4, 5.

2. Применяя метод сечений, определяем значения продольных сил  $N_z$ ,  $N$ , на участках бруса

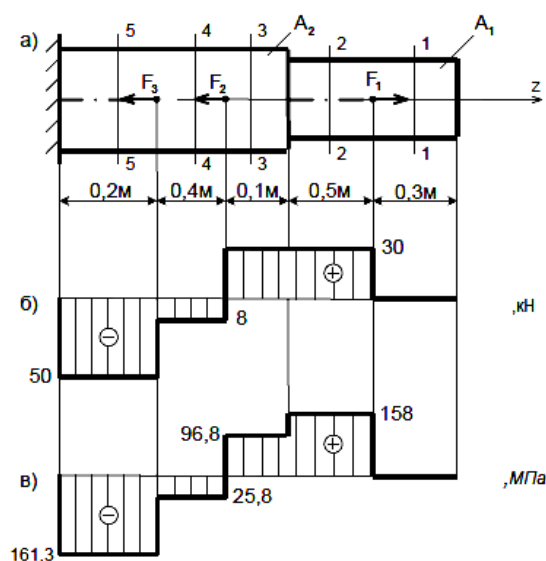


Рисунок 2.1 – К расчету двухступенчатого бруса

$$\begin{aligned}
N_{z1} &= 0; & N_{z1} &= 0 \\
N_{z2} &= F_1; & N_{z2} &= 30kH = 30 \cdot 10^3 H; \\
N_{z3} &= F_1; & N_{z3} &= 30kH = 30 \cdot 10^3 H; \\
N_{z4} &= F_1 - F_2; & N_{z4} &= 30 - 38 = -8kH = -8 \cdot 10^3 H; \\
N_{z5} &= F_1 - F_2 - F_3; & N_{z5} &= -8 - 42 = -50kH = -50 \cdot 10^3 H.
\end{aligned}$$

Строим эпюру продольных сил  $N_z$  в соответствии с рисунком 2.1.

3. Вычисляем значения нормальных напряжений  $\sigma$ , МПа, по формулам:

$$\begin{aligned}
\sigma_1 &= \frac{N_{z1}}{A_1}; & \sigma_1 &= 0; \\
\sigma_2 &= \frac{N_{z2}}{A_1}; & \sigma_2 &= \frac{30 \cdot 10^3}{1.9 \cdot 10^2} = 158 \frac{H}{мм^2} = 158 МПа; \\
\sigma_3 &= \frac{N_{z3}}{A_2}; & \sigma_3 &= \frac{30 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2} = 96,8 \frac{H}{мм^2} = 96,8 МПа; \\
\sigma_4 &= \frac{N_{z4}}{A_2}; & \sigma_4 &= \frac{-8 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2} = -25,8 \frac{H}{мм^2} = -25,8 МПа; \\
\sigma_5 &= \frac{N_{z5}}{A_2}; & \sigma_5 &= \frac{-50 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2} = -161,3 \frac{H}{мм^2} = -161,3 МПа.
\end{aligned}$$

Строим эпюру нормальных напряжений в соответствии с рисунком 2.1.

4. Определяем перемещение свободного конца  $\Delta l$ , мм, по формуле

$$\begin{aligned}
\Delta l &= \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4 + \Delta l_5 \\
\Delta l_1 &= \frac{N_{z1} \cdot l_1}{A_1 \cdot E}; & \Delta l_1 &= 0; \\
\Delta l_2 &= \frac{N_{z2} \cdot l_2}{A_1 \cdot E}; & \Delta l_2 &= \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 10^3}{1.9 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0.394 мм; \\
\Delta l_3 &= \frac{N_{z3} \cdot l_3}{A_2 \cdot E}; & \Delta l_3 &= \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0.1 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0.0484 мм; \\
\Delta l_4 &= \frac{N_{z4} \cdot l_4}{A_2 \cdot E}; & \Delta l_4 &= \frac{-8 \cdot 10^3 \cdot 0.4 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = -0.0516 мм; \\
\Delta l_5 &= \frac{N_{z5} \cdot l_5}{A_2 \cdot E}; & \Delta l_5 &= \frac{-50 \cdot 10^3 \cdot 0.2 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = -0.161 мм;
\end{aligned}$$

$$\Delta l = 0 + 0,394 + 0,0484 - 0,0516 - 0,161 = 0,23 \text{ мм.}$$

**Ответ:** Брус удлинился на 0,23мм.

## 2.2 Последовательность решения задачи 2.2 по теме «Кручение»

1. Определить внешний скручивающий момент  $M$ , Н·м, по формуле

$$M = \frac{P}{\omega},$$

где  $P$  – мощность, Вт;  $\omega$  – угловая скорость,  $c^{-1}$ .

2. Определить уравнивающий момент, используя уравнение равновесия  $\Sigma M_{kz}=0$ , так как при равномерном вращении вала алгебраическая сумма приложенных к нему внешних скручивающих (вращающих) моментов равна нулю.

3. Пользуясь методом сечений, построить эпюру крутящих моментов по длине вала.

4. Для участка вала, в котором возникает наибольший крутящий момент, определить диаметр вала круглого или кольцевого сечения:

а) из условия прочности

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_z}{\pi \cdot [\tau_k]}};$$

Сечение вала - круг:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_z}{\pi \cdot (1 - c^4) \cdot [\tau_k]}};$$

Сечение вала - кольцо:

б) из условия жесткости

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot J_\rho}{\pi}};$$

Сечение вала - круг:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot J_\rho}{\pi \cdot (1 - c^4)}}$$

Сечение вала - кольцо:

Из двух полученных диаметров вала выбрать наибольший.

**2.2. Пример 2.** Для стального вала круглого поперечного сечения постоянного по длине, показанного на рисунке 2.2, требуется:

1) определить значения моментов  $M_2$ ,  $M_3$ , соответствующие передаваемым мощностям  $P_2$ ,  $P_3$ , а также уравнивающий момент  $M_1$ ;

2) построить эпюру крутящих моментов;

3) определить требуемый диаметр вала из расчетов на прочность и жесткость, если:  $[\tau_k] = 30$  МПа;  $[\phi_0] = 0,02$  рад/м;  $\omega = 20$  с<sup>-1</sup>;  $P_2 = 52$  кВт;  $P_3 = 50$  кВт;  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа.

Окончательное значение диаметра округлить до ближайшего четного (или оканчивающегося на пять) числа.

Решение

1. Определяем величины скручивающих моментов  $M_2$  и  $M_3$

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega}; \quad M_2 = \frac{52 \cdot 10^3}{20} = 2600 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = \frac{P_3}{\omega}; \quad M_3 = \frac{50 \cdot 10^3}{20} = 2500 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Определяем уравнивающий момент  $M_1$

$$\Sigma M_z = 0; -M_1 + M_2 + M_3 = 0;$$

$$M_1 = M_2 + M_3; M_1 = 2600 + 2500 = 5100 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

3. Строим эпюру  $M_z$  в соответствии с рисунком 2.2.
4. Определяем диаметр вала для опасного участка, из условий прочности и жесткости ( $M_{zmax} = 5100 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ).

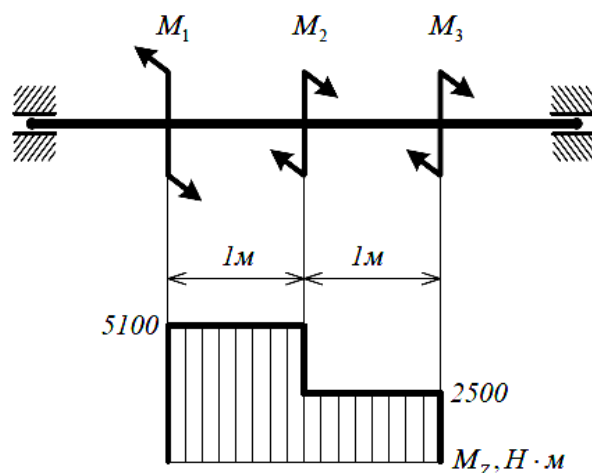


Рисунок 2.2 – К расчету вала

Из условия прочности:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{zmax}}{\pi \cdot [\tau_K]}} \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5100 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 30}} = 95,3 \text{ мм}.$$

Из условия жесткости:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M_{zmax}}{\pi \cdot G \cdot [\varphi_0]}} \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 5100 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3}}} = 75,5 \text{ мм}$$

**Ответ:** Требуемый диаметр вала получился больше из расчета на прочность, поэтому его принимаем как окончательный:  $d = 96 \text{ мм}$ .

### 2.3. Рекомендуемая последовательность решения задания 1.3 по теме «Изгиб»

1. Определить опорные реакции.
2. Балку разделить на участки по характерным сечениям.
3. Определить вид эпюры поперечных сил на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить поперечные силы в характерных сечениях и построить эпюры поперечных сил.
4. Определить вид эпюры изгибающих моментов на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить изгибающие моменты в характерных сечениях и построить эпюры изгибающих моментов.
5. Для данной балки, имеющей по всей длине постоянное поперечное сечение, выполнить проектный расчет, т.е. определить  $W_x$  в опасном сечении, где изгибающий момент имеет наибольшее по модулю значение.

#### 2.3 Пример 3.

Для заданной консольной балки (рисунок 2.3) построить эпюры  $Q_y$ ,  $M_x$  и подобрать двутавровое сечение, если:

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа}, F_1 = 2 \text{ кН}, F_2 = 1 \text{ кН}, M = 12 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

### Решение

1. Делим балку на участки по характерным сечениям А, В, С

2. Определяем значения поперечной силы  $Q_y$  и строим эпюру.

1 участок:  $Q_{y1} = -F_2$ ;  $Q_{y1} = -1$  кН;

2 участок:  $Q_{y2} = -F_2 + F_1$ ;  $Q_{y2} = -1 + 2 = 1$  кН.

3. Определяем значения изгибающих моментов  $M_x$  в характерных сечениях и строим эпюру  $M_x$  (рисунок 2.3).

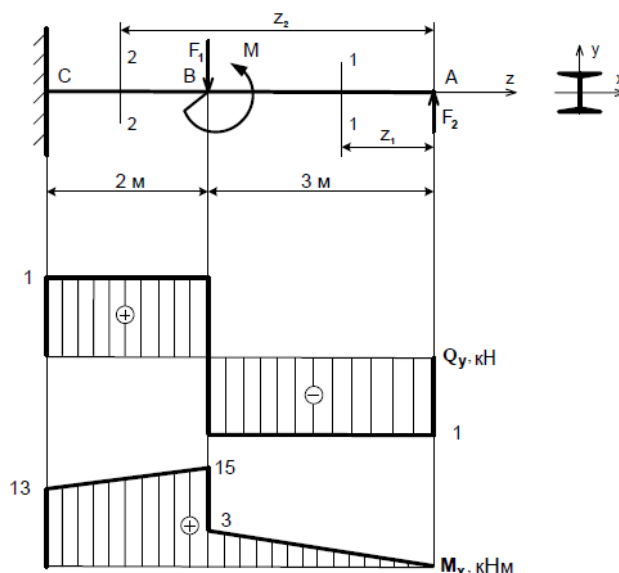


Рисунок 2.3 – К расчету балки

1 участок:

$$M_{x1} = F_2 \cdot z_1$$

$$\text{при } z_1 = 0; M_{xA} = 0;$$

$$\text{при } z_1 = 3 \text{ м}; M_{xB} = 3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2 участок:

$$M_{x2} = F_2 \cdot z_2 - F_1 \cdot (z_2 - 3) + M$$

$$\text{при } z_2 = 3 \text{ м}; M_{xB} = 15 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{при } z_2 = 5 \text{ м}; M_{xC} = 13 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

4. Исходя из эпюры изгибающих моментов, определим  $M_{x\max}$

$$M_{x\max} = 15 \text{ кН} \cdot \text{м} = 15 \cdot 10^6 \text{ мм} \cdot \text{Н}$$

5. Вычисляем осевой момент сопротивления сечения, исходя из условия прочности:

$$W_x \geq \frac{M_{x\max}}{[\sigma]}; \quad W_x = \frac{15 \cdot 10^6}{160} = 93750 \text{ мм}^3 = 93,75 \text{ см}^3;$$

В соответствии с ГОСТ 8239-72 выбираем двутавр №16,  $W_{x\text{таб}} = 109 \text{ см}^3$ .

Вычисляем недогрузку  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{|W_x - W_{x\text{таб}}|}{[W_{x\text{таб}}]} \cdot 100\%;$$

$$\Delta = \frac{93,75 - 109}{109} \cdot 100\% = 14\%.$$

**Ответ:** Двутавр №16.

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## ЗАДАНИЕ 1

### ТЕМА: «ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИММЕТРИЧНЫХ СЕЧЕНИЙ»

Сечение (рисунок 1, номер схемы соответствует второй цифре варианта) состоит из стандартных швеллеров (схемы 0,1), уголков равнополочных (схемы 2,3,4,5) или уголков неравнополочных (схемы 6,7,8,9). Определить основные геометрические характеристики сечения: площадь  $A$ , главные центральные моменты инерции  $I_x$  и  $I_y$ , осевые моменты сопротивления  $W_x$  и  $W_y$ , радиусы инерции  $i_x$  и  $i_y$ .

Данные для расчета взять из таблицы 1.

Таблица 1 - Данные к заданию 1

Первая цифра варианта	Номер швеллера (схемы 0;1)	Уголок равнополочный, мм (схемы 2;3;4;5)	Уголок неравнополочный, мм (схемы 6;7;8;9)
0	10	50×50×5	50×32×4
1	16	70×70×7	100×63×10
2	20	100×100×10	160×100×10
3	30	125×125×10	200×125×12

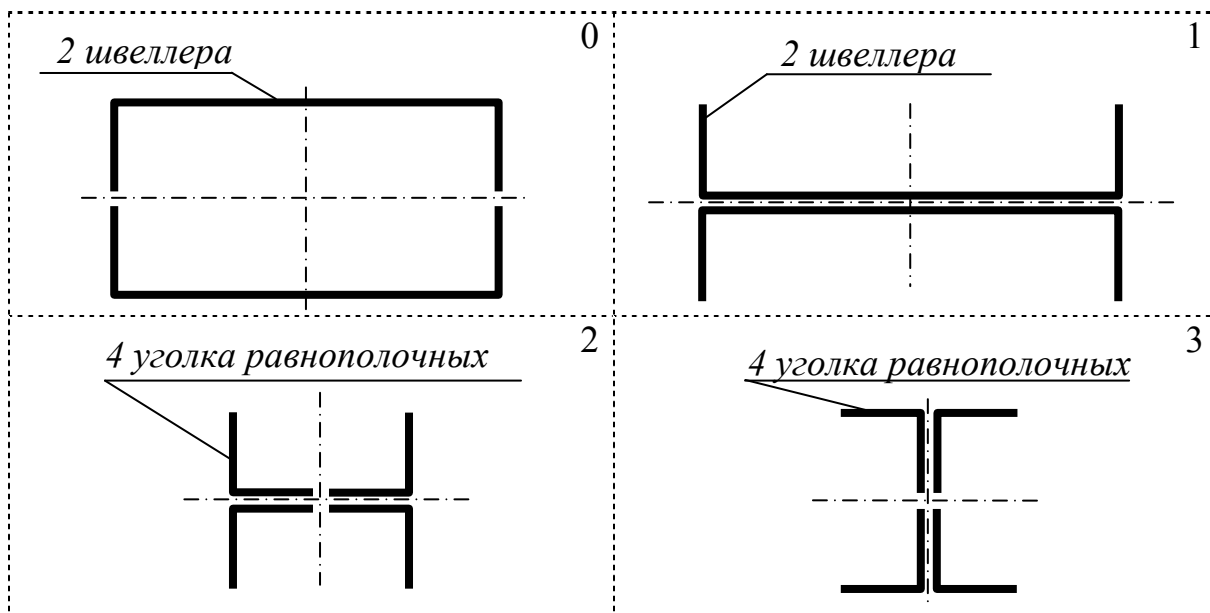
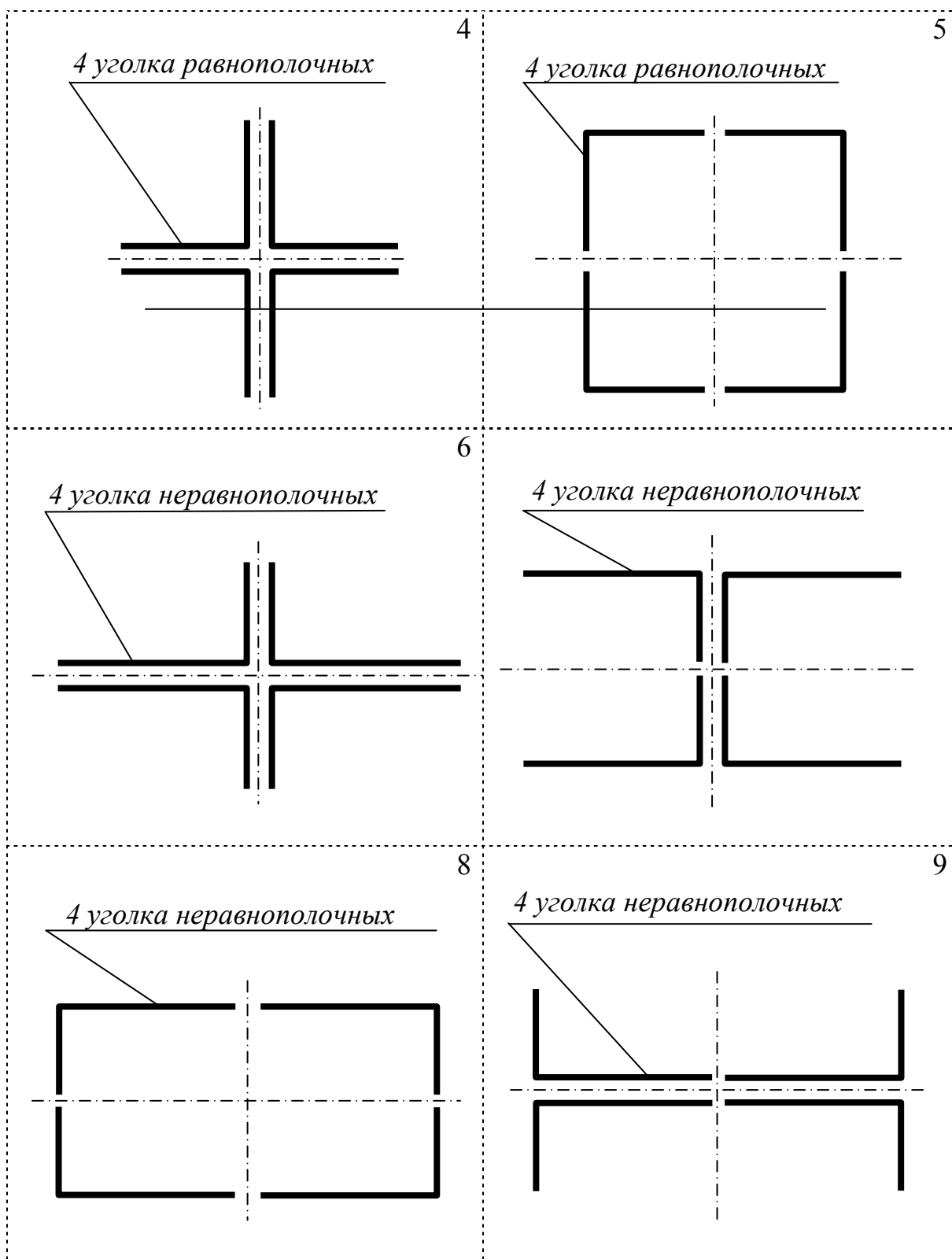


Рисунок 1 – Форма сечения к заданию 1



*Продолжение рисунка 1*



## ЗАДАНИЕ 2

### ТЕМА: «РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ»

Плоская ферма (рисунок 2) состоит из двух стержней квадратного сечения. Материал стержней - сталь **Ст2**. Ферма нагружена силой  $F=100\text{кН}$ . Определить необходимые размеры сечений стержней.

Значения углов между стержнями фермы взять из таблицы 2 в соответствии с номером варианта.

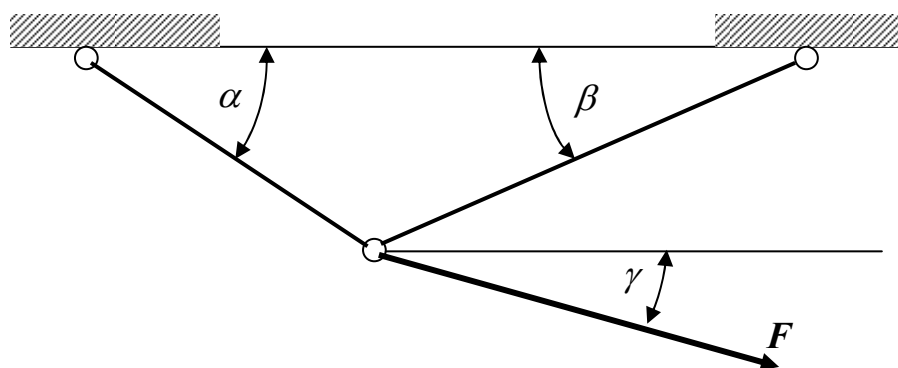


Рисунок 2 – Схема фермы к заданию 2

Таблица 2 – Данные к заданию 2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$
$\beta$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$135^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$
$\gamma$	$90^\circ$	$120^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$	$120^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$

Продолжение таблицы 2

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\alpha$	$45^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$
$\beta$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$120^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$
$\gamma$	$60^\circ$	$120^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$

Продолжение таблицы 2

Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$\alpha$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$
$\beta$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$
$\gamma$	$60^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$

### ЗАДАНИЕ 3

#### ТЕМА: «РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ»

Сжатая стойка (рисунок 3, номер схемы соответствует второй цифре варианта) изготавливается из стандартного проката. Материал – сталь **Ст3**. Подобрать номер прокатного профиля, чтобы стойка имела коэффициент запаса устойчивости в пределах его нормативных значений.

Данные для расчета взять из таблицы 3.

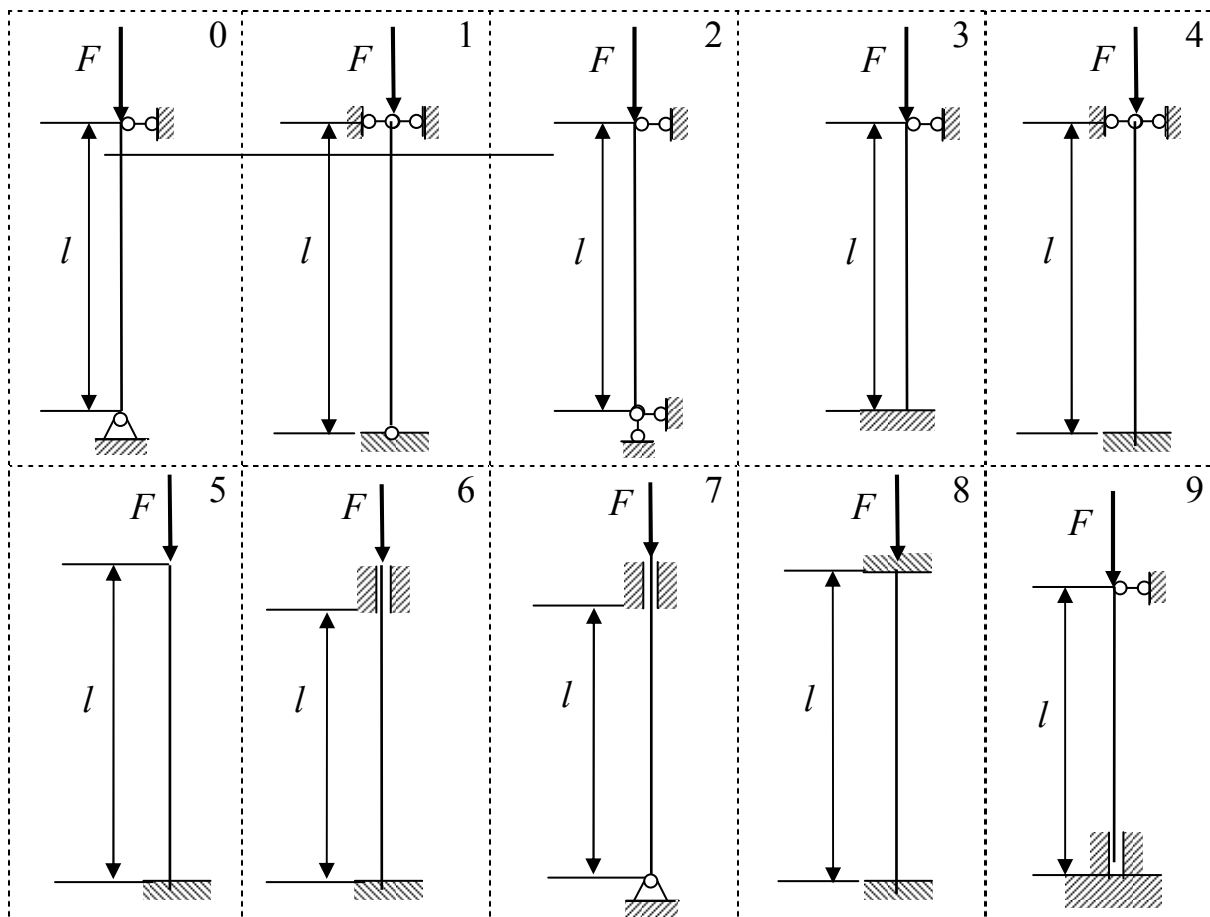


Рисунок 3 – Схема стойки к заданию 3

Таблица 3 – Данные для расчета к заданию 3

Первая цифра варианта	Форма сечения	$F$ , кН	$l$ , м
0	Двутавр	300	2,5
1	Швеллер	200	2,0
2	Уголок равнополочный	100	1,5
3	Уголок неравнополочный	75	1,0

## ЗАДАНИЕ 4

### ТЕМА: «РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СРЕЗЕ И СМЯТИИ»

#### Задача 4.1

Стальная полоса сечением  $50 \times 5$  мм приваривается к фасонному листу комбинированным швом (рисунок 4). Определить необходимую длину фланговых сварных швов, если соединение должно передавать усилие  $F=20$  кН.

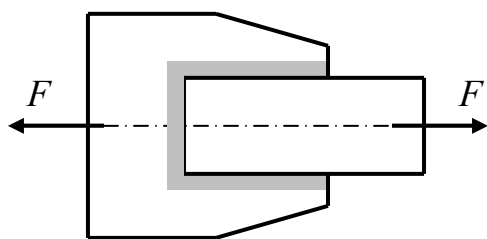


Рисунок 4

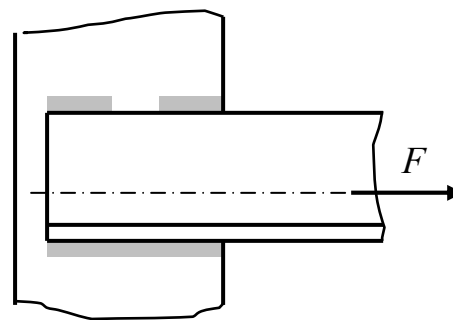


Рисунок 5

#### Задача 4.2

Равнополочный уголок  $50 \times 50 \times 4$  мм, изготовленный из стали **Ст3**, приваривается к опоре двумя фланговыми швами (рисунок 5). Определить длину фланговых сварных швов из условия равнопрочности соединения на срез и уголка на растяжение.

#### Задача 4.3

Стойка круглого поперечного сечения диаметром  $d=40$  мм вставлена в цилиндрическое отверстие опоры и приварена к ней угловым кольцевым швом (рисунок 6). Стойка нагружена сжимающей силой  $F=50$  кН. Определить необходимый катет сварного шва.

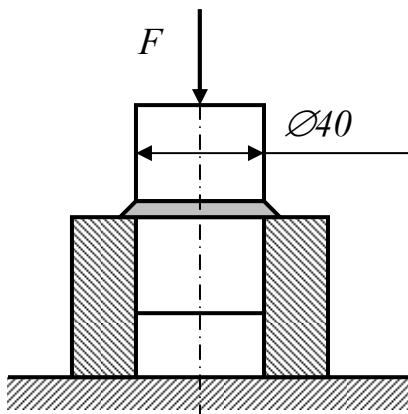


Рисунок 6

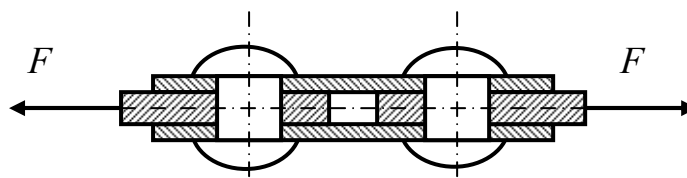


Рисунок 7

#### Задача 4.4

Стык двух листов толщиной  $t=5\text{мм}$  (рисунок 7) перекрыт двумя накладками толщиной  $t_f=3\text{мм}$  каждая. Соединение растягивается усилием  $F=10\text{кН}$ . Определить необходимое количество заклепок и разместить их в плане. Материал всех деталей – сталь **Ст2**.

#### Задача 4.5

Тяга прямоугольного сечения соединяется с кронштейном цилиндрическим пальцем (рисунок 8). Кронштейн приваривается к основанию угловым швом. Определить все рассчитываемые размеры данного крепежного узла при значении продольной силы в тяге  $N=50\text{кН}$ . Материал всех деталей – сталь **30**.

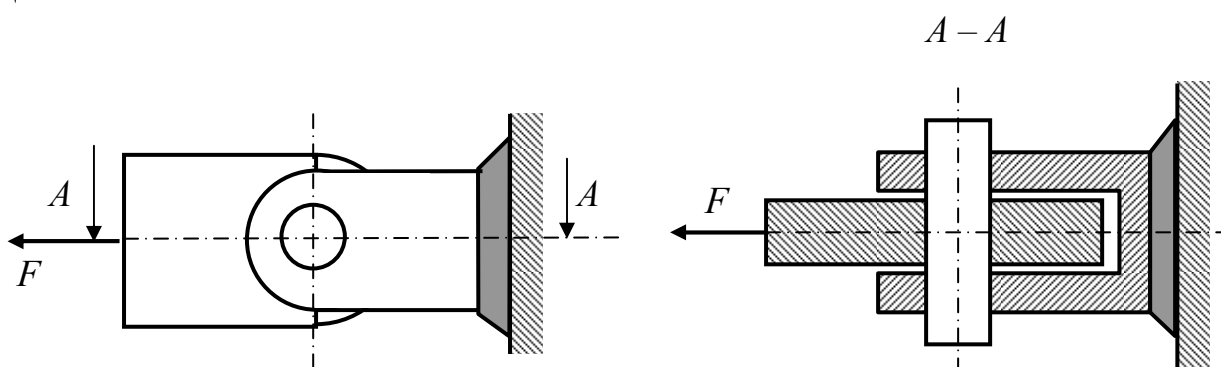


Рисунок 8

#### Задача 4.6

Кронштейн, изготовленный из толстого стального листа, передает на колонну усилие  $F=30\text{кН}$  (рисунок 9). Соединение кронштейна с колонной – болтовое односрезное. Определить диаметры болтов из условия их прочности на срез. Материал болтов – сталь **Ст2**.

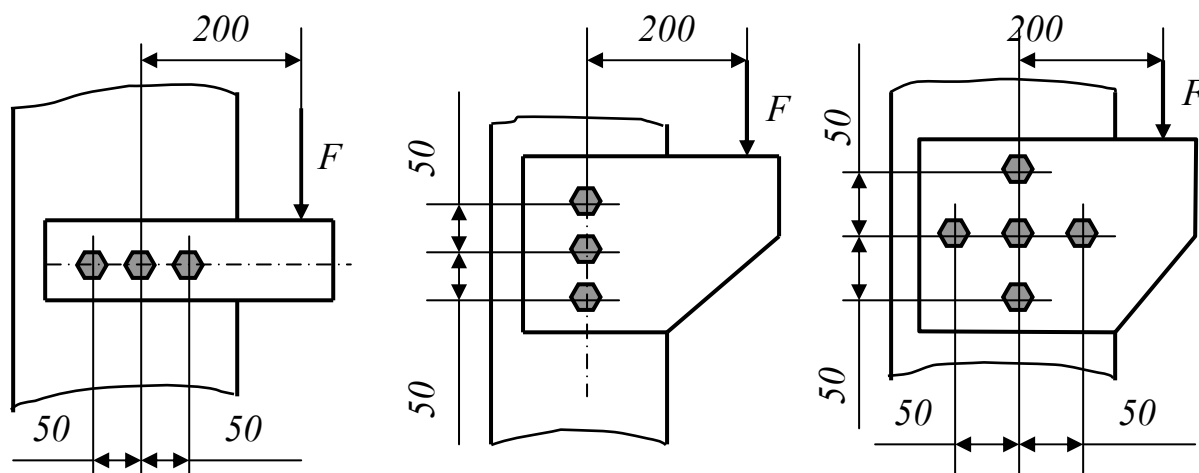


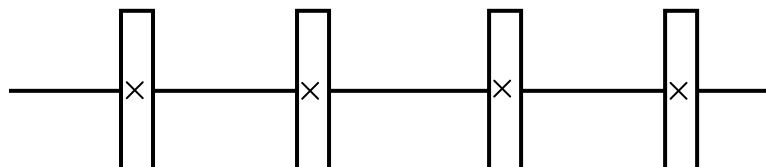
Рисунок 9

## ЗАДАНИЕ 5

ТЕМА: «РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПРИ КРУЧЕНИИ»

### Задача 5.1

На валу (рисунок 10) шкив *1* – ведущий. Моменты на ведомых шкивах:  $M_2=200\text{Н}\cdot\text{м}$ ;  $M_3=300\text{Н}\cdot\text{м}$ ;  $M_4=400\text{Н}\cdot\text{м}$ . Построить эпюру крутящего момента  $T_K$  и определить диаметры сечений вала, предполагая его ступенчатым. Данные для расчета взять из таблицы 4 по номеру варианта.



*Рисунок 10 - Схема вала к задаче 5.1*

*Таблица 4 – Данные к задаче 5.1*

Номер варианта	1	2	3	4	5
Расположение шкивов на валу	1,2,3,4	1,2,4,3	1,3,2,4	1,3,4,2	1,4,2,3
Сталь	45	40	35	30	25

*Продолжение таблицы 4*

Номер варианта	6	7	8	9	10
Расположение шкивов на валу	1,4,3,2	2,1,3,4	2,1,4,3	2,3,1,4	2,3,4,1
Сталь	20	15	10	08	08

*Продолжение таблицы 4*

Номер варианта	11	12	13	14	15
Расположение шкивов на валу	2,4,1,3	2,4,3,1	3,1,2,4	3,1,4,2	3,2,1,4
Сталь	10	15	20	25	30

*Продолжение таблицы 4*

Номер варианта	16	17	18	19	20
Расположение шкивов на валу	3,2,4,1	3,4,1,2	3,4,2,1	4,1,2,3	4,1,3,2
Сталь	35	40	45	45	40

Продолжение таблицы 4

Номер варианта	21	22	23	24	25
Расположение шкивов на валу	4,2,1,3	4,2,3,1	4,3,1,2	4,3,2,1	2,1,3,4
Сталь	35	30	25	20	15

Продолжение таблицы 4

Номер варианта	26	27	28	29	30
Расположение шкивов на валу	2,4,1,3	3,1,2,4	3,2,1,4	4,1,3,2	4,3,1,2
Сталь	10	10	15	20	25

### ЗАДАЧА 5.2

Два соосных вала (рисунок 11) соединены между собой втулочной (четные номера вариантов) или фланцевой (нечетные номера вариантов) муфтой. Соединение передает мощность  $P$  при числе оборотов в минуту  $n$ . Определить:

- Диаметр вала  $D$  из расчета на прочность и жесткость. В расчете на жесткость принять значение допускаемого относительного угла закручивания  $[\theta]=0,5$  град/м.
- Катет сварного шва  $h$ , предполагая шов замкнутым по окружности вала.
- Диаметр  $d$  штифта втулочной муфты или болтов фланцевой (число болтов  $k=4$ ) муфты из условия прочности на срез.
- Толщину  $t$  втулки или фланца из условия прочности на смятие.

Данные для расчета взять из таблицы 5 по номеру варианта.

Таблица 5 - Данные для расчета к задаче 5.2

Номер варианта	1	2	3	4	5
$P$ , кВт	1	2	3	4	5
$n$ , об/мин	4	10	14	19	20
Сталь	08	10	15	20	25

Продолжение таблицы 5

Номер варианта	6	7	8	9	10
$P$ , кВт	6	7	8	9	10
$n$ , об/мин	30	30	35	40	45
Сталь	30	35	40	45	45

Продолжение таблицы 5

Номер варианта	11	12	13	14	15
$P$ , кВт	11	12	13	14	15
$n$ , об/мин	50	55	60	65	70
Сталь	40	35	30	25	20

Продолжение таблицы 5

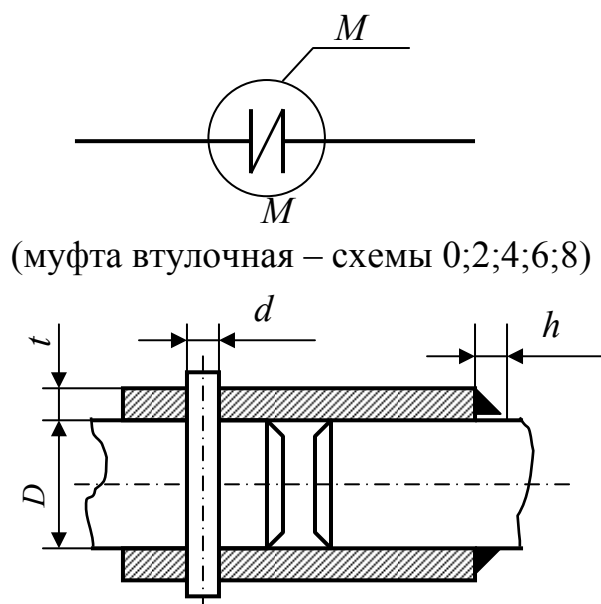
Номер варианта	16	17	18	19	20
$P$ , кВт	16	17	18	19	20
$n$ , об/мин	75	80	85	90	100
Сталь	15	10	08	08	10

Продолжение таблицы 5

Номер варианта	21	22	23	24	25
$P$ , кВт	21	22	23	24	25
$n$ , об/мин	100	105	110	110	120
Сталь	15	20	25	30	35

Продолжение таблицы 5

Номер варианта	26	27	28	29	30
$P$ , кВт	26	27	28	29	30
$n$ , об/мин	125	130	140	140	150
Сталь	40	45	45	40	35



(муфта фланцевая – схемы 1;3;5;7;9)

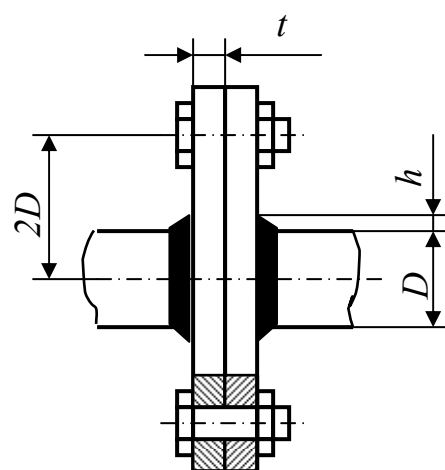


Рисунок 11 - Расчетная схема к задаче 5.2

## ЗАДАНИЕ 6

Тема: «РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ  
ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ»

### Задача 6.1

Консольная балка (рисунок 12, номер схемы соответствует второй цифре варианта) изготавливается из деревянного бруса прямоугольного сечения  $b \times h$ . Определить размеры сечения бруса из расчета на прочность по нормальным и касательным напряжениям. В расчетах принять соотношение  $b/h=2$  и следующие значения допускаемых напряжений:  $[\sigma]_{изг} = 10 \text{ МПа}$ ;  $[\tau]_{ск} = 1 \text{ МПа}$ .

Данные для расчета взять из таблицы 6 по первой цифре варианта.

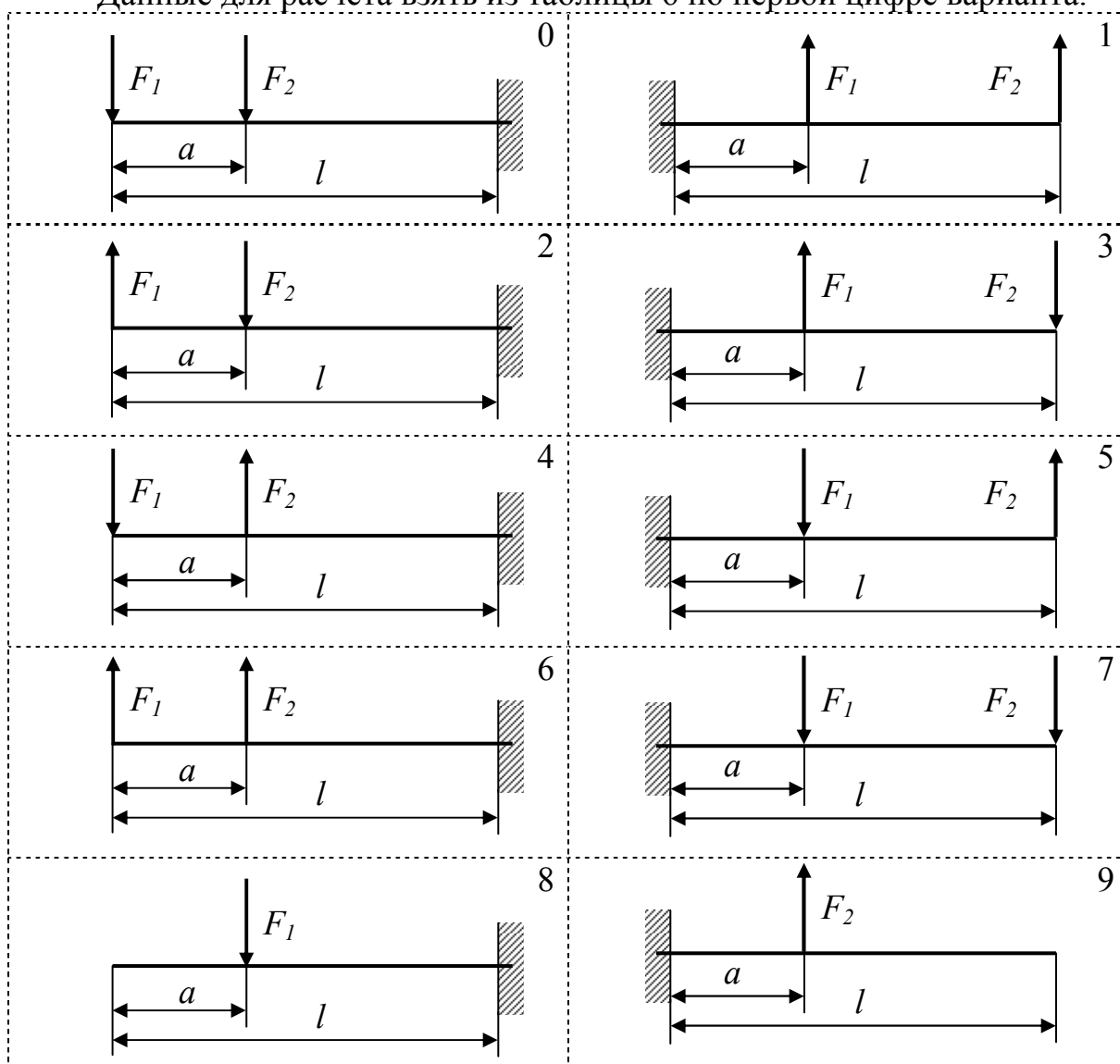


Рисунок 12 – Схема консоли к задаче 6.1



Таблица 6 – Данные к задаче 6.1

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$l$ , м	1,5	2,0	2,5	1,0
$a$ , м	0,5	0,8	1,5	0,6
$F_1$ , кН	2,0	3,0	1,0	5,0
$F_2$ , кН	3,0	1,0	2,0	2,0

### Задача 6.2

Двухопорная балка (рисунок 13, номер схемы соответствует второй цифре варианта) сварена из двух одинаковых швеллеров. Материал – сталь **Ст3**. Построить эпюры изгибающего момента  $M_x$  и поперечной силы  $Q$ . Найти номер швеллера из расчета на прочность по нормальным напряжениям. Вычислить величину прогиба балки в указанной точке **1** или **2**. Данные для расчета взять из таблицы 7 по первой цифре варианта.

Таблица 7 – Данные к задаче 6.2

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$l$ , м	1,0	2,0	3,0	4,0
$a$ , м	0,2	1,0	1,0	1,0
$b$ , м	0,5	0,5	1,5	1,0
$F$ , кН	50	40	30	20
$M$ , кН·м	30	20	20	10
Точка определения прогиба	1	2	1	2

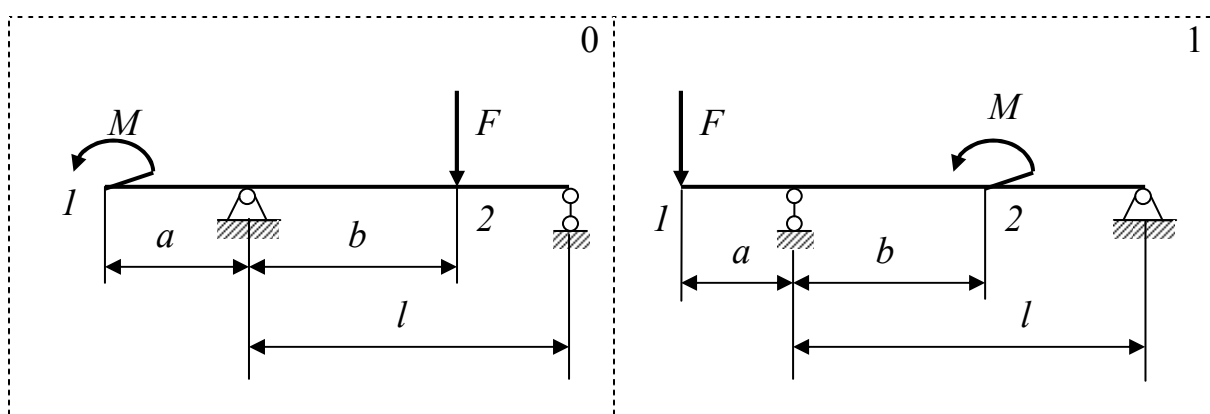
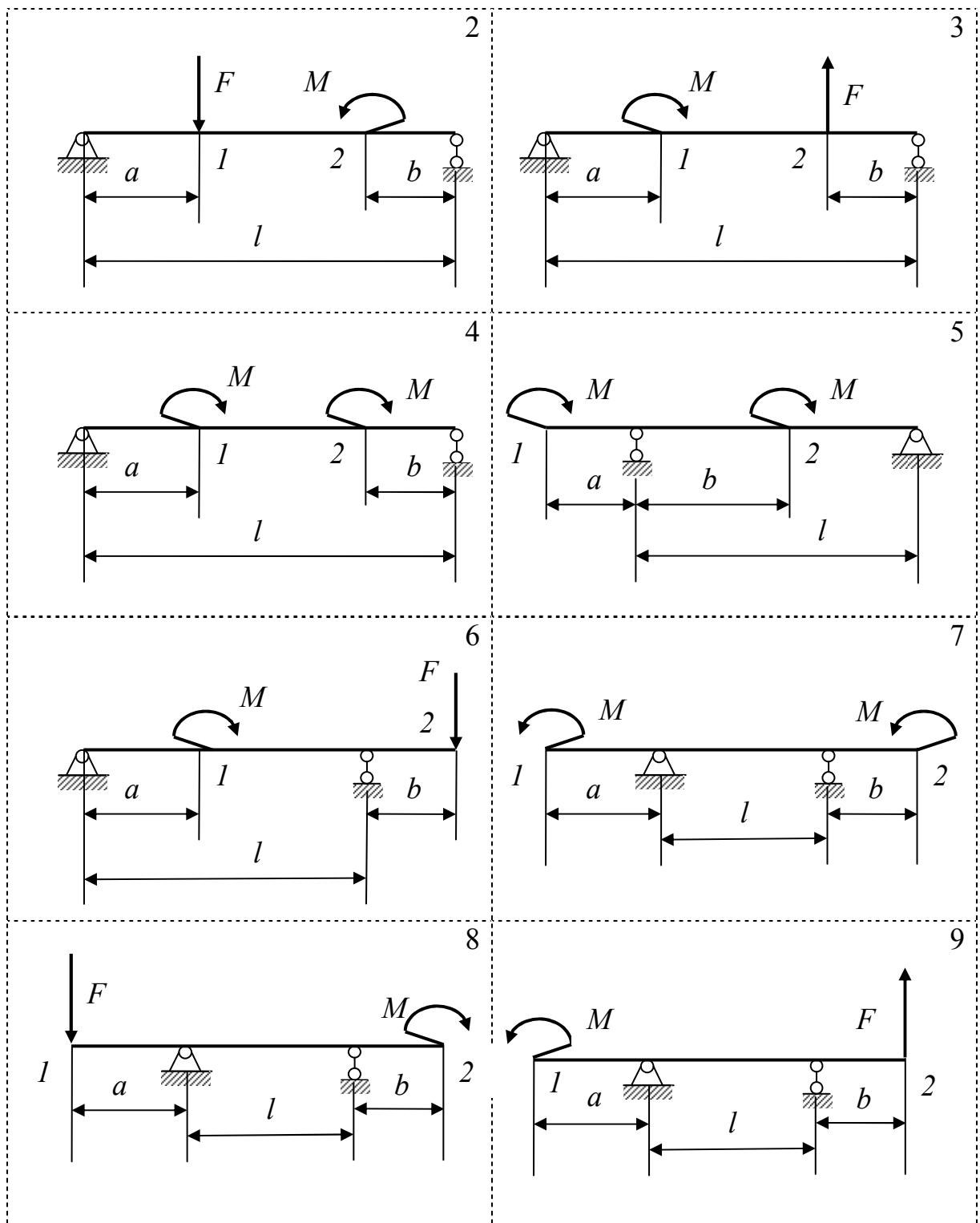


Рисунок 13 – Схема балки к задаче 6.2



Продолжение рисунка 13

### Задача 6.3

Для заданной схемы балки (рисунок 14, номер схемы соответствует второй цифре варианта):

- построить эпюру изгибающего момента  $M_x$  и поперечной силы  $Q$ ;
- определить номер двутавра из расчета на прочность по нормальным напряжениям (материал – сталь **Ст3**);
- вычислить величину прогиба в сечении **C**.

Данные для расчета взять из таблицы 8 по первой цифре варианта.

Таблица 8 – Данные к задаче 6.3

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$q$ , кН/м	40	30	20	10
$l$ , м	2,0	3,0	4,0	5,0
$a$ , м	0,5	1,5	2,0	2,0
$b$ , м	1,0	1,0	1,0	2,0

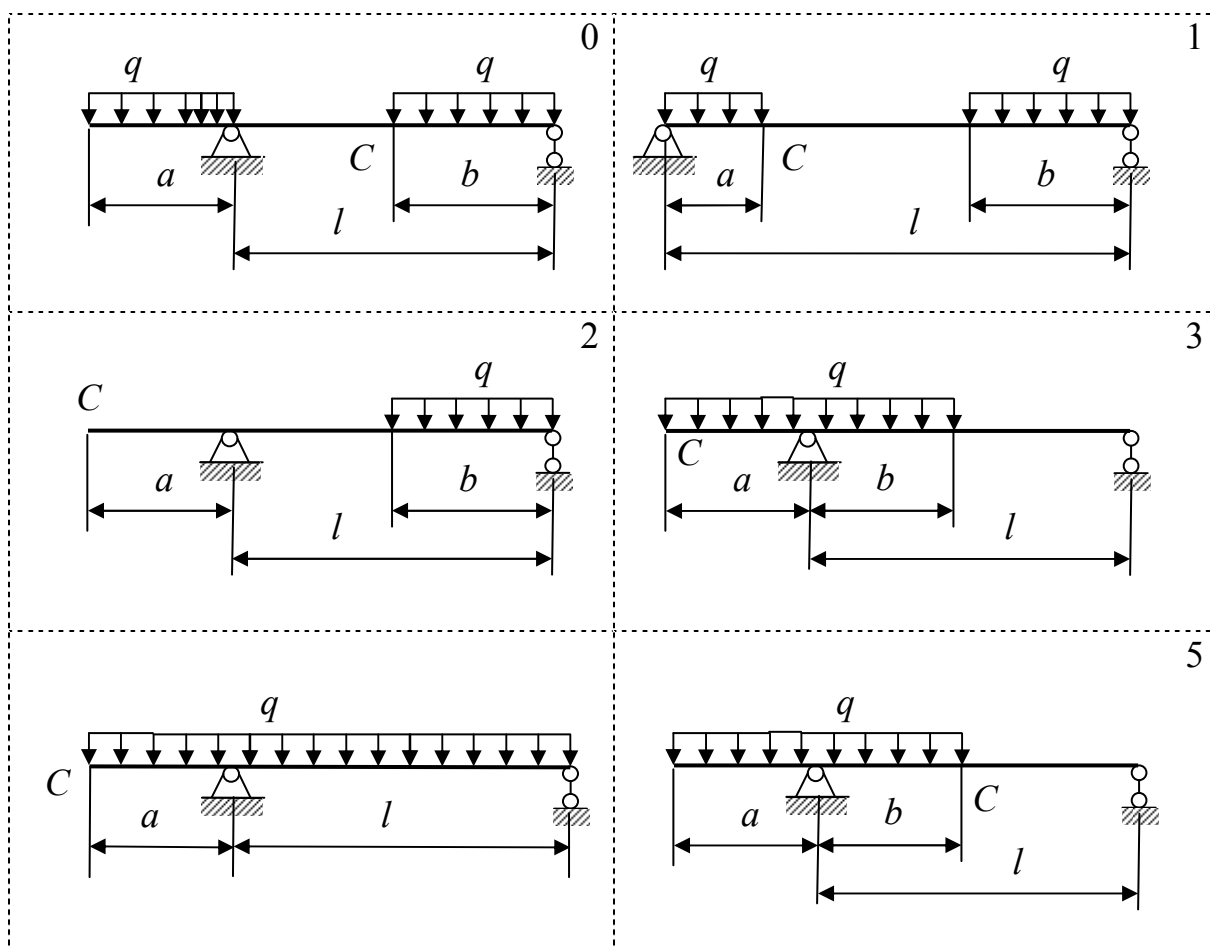
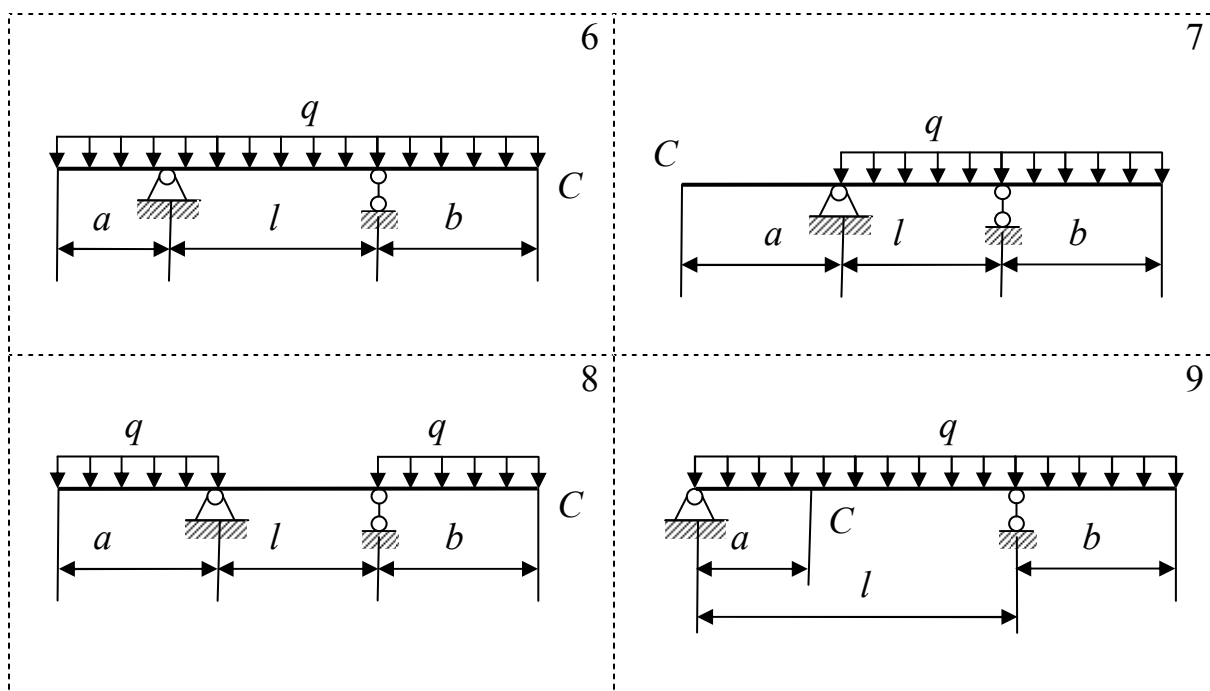


Рисунок 14 – Схема балки к задаче 6.3



Продолжение рисунка 14

## ЗАДАНИЕ 7

### ТЕМА: «СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ БАЛКИ»

Для заданной схемы балки (рисунок 15, номер схемы соответствует второй цифре варианта):

- раскрыть статическую неопределимость;
- построить эпюры изгибающего момента  $M_x$  и поперечной силы  $Q$ ;
- определить номер двутавра из условия прочности по нормальным напряжениям (материал – сталь **Ст3**).

Данные для расчета взять из таблицы 9 по первой цифре варианта.

Таблица 9 – Данные к заданию 7

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$l$ , м	2	3	4	5
$a$ , м	1	1	1,5	2
$b$ , м	0,5	1	1	2
$F$ , кН	25	20	15	10
$M$ , кН·м	12	10	8	6
$q$ , кН/м	10	8	6	4

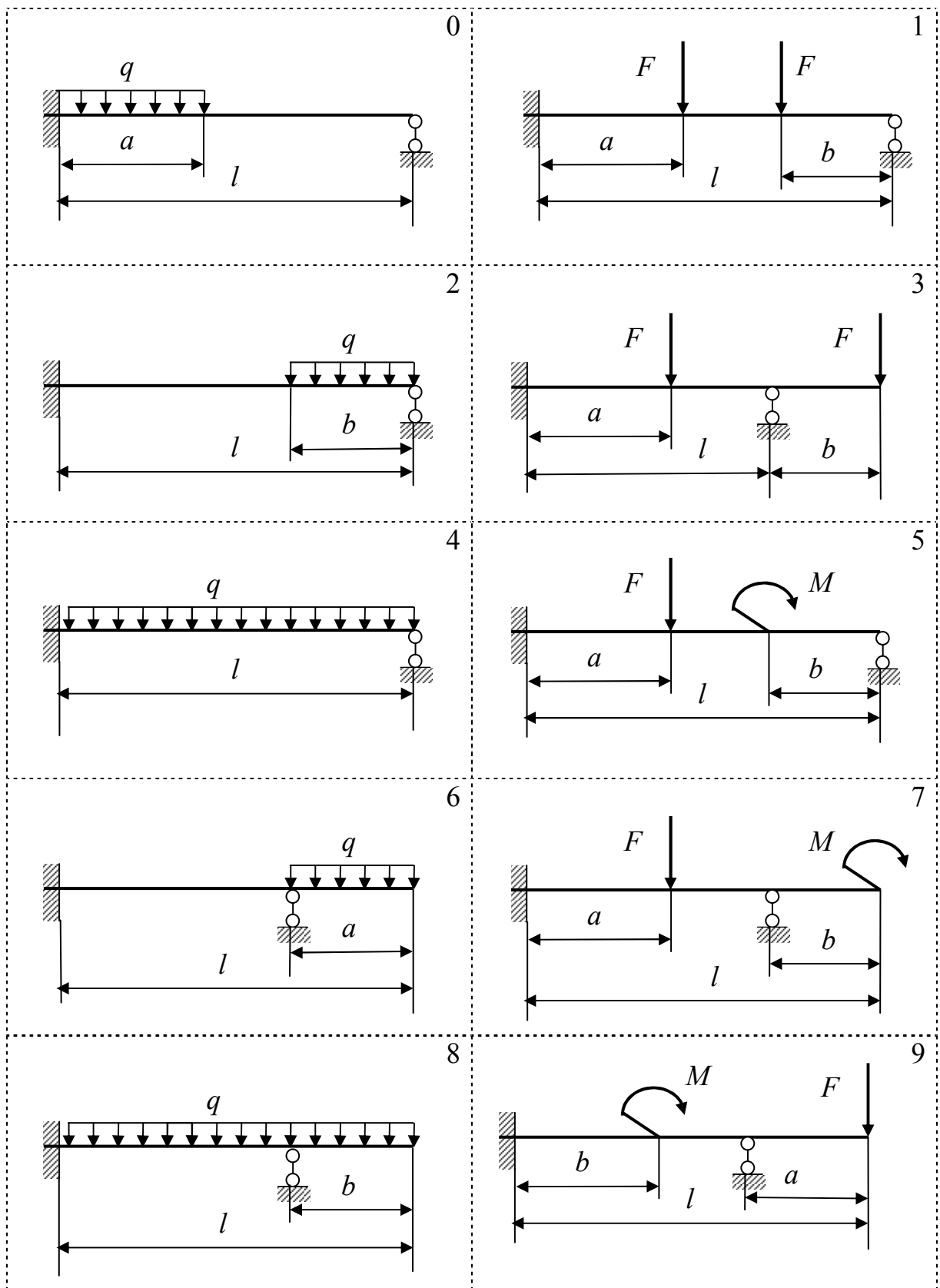


Рисунок 15 – Схема балки к заданию 7

## ЗАДАНИЕ 8

### ТЕМА: «РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННОМ ИЗГИБЕ»

Деревянная балка (рисунок 16, номер схемы соответствует второй цифре варианта) прямоугольного поперечного сечения  $b \times h$  нагружена вертикальной силой  $F_1$  в точке 1 и горизонтальной силой  $F_2$  в точке 2 (обе силы перпендикулярны оси балки). На опорах могут возникать как вертикальные, так и горизонтальные реакции. Определить необходимые размеры сечения при допускаемых напряжениях  $[\sigma]_{изг} = 8 \text{ МПа}$ .

Данные для расчета взять из таблицы 10 по первой цифре варианта.

Таблица 10 – Данные к заданию 8

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$l$ , м	1,0	1,2	1,4	1,6
$a$ , м	0,2	0,3	0,4	0,5
$b$ , м	0,5	0,4	0,3	0,2
$h/b$	1,2	1,4	1,6	1,8
$F_1$ , кН	1	2	3	4
$F_2$ , кН	4	3	2	1

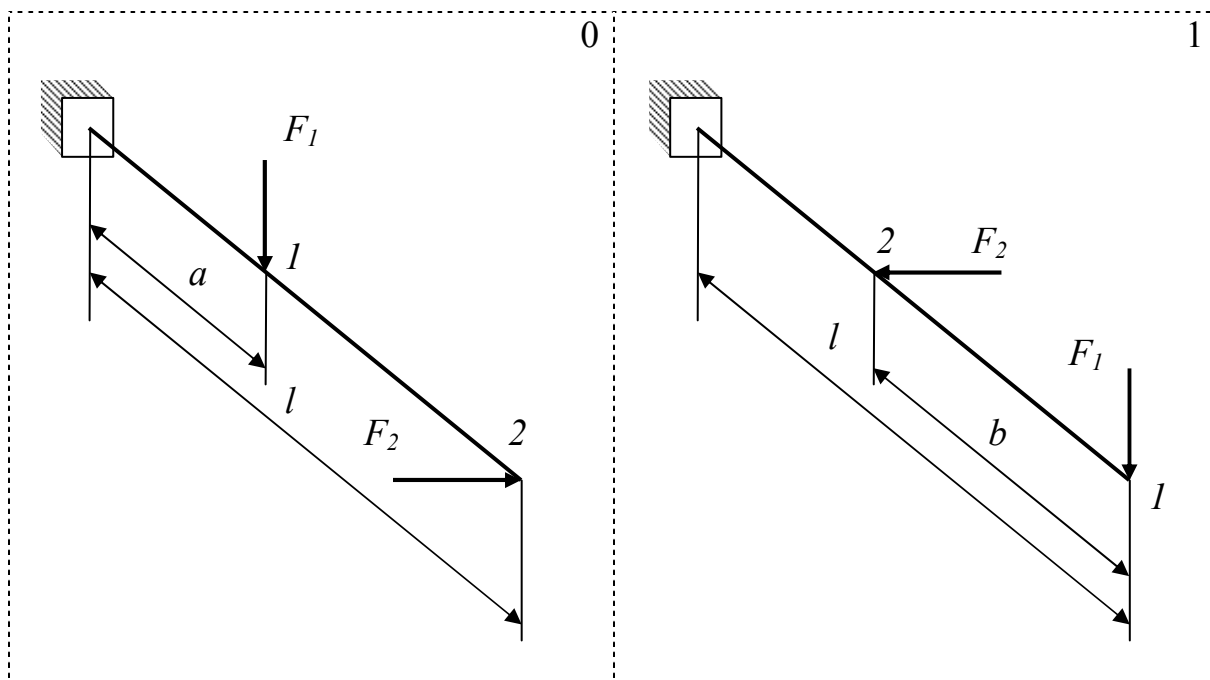
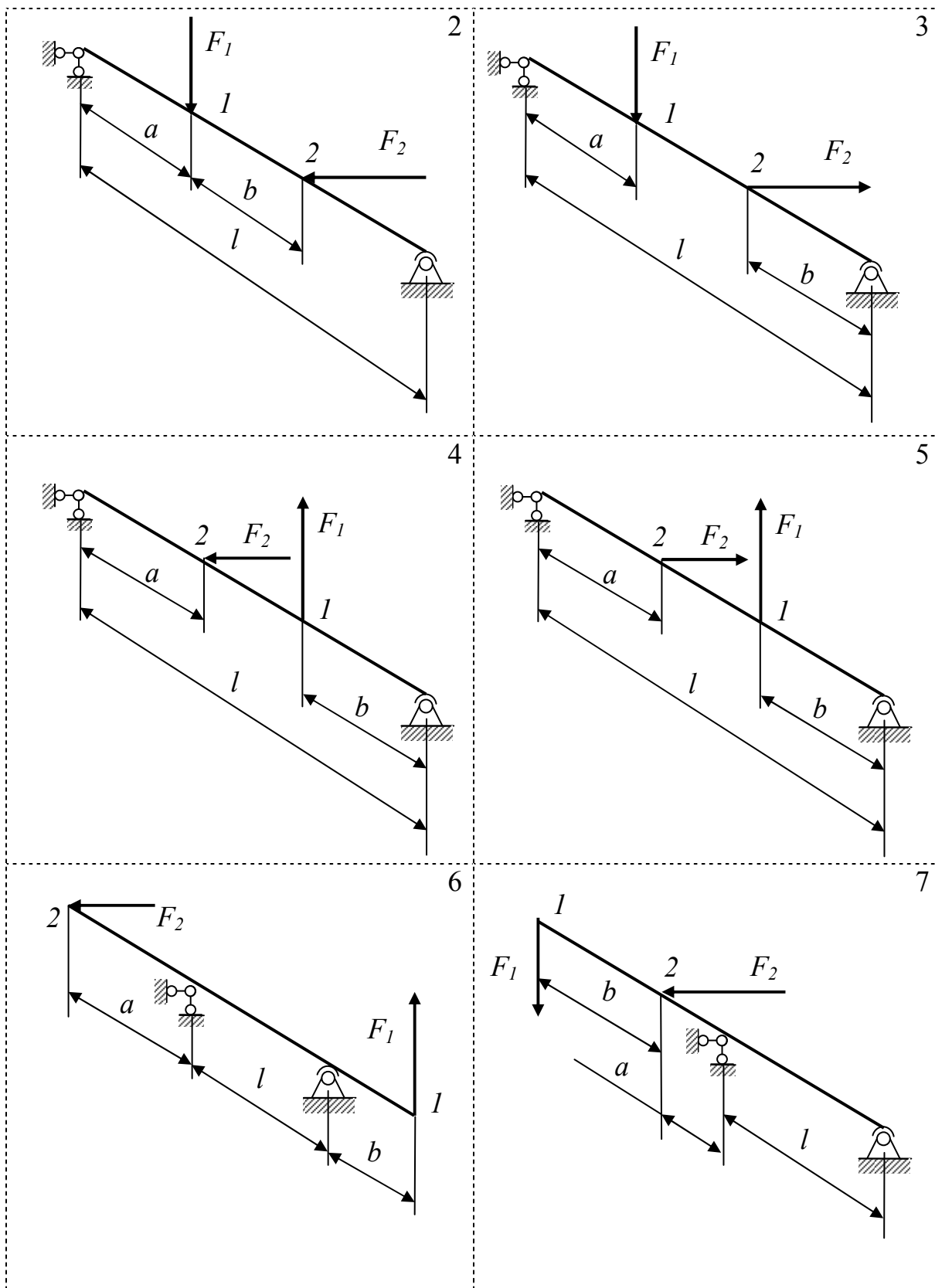
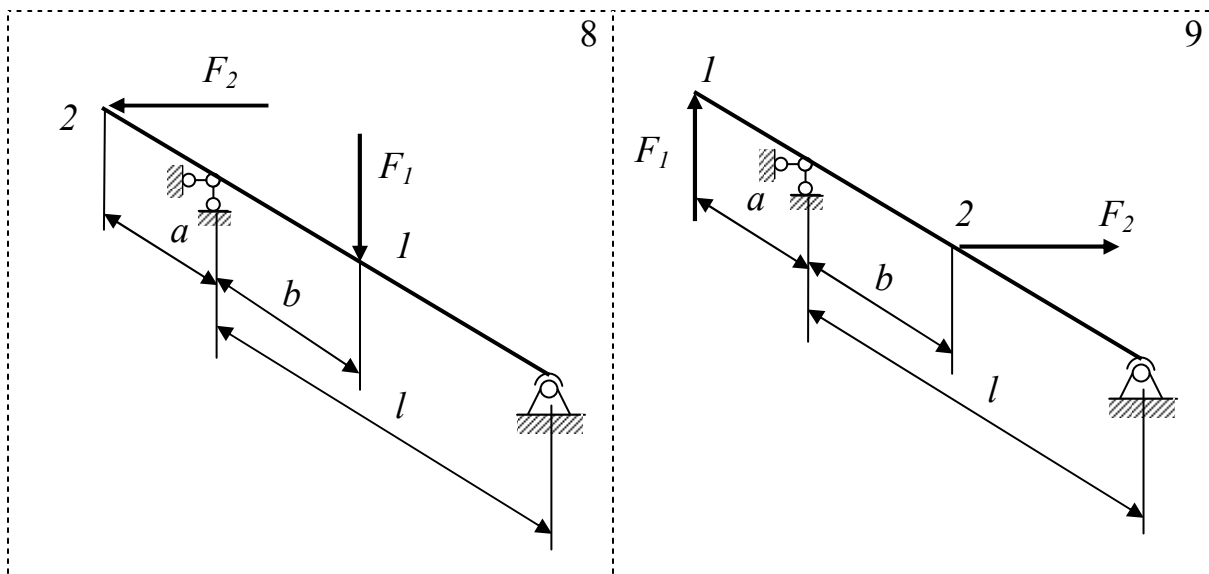


Рисунок 16 – Схема балки в аксонометрии к заданию 8



Продолжение рисунка 16



Продолжение рисунка 16

### ЗАДАНИЕ 9

ТЕМА: «РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ С КРУЧЕНИЕМ»

Плоская рама, расположенная горизонтально (рисунок 17, номер схемы соответствует второй цифре варианта), состоит из стержней трубчатого поперечного сечения с отношением внутреннего диаметра к наружному  $d/D=0,7$ . Горизонтальные углы в узлах  $A$  и  $B$  – прямые. На раму действует вертикальная нагрузка. Построить эпюры изгибающего  $M_{изг}$  и крутящего  $T_k$  моментов, определить положение опасного сечения и найти его размеры, используя четвертую гипотезу прочности. Материал стержней – сталь **Ст3**.

Данные для расчета взять из таблицы 11 по первой цифре варианта.

Таблица 11 – Данные к заданию 9

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$l$ , м	0,8	1,0	1,2	1,4
$a$ , м	0,2	0,5	0,4	0,6
$b$ , м	0,4	0,3	0,6	0,7
$F_1$ , кН	20	15	10	5
$F_2$ , кН	5	10	15	20



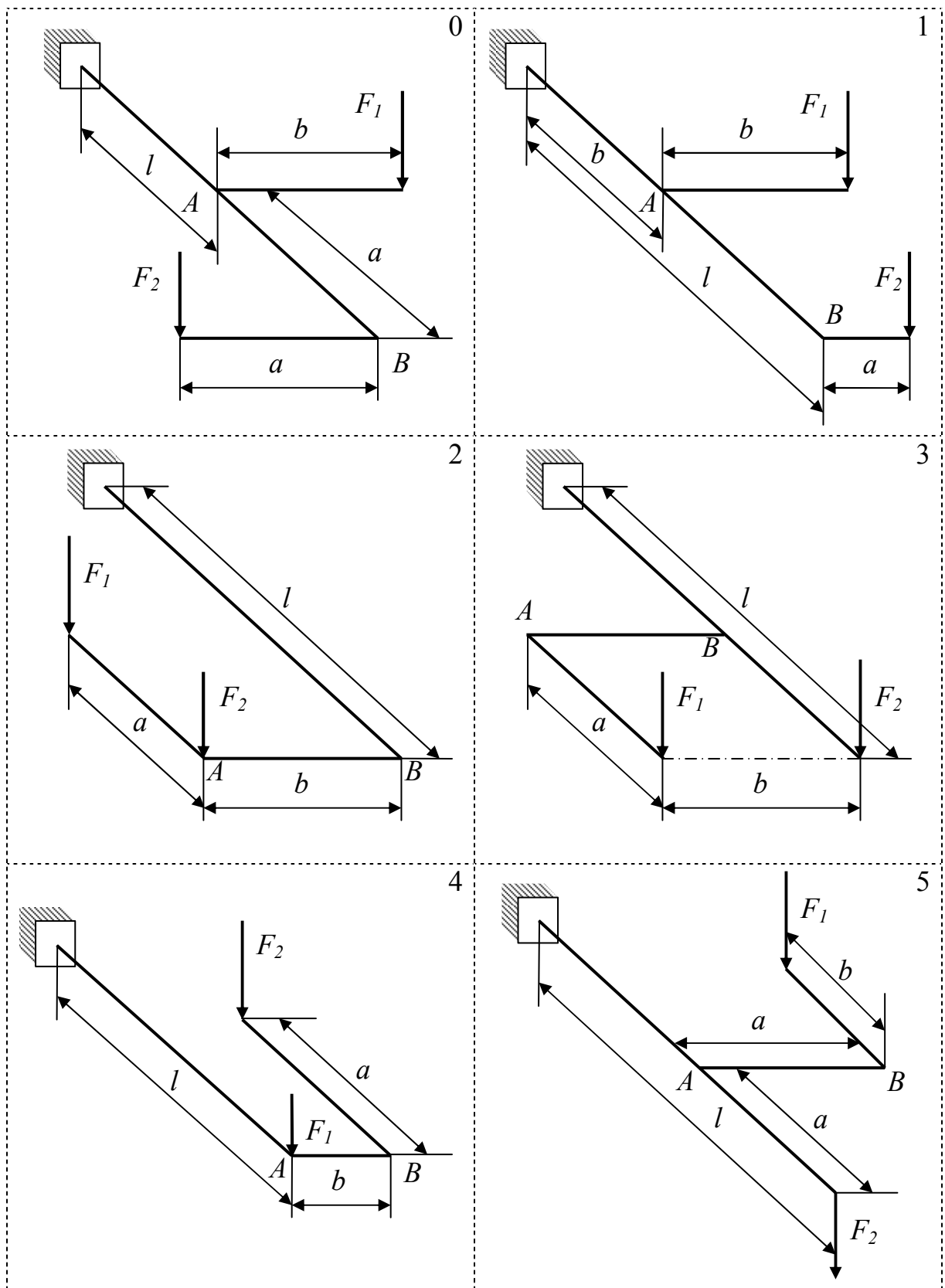
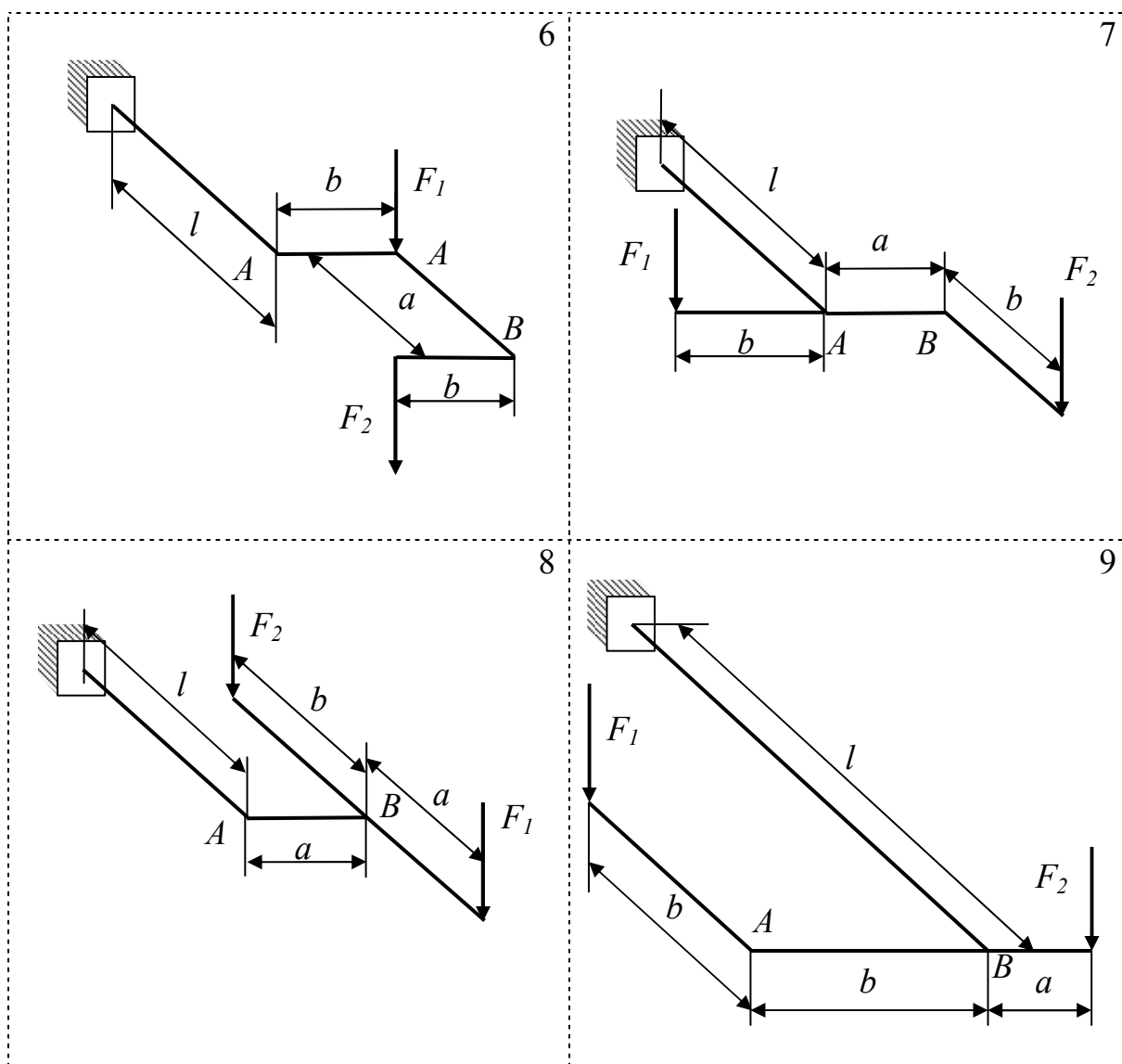


Рисунок 17 – Схема рамы в аксонометрии к заданию 9



Продолжение рисунка 17

### ЗАДАНИЕ 10

#### ТЕМА: «ДЕЙСТВИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК»

Плоская рамка (рисунок 18, номер схемы соответствует второй цифре варианта), изготовленная из стержней круглого сечения диаметром  $d$ , равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси  $AB$ . Построить эпюру изгибающего момента  $M_{изг}$  от сил инерции и определить коэффициент запаса прочности  $n_T$  по опасному сечению. Материал – сталь 30. Удельный вес стали  $\gamma = 78 \text{ кН/м}^3$ .

Данные для расчета взять из таблицы 12 по первой цифре варианта.

Таблица 12 – Данные к заданию 10

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$a$ , мм	100	150	200	250
$d$ , мм	17	20	22	25
$\omega$ , с <sup>-1</sup>	240	140	100	80

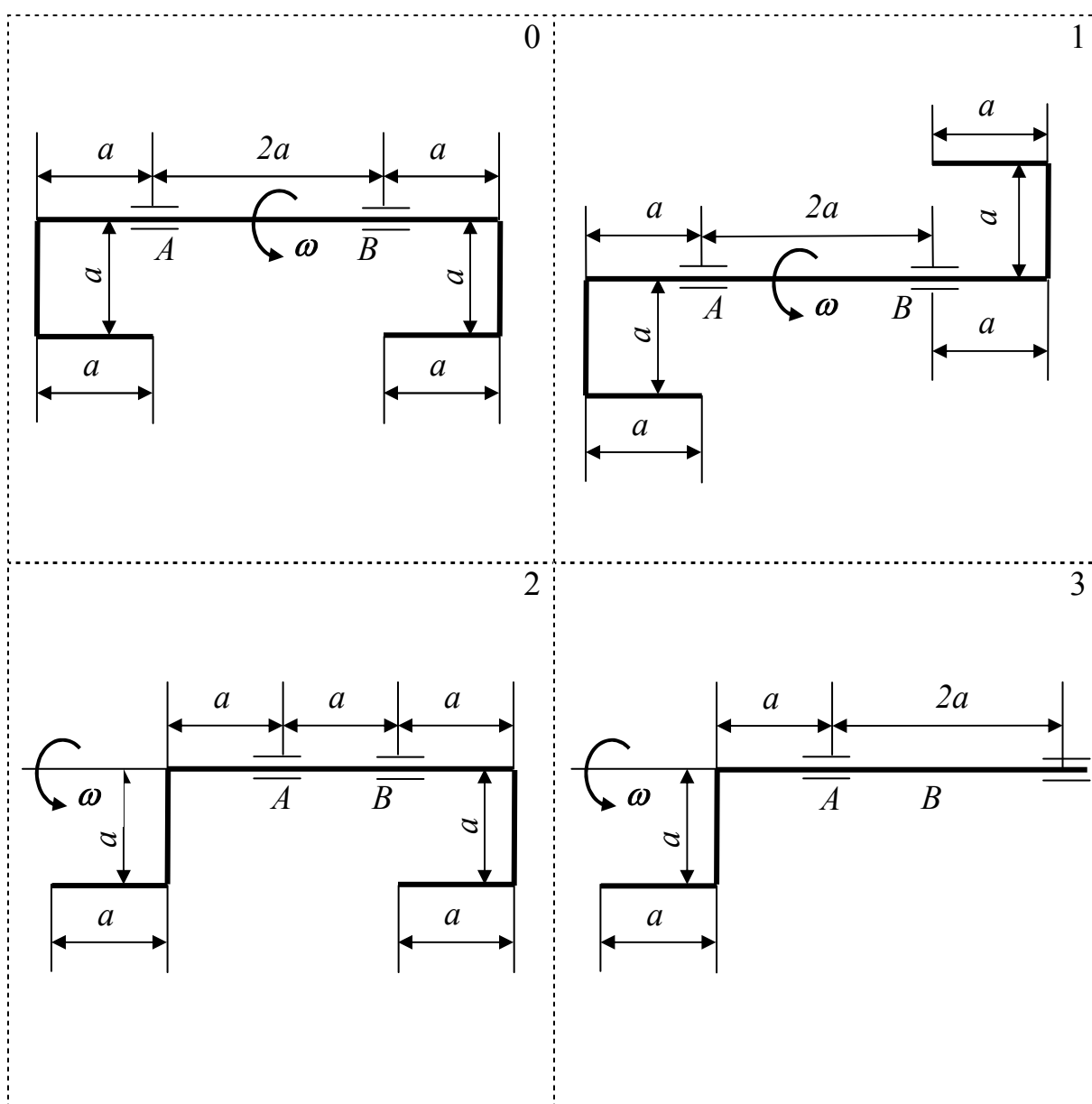
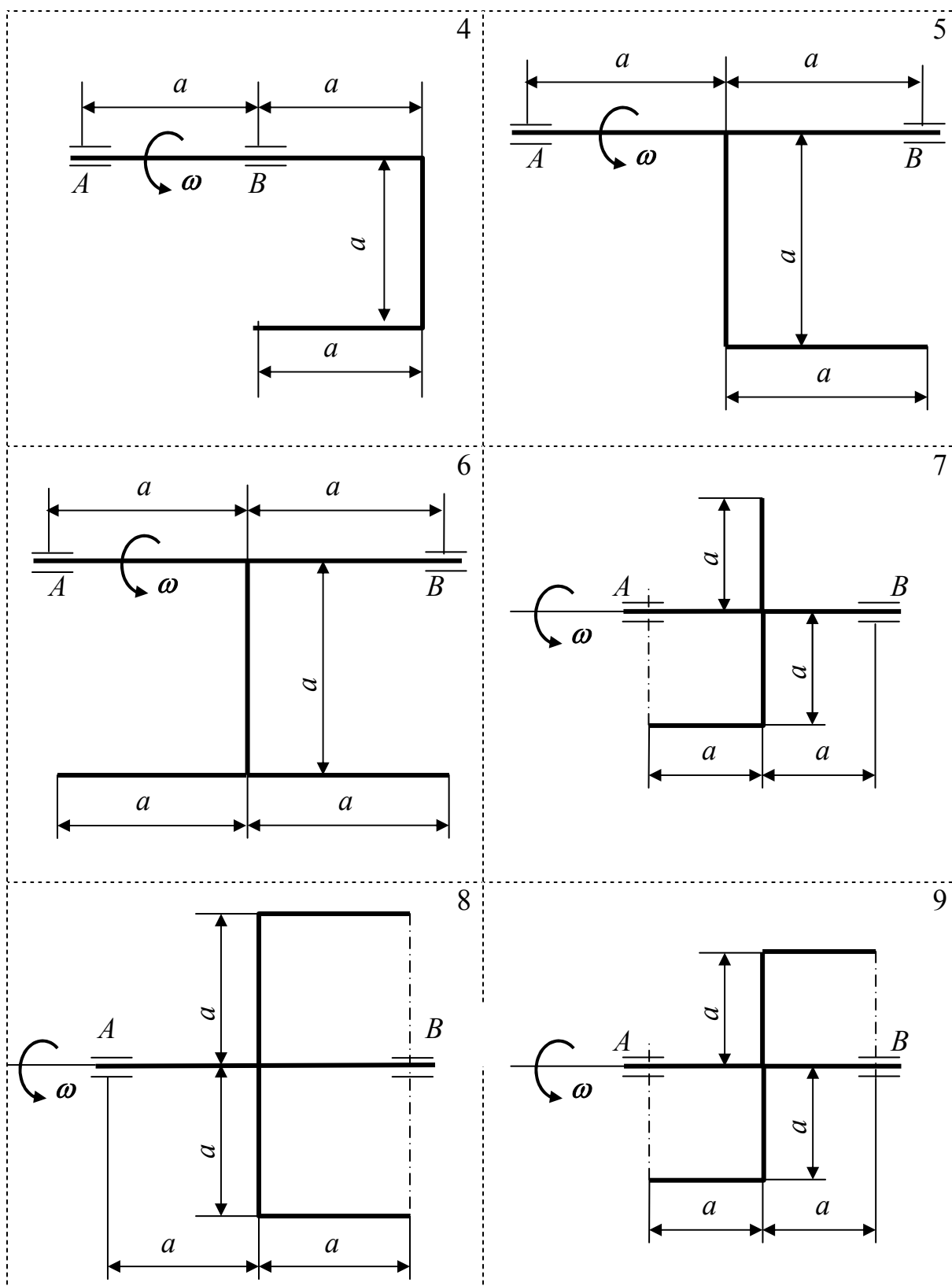


Рисунок 18 – Схема рамки к заданию 10



Продолжение рисунка 18

## ЗАДАНИЕ 11

### ТЕМА: «НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ УДАРЕ»

На двутавровую балку (рисунок 19, номер схемы соответствует второй цифре варианта), свободно лежащую на двух опорах, с высоты  $h$  падает груз массой  $m$ . Найти максимальные нормальные напряжения в балке в момент удара. Данные для расчета взять из таблицы 13 по первой цифре варианта.

Таблица 13 – Данные к заданию 11

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$l$ , м	2,0	2,2	2,6	3,0
$m$ , кг	5	10	15	20
$h$ , мм	400	300	200	100
Номер двутавра	10	12	14	16

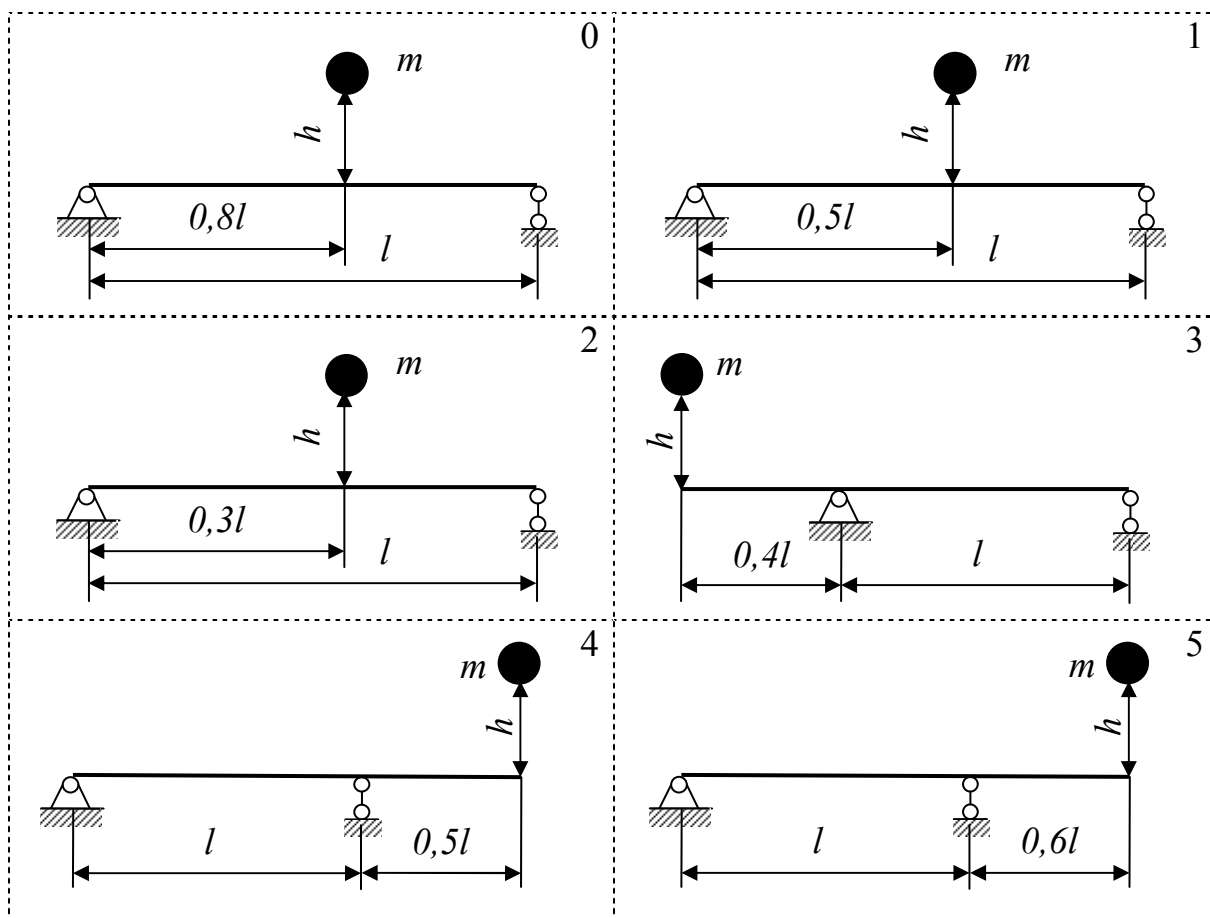
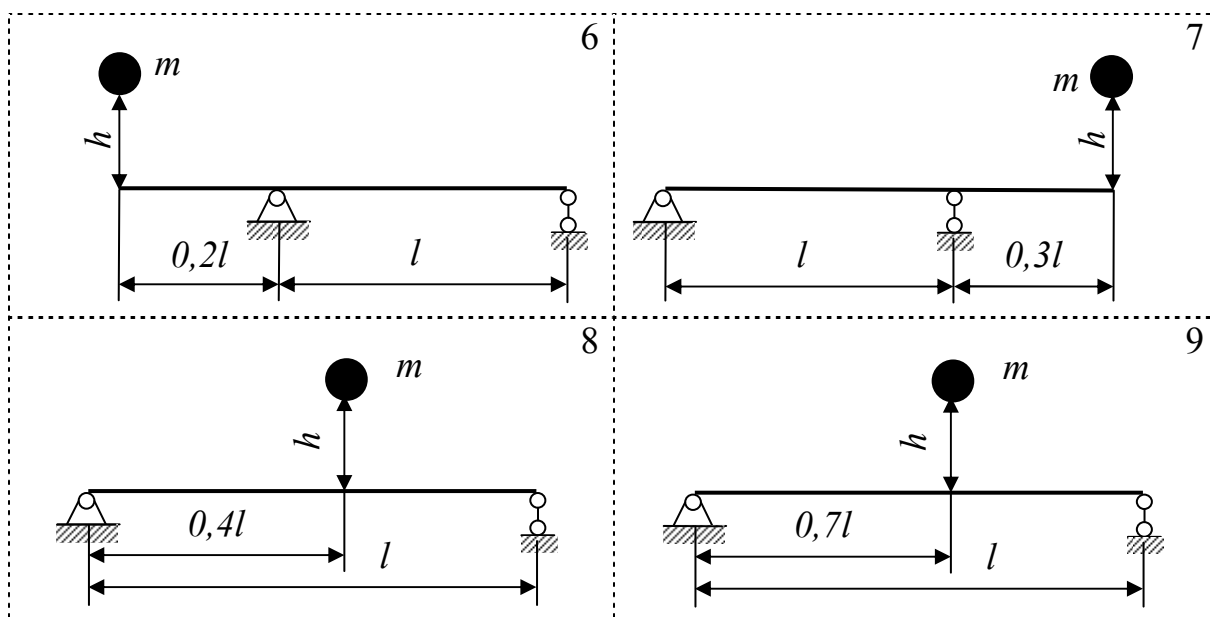


Рисунок 19 – Схема балки к заданию 11



Продолжение рисунка 19

## ЗАДАНИЕ 12

ТЕМА: «НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЯХ»

На двутавровой балке (рисунок 20, номер схемы соответствует второй цифре варианта) установлен механизм массой  $m$ , имеющий ротор с частотой вращения  $n$  оборотов в минуту. Центробежная сила инерции, возникающая при вращении ротора вследствие его неуравновешенности, равна  $F_{ин}$ . Провести частотный анализ колебательной системы на резонанс, определить характеристики цикла нормальных напряжений и коэффициент запаса выносливости балки при ее вибрации. Массой самой балки и силами сопротивления пренебречь.

Данные для расчета взять из таблицы 14 по первой цифре варианта.

Таблица 14 – Данные к заданию 12

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$l$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5
$m$ , кг	400	300	200	100
$n$ , об/мин	400	500	600	700
$F_{ин}$ , кН	2,0	1,5	1,0	1,0
Номер двутавра	10	12	14	16

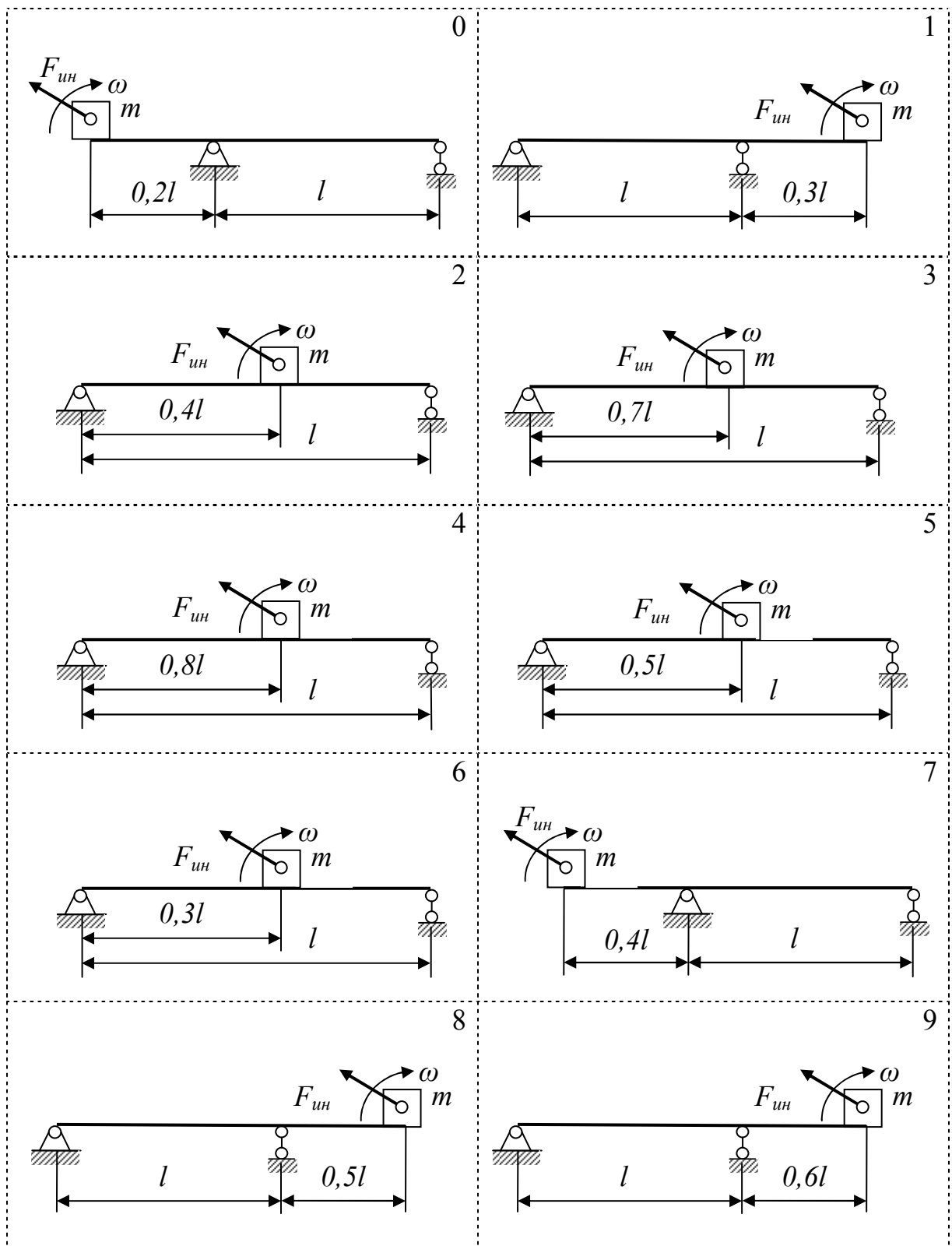


Рисунок 20 – Схема балки к задаче 12

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

## Задание 1

### Тема: «Расчет плоской фермы»

Плоская ферма (рисунок 21, значения углов принимаются по таблице 15 в соответствии с номером варианта) состоит из двух стержней круглого поперечного сечения. Соединение стержней между собой и с основанием шарнирное. Материал всех деталей – сталь **Ст3**. Определить из расчета на прочность:

- диаметры  $D_1$  и  $D_2$  сечений стержней фермы;
- размеры шарнирного соединения (диаметр  $d$  цилиндрического пальца и толщину  $t$  головки), предполагая все шарниры одинаковыми.

Данные для расчета взять из таблицы 16 по номеру учебной группы.

*Таблица 15 – Значения углов между стержнями фермы*

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	30°	30°	30°	30°	30°	45°	45°	45°	45°	45°
$\beta$	45°	60°	90°	120°	135°	30°	45°	60°	90°	120°
$\gamma$	0	180	150°	300°	270	30°	150°	0	120	180°

*Продолжение таблицы 15*

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\alpha$	60°	60°	60°	60°	60°	90°	90°	90°	90°	90°
$\beta$	30°	45°	60°	90°	30°	30°	45°	60°	45°	30°
$\gamma$	0	45°	135°	150°	180	30°	45°	0	150	210°

*Продолжение таблицы 15*

Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$\alpha$	120	120°	120	120°	120°	135°	135°	135	135	135
$\beta$	30°	45°	45°	45°	30°	30°	30°	30°	30°	30°
$\gamma$	0	30°	45°	210°	270°	0	45°	210	225	270

*Таблица 16 – Данные для расчета фермы*

Группа	32_1	32_2	32_3	32_4	32_5	32_6	32_7	32_8	32_9	3210
$F$ , кН	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$L$ , м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0



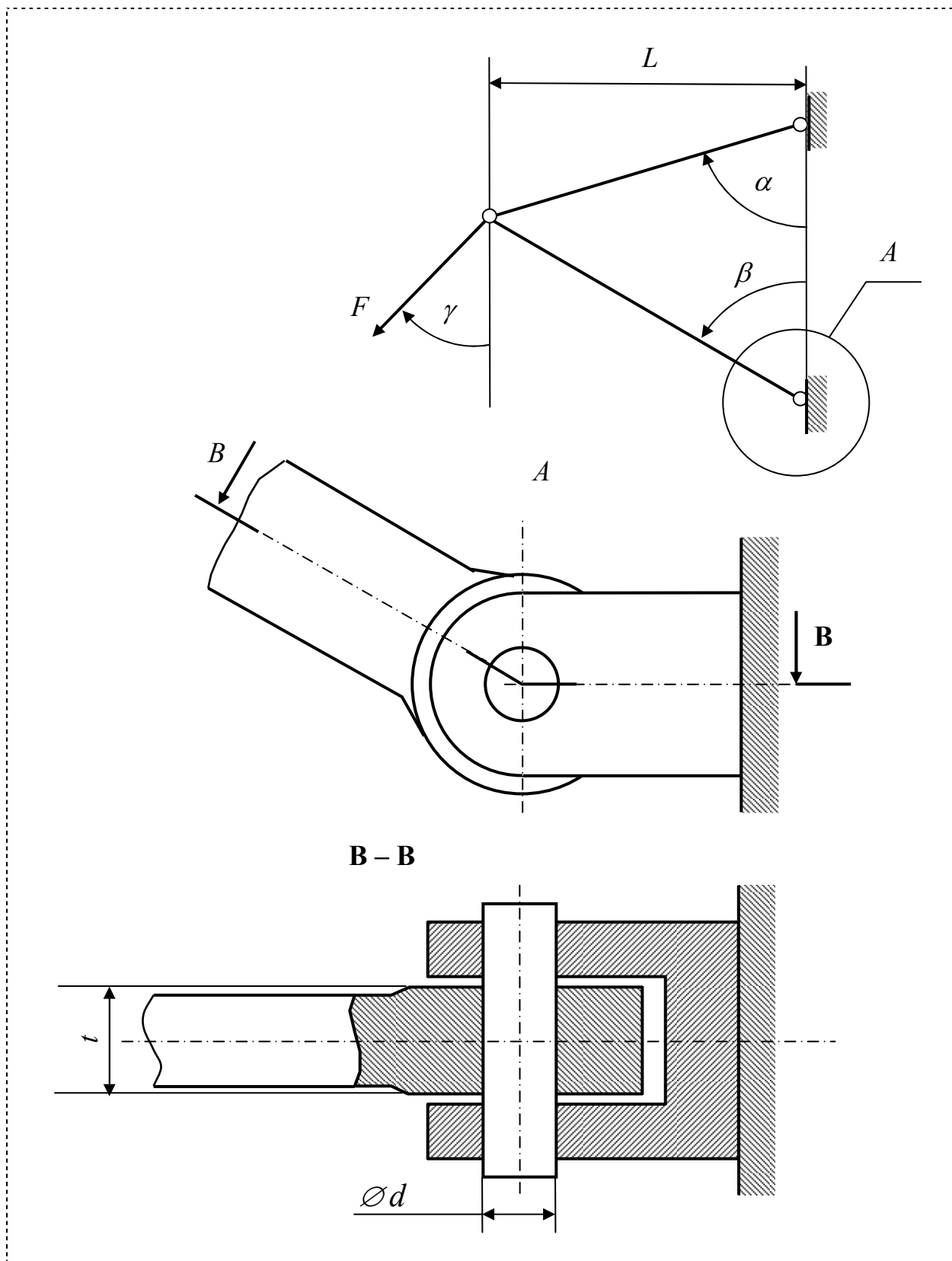


Рисунок 21 – Схема плоской фермы и цилиндрического шарнира

## Задание 2

### Тема: «Плоский изгиб»

Для заданных двух схем балок (рисунок 22, номер расчетной схемы соответствует второй цифре варианта) построить эпюры изгибающего момента  $M_x$  и поперечной силы  $Q$  и определить:

- Для схемы (а) – размеры прямоугольного сечения деревянной балки при соотношении  $h/b=1,5$  и допускаемых напряжениях на изгиб  $[\sigma]_{изг}=8\text{МПа}$ . Проверить балку по касательным напряжениям, если допускаемые напряжения для древесины на скалывание  $[\tau]_{ск}=1,2\text{МПа}$ .
- Для схемы (б) – номер стандартного двутавра и величину прогиба конца консольной части балки. Марка стали задана в таблице 18.

Размеры участков балок принять по таблице 17 в соответствии с первой цифрой варианта. Данные для расчета взять из таблицы 18 по номеру учебной группы.

Таблица 17 – Размеры участков балок

Первая цифра варианта	0	1	2	3
<b><i>a</i></b>	<b><i>0,5l</i></b>	<b><i>l</i></b>	<b><i>0,8 l</i></b>	<b><i>l</i></b>
<b><i>b</i></b>	<b>0</b>	<b><i>0,5 l</i></b>	<b><i>0,5 l</i></b>	<b><i>0,7 l</i></b>
<b><i>c</i></b>	<b><i>1.5L</i></b>	<b><i>0,5 L</i></b>	<b><i>L</i></b>	<b><i>L</i></b>

Таблица 18 – Данные для расчета балок

Группа	32_1	32_2	32_3	32_4	32_5	32_6	32_7	32_8	32_9	3210
<b><i>l</i></b> , м	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
<b><i>F<sub>l</sub></i></b> , кН	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b><i>M<sub>l</sub></i></b> , кН·м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b><i>q<sub>l</sub></i></b> , кН/м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b><i>L</i></b> , м	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
<b><i>F</i></b> , кН	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<b><i>M</i></b> , кН·м	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<b><i>q</i></b> , кН/м	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Сталь	<i>Ст2</i>	<i>Ст3</i>	<i>Ст4</i>	<i>Ст5</i>	<i>Ст2</i>	<i>Ст3</i>	<i>Ст4</i>	<i>Ст5</i>	<i>Ст2</i>	<i>Ст3</i>

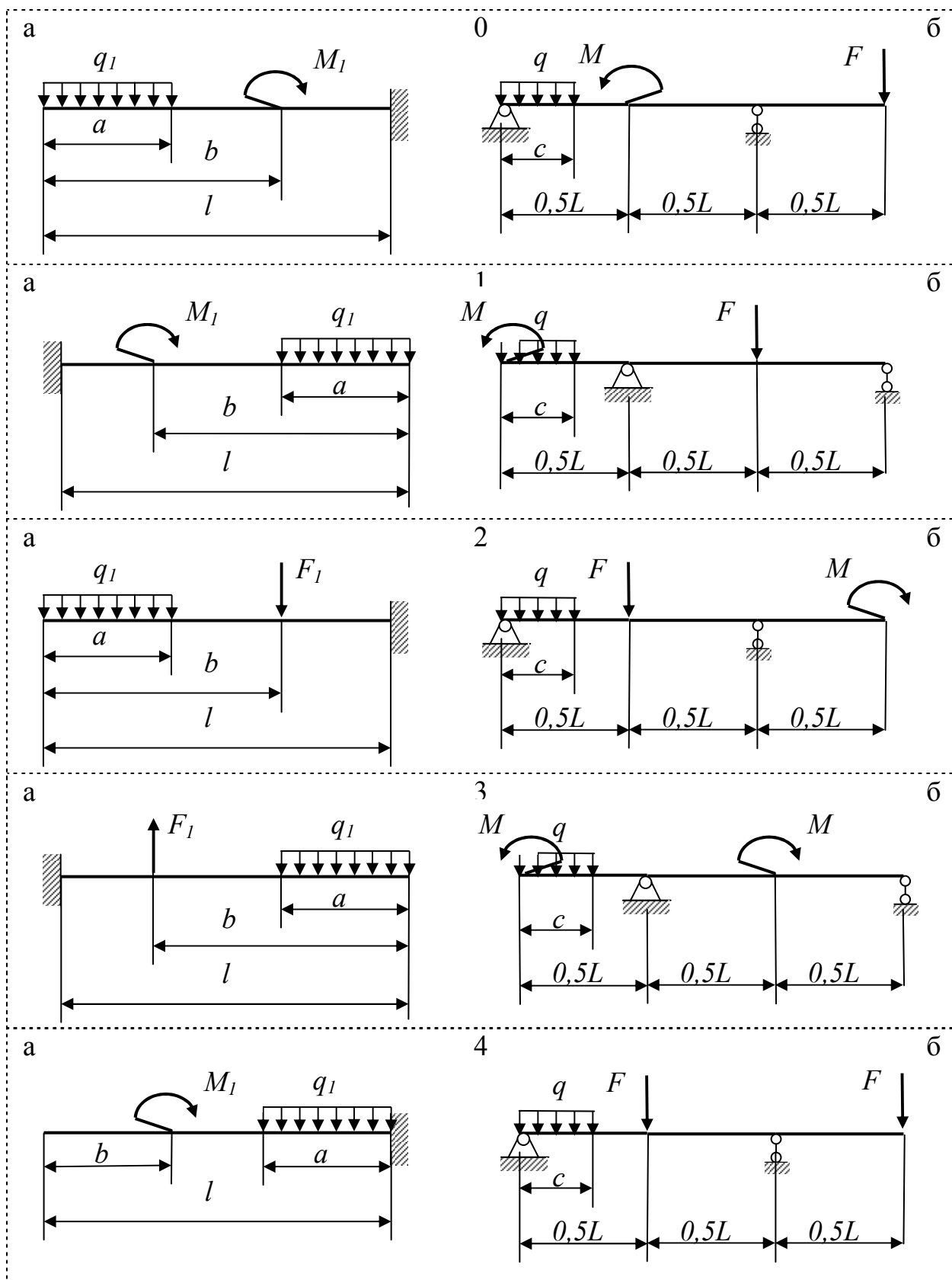
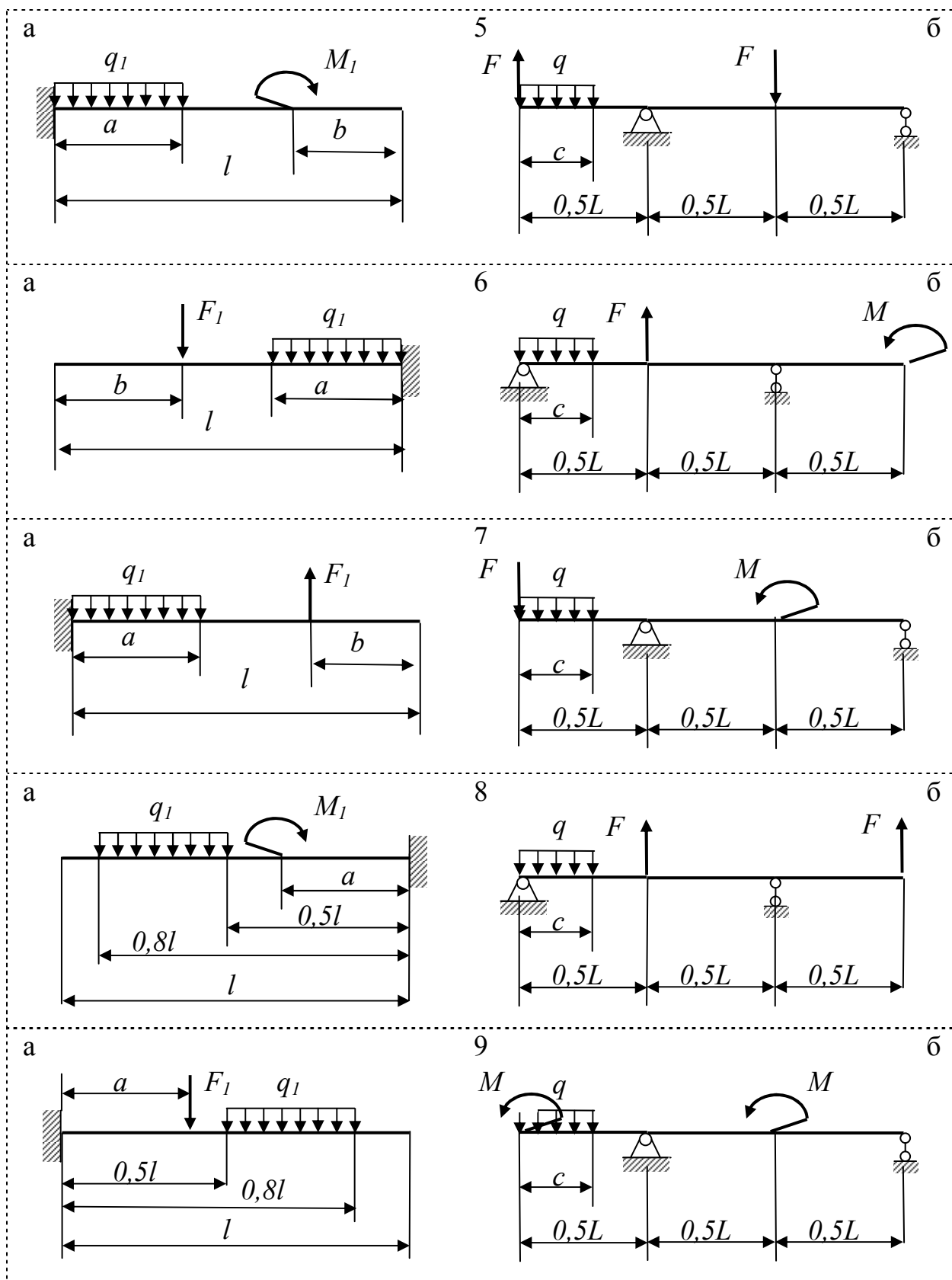


Рисунок 22 – Расчетные схемы балок



Продолжение рисунка 22

### Задание 3

#### Тема: «Статически неопределимые конструкции»

Абсолютно жесткий горизонтальный брус (рисунок 23, номер схемы соответствует номеру варианта) удерживается от поворота двумя стальными тягами, имеющими площади поперечных сечений  $A$  и  $kA$ . Марка стали, из которой изготавливаются тяги, задана в таблице 19. Определить несущую способность конструкции двумя методами расчета на прочность: по допускаемым напряжениям и по предельному состоянию. Результаты расчетов сравнить. Значение коэффициента запаса прочности принять равным  $n_T=1,5$ .

Таблица 19 – Данные для расчета статически неопределимой конструкции

Группа	32_1	32_2	32_3	32_4	32_5	32_6	32_7	32_8	32_9	3210
$A, \text{мм}^2$	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
$k$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Сталь	20	15	10	08	Cm5	Cm4	Cm3	Cm2	08	10
$a, \text{м}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
$b, \text{м}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$c, \text{м}$	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9

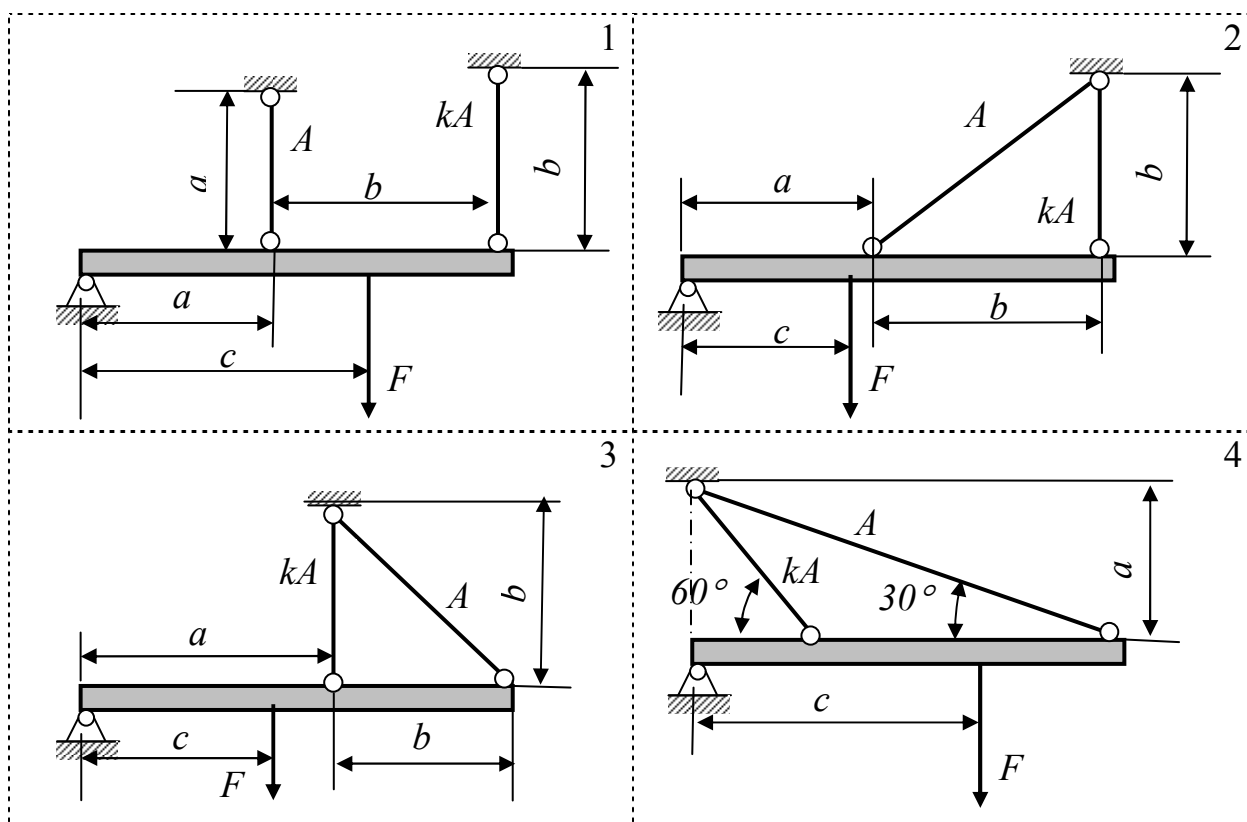
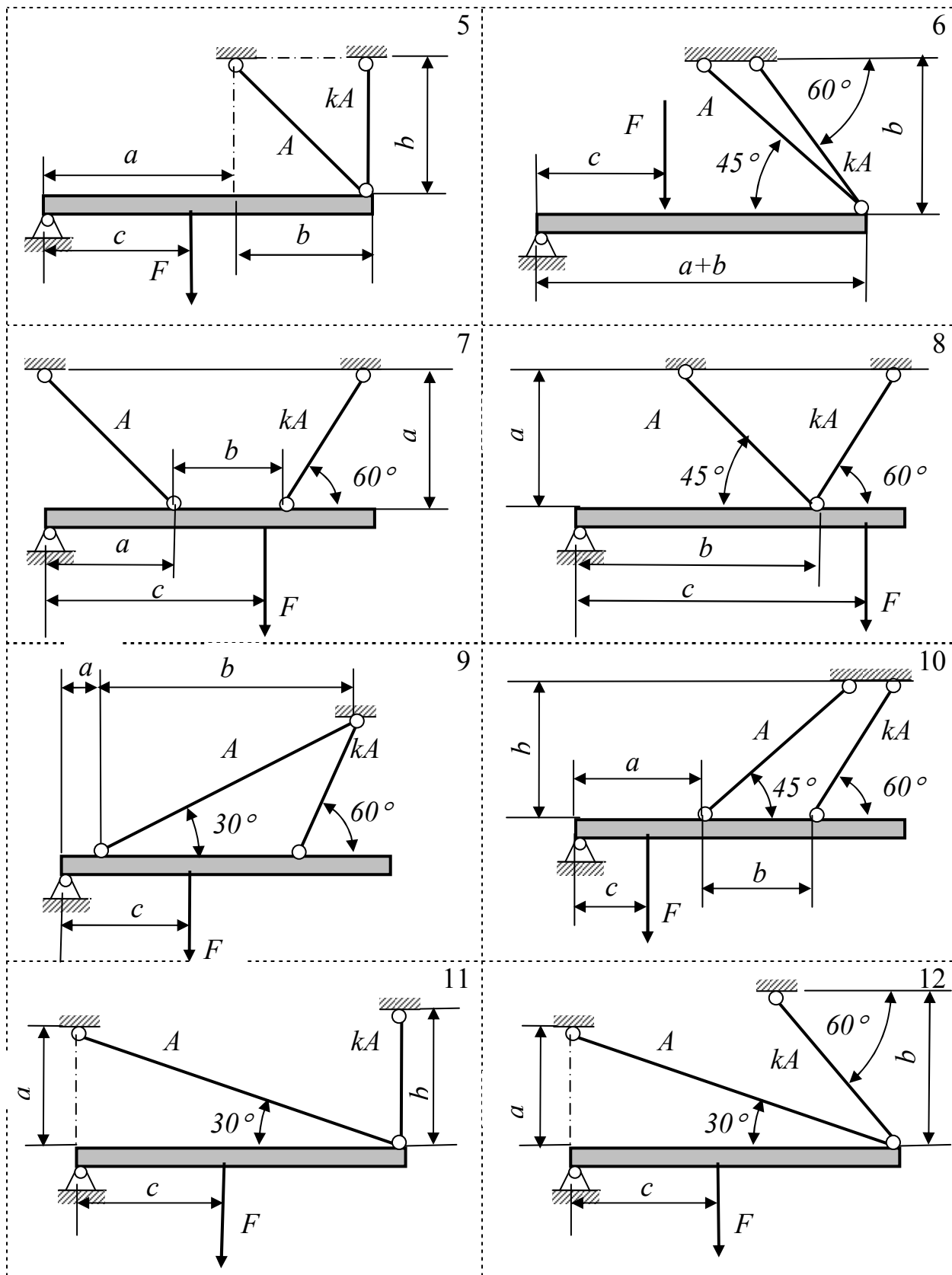
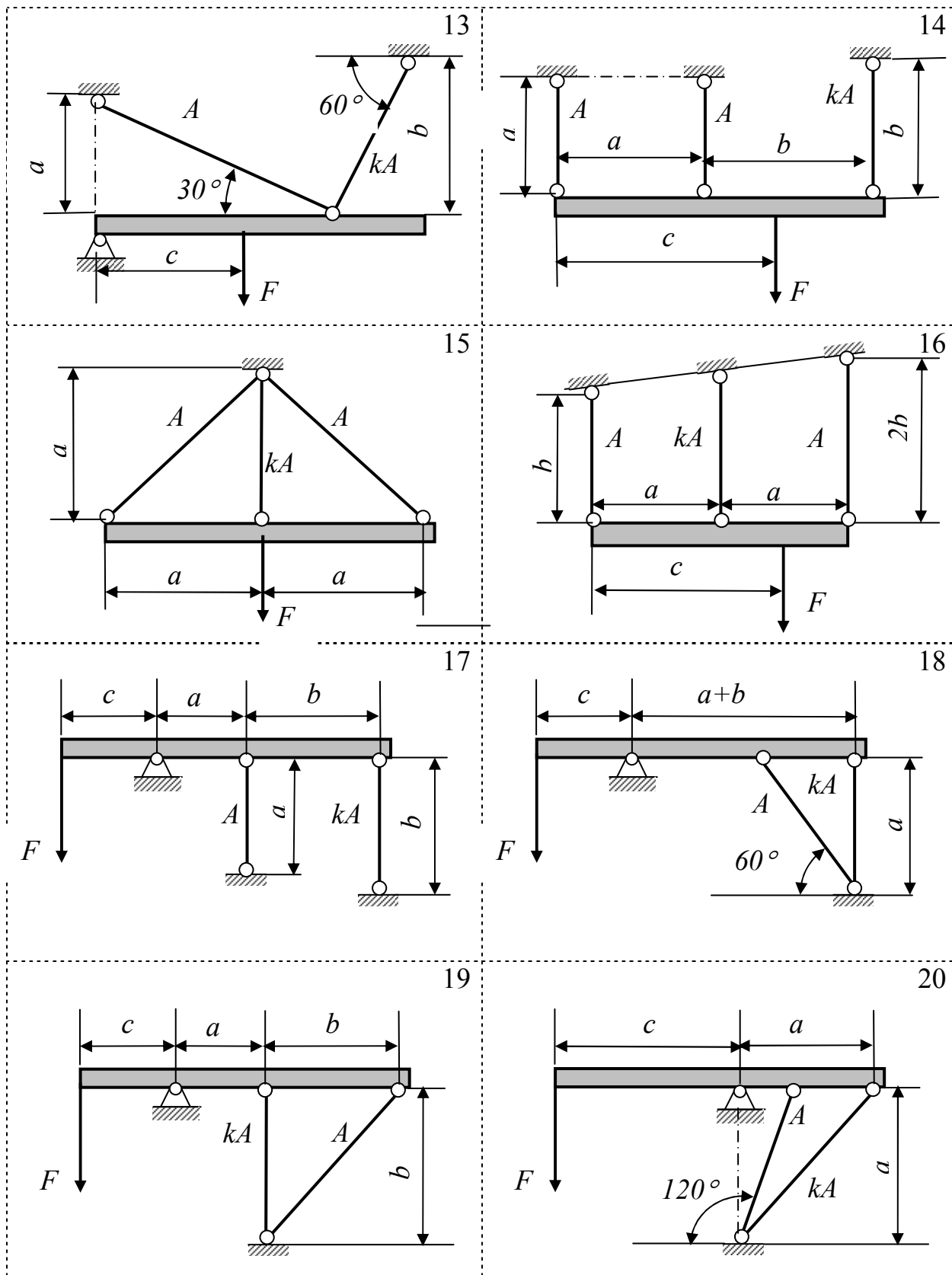


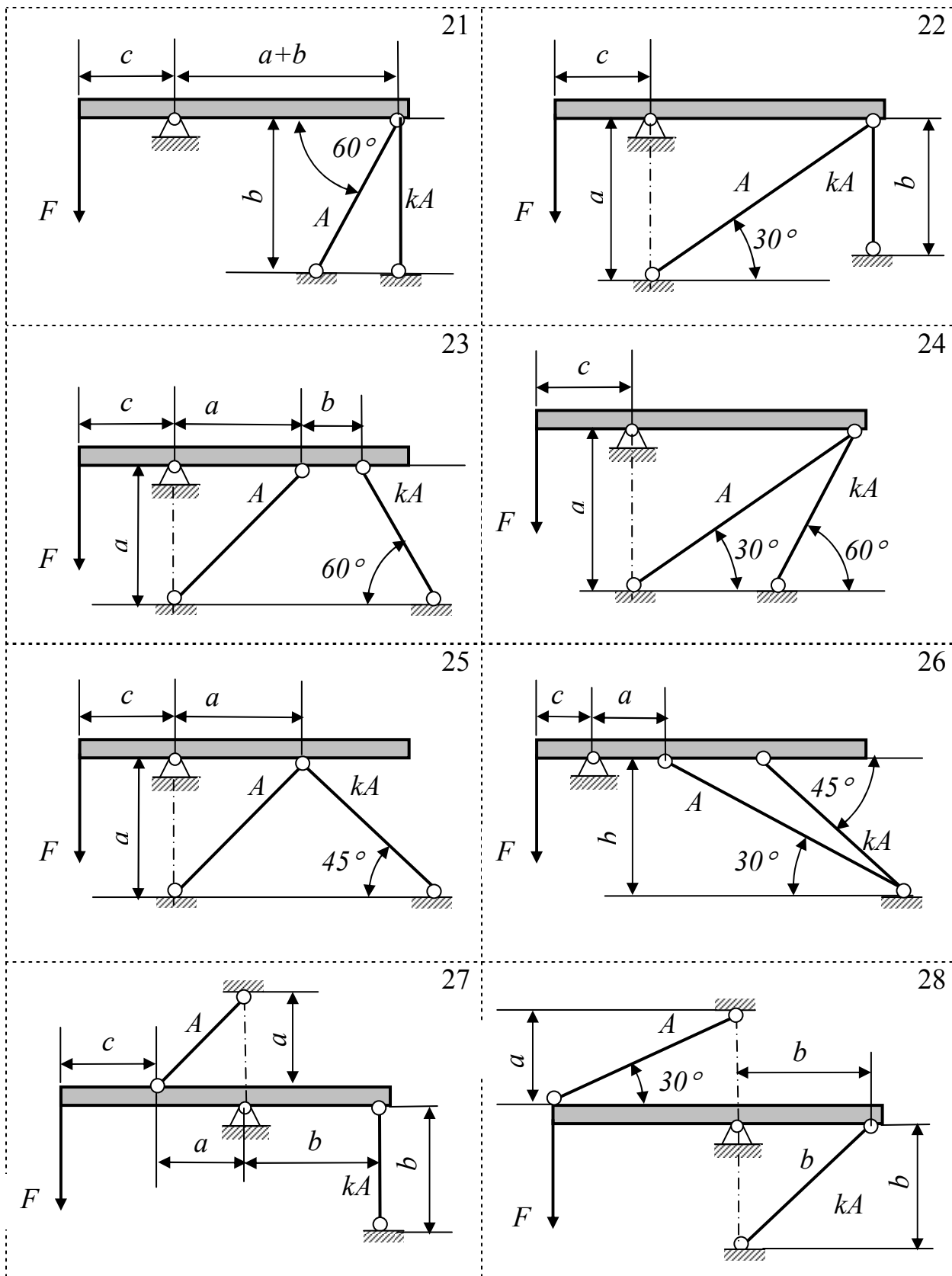
Рисунок 23 – Схема статически неопределимой конструкции



Продолжение рисунка 23

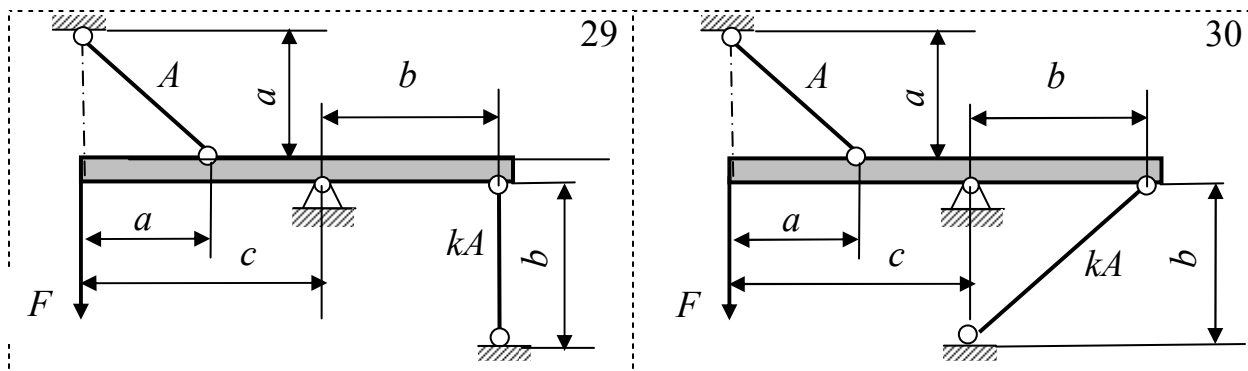


Продолжение рисунка 23



Продолжение рисунка 23





Продолжение рисунка 23

#### Задание 4

##### Тема: «Расчет вала на прочность при изгибе с кручением»

На вал (рисунок 24, номер схемы соответствует второй цифре варианта), вращающийся с угловой скоростью  $\omega$ , через шкив 1, имеющий диаметр  $D_1$  и угол наклона ветвей ремня к горизонту  $\alpha_1$ , подается мощность  $P$  кВт. Два других шкива 2 и 3 имеют одинаковый диаметр  $D_2$ , одинаковые углы наклона ветвей ремня к горизонту  $\alpha_2$  и каждый из них передает потребителям мощность  $0,5P$ . Определить диаметр  $d$  вала из расчета на прочность по опасному сечению, приняв пониженное значение допускаемых напряжений на изгиб  $[\sigma]_{изг}=70\text{МПа}$ . Углы наклона ветвей ременной передачи выбрать из таблицы 20 в соответствии с первой цифрой варианта, данные для расчета взять из таблицы 21 по номеру учебной группы.

Таблица 20 – Углы наклона ветвей ременной передачи

Первая цифра варианта	0	1	2	3
$\alpha_1$	$90^\circ$	0	$120^\circ$	$270^\circ$
$\alpha_2$	$210^\circ$	$45^\circ$	$180^\circ$	$300^\circ$

Таблица 21 – Данные для расчета вала

Группа	32_1	32_2	32_3	32_4	32_5	32_6	32_7	32_8	32_9	3210
$P$ , кВт	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45
$\omega$ , $\text{с}^{-1}$	90	100	110	120	150	180	200	220	250	270
$D_1$ , мм	180	200	224	250	280	315	280	200	280	250
$D_2$ , мм	125	140	160	180	200	224	180	160	180	160
$a$ , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$b$ , м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4	0,5
$c$ , м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4

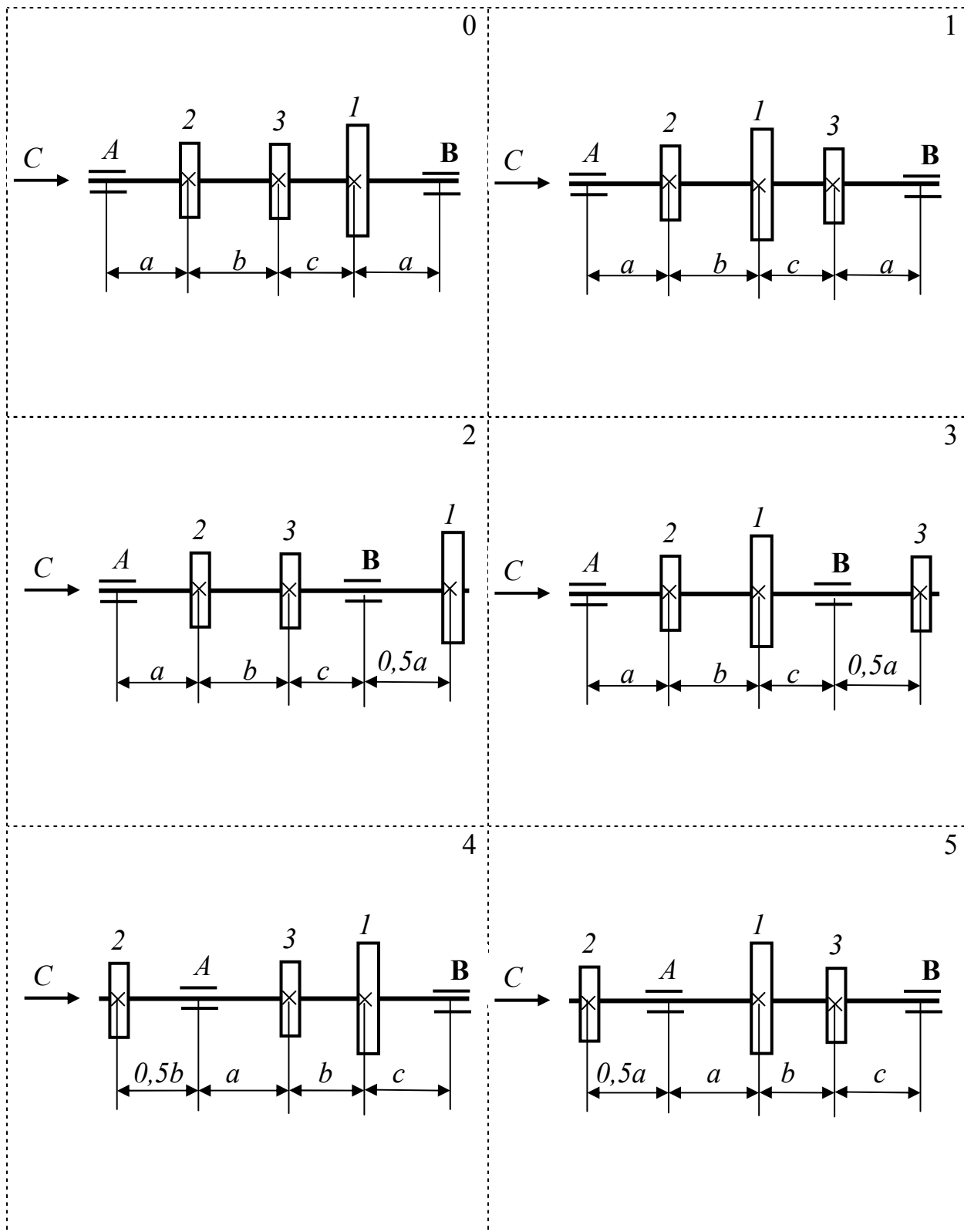
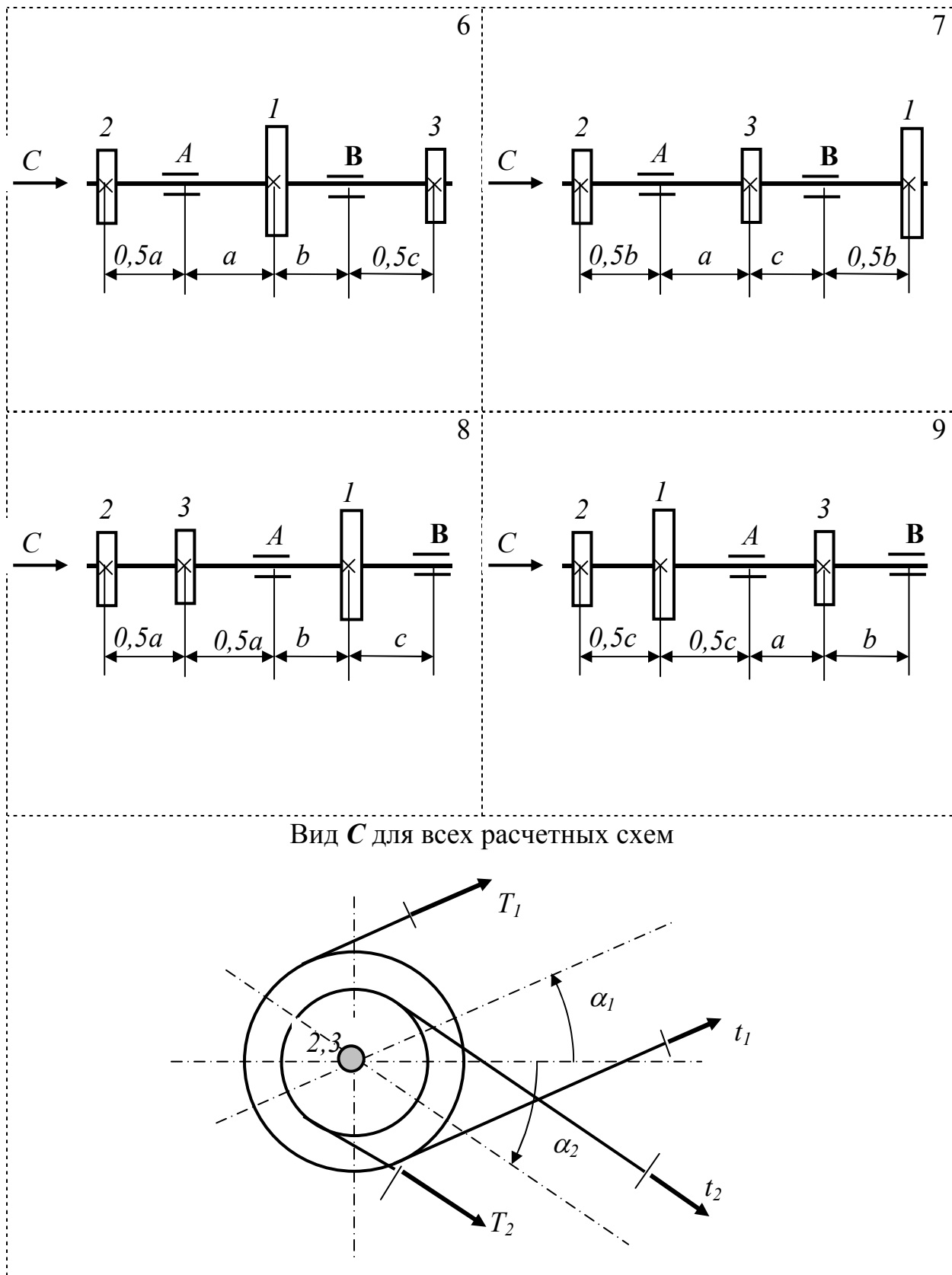


Рисунок 24 – Расчетная схема вала



Продолжение рисунка 24

## Задание 5

### Тема: «Статически неопределимые рамы»

Плоская рама (рисунок 25) изготовлена из стальной квадратной трубы (ГОСТ 8639-82). Жесткость стержней на всех участках одинаковая.

Требуется:

- Раскрыть статическую неопределимость рамы методом сил, провести кинематическую проверку расчетов;
- Построить окончательные эпюры изгибающего момента  $M_x$ , поперечной силы  $Q$ , продольной силы  $N$ ; проверить правильность построения по равновесию узлов;
- Определить необходимые поперечные размеры трубы из условия прочности опасного сечения по нормальным напряжениям;
- Проверить прочность опасных сечений с учетом касательных напряжений по четвертой гипотезе прочности.

Данные для расчета взять из таблицы 22 по номеру учебной группы.

Таблица 22 – Данные для расчета рамы

Группа	32_1	32_2	32_3	32_4	32_5	32_6	32_7	32_8	32_9	3210
$a$ , м	2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
$F$ , кН	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

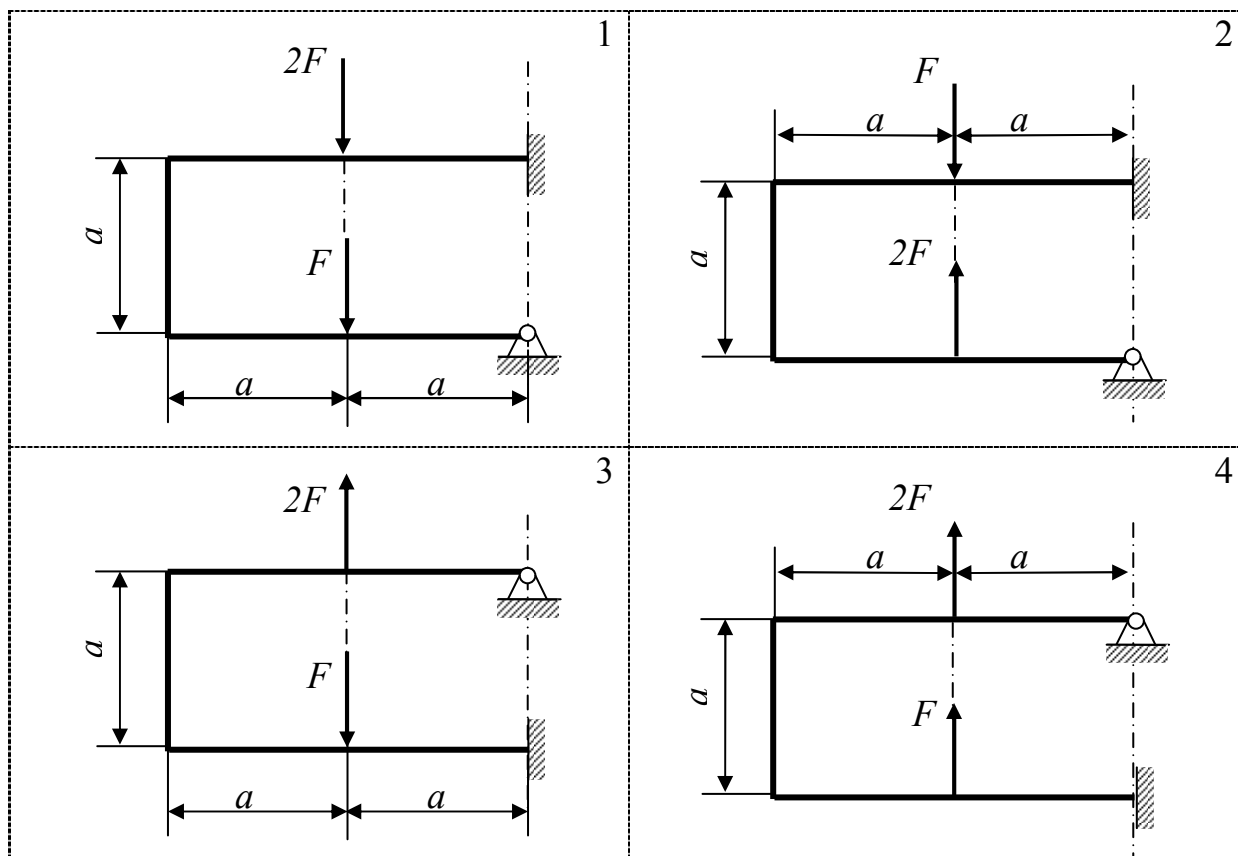
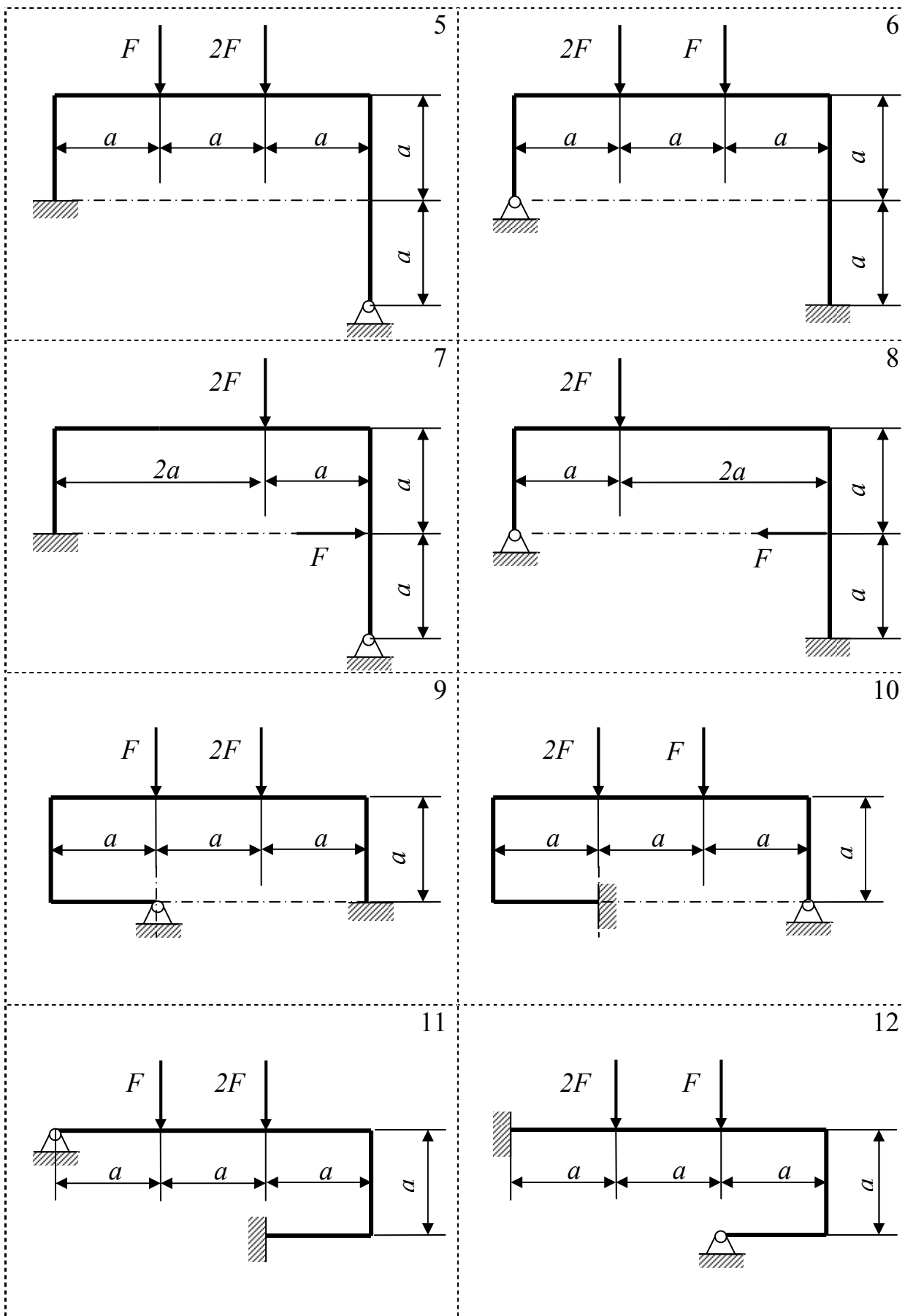
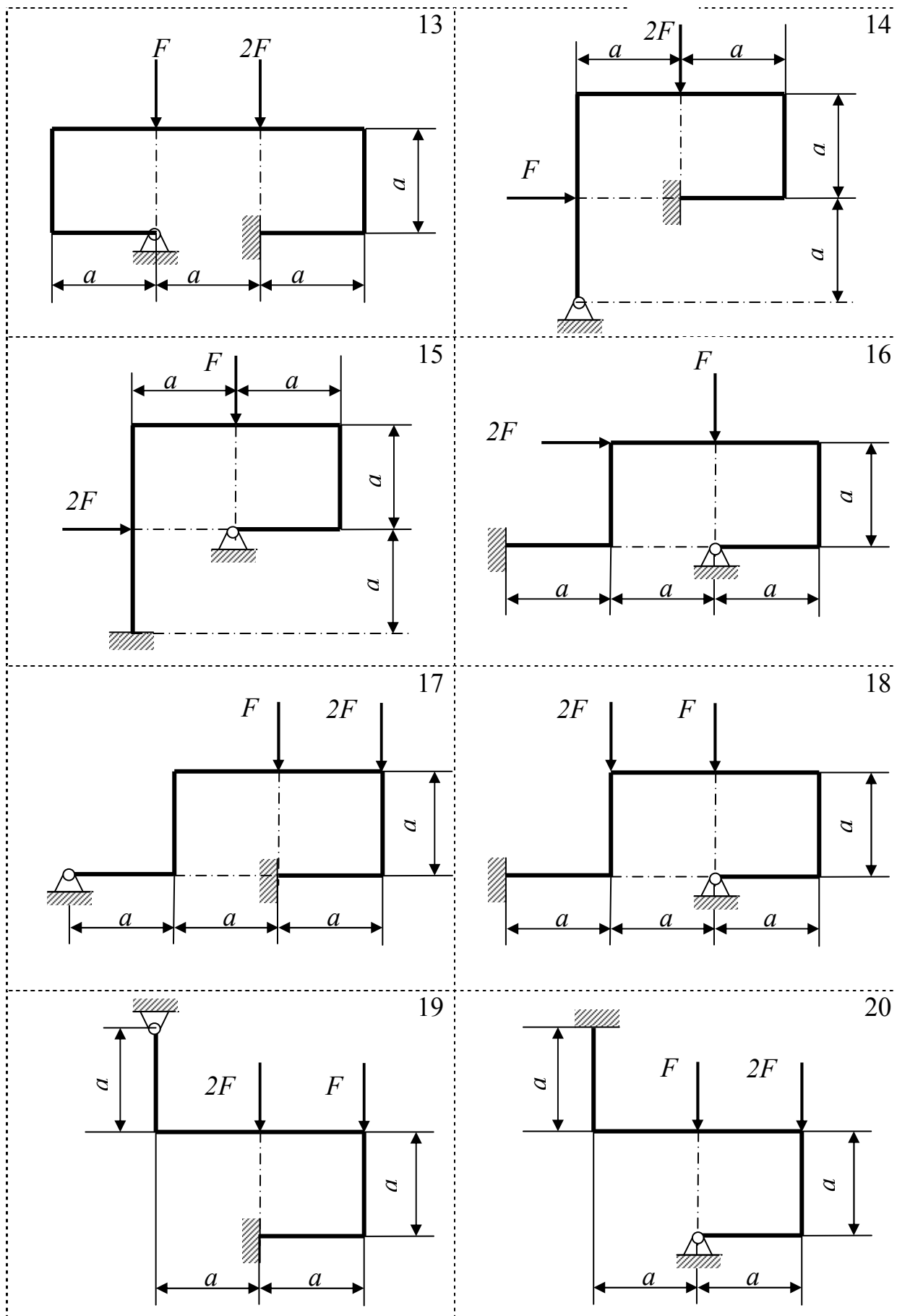


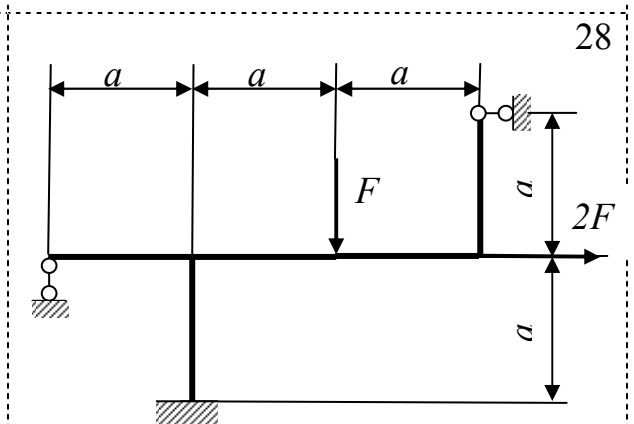
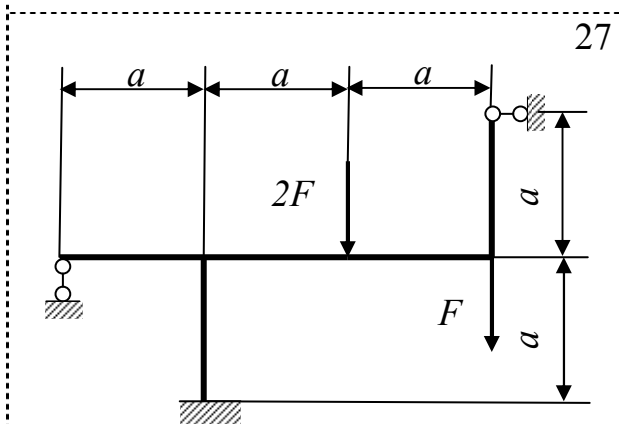
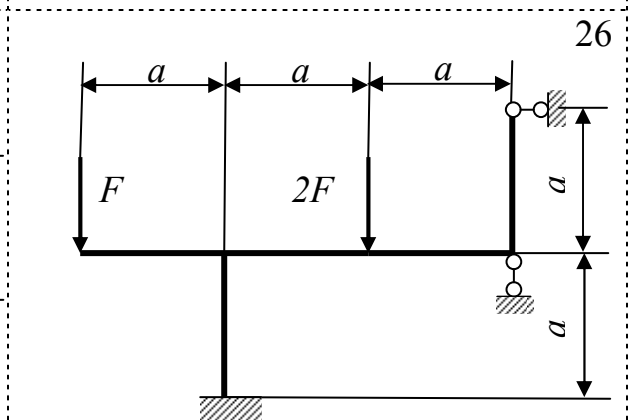
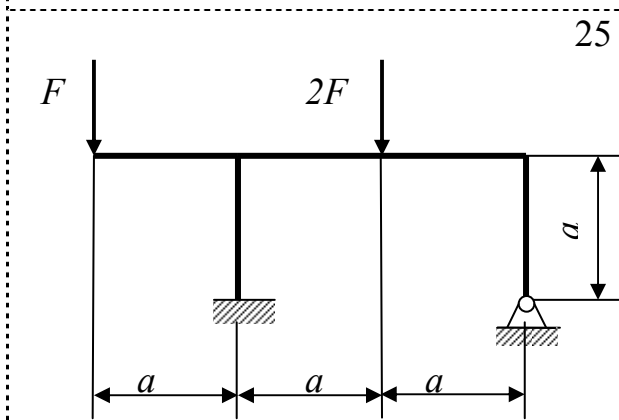
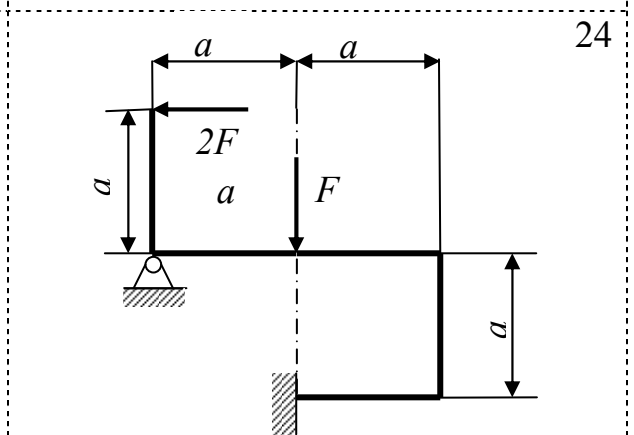
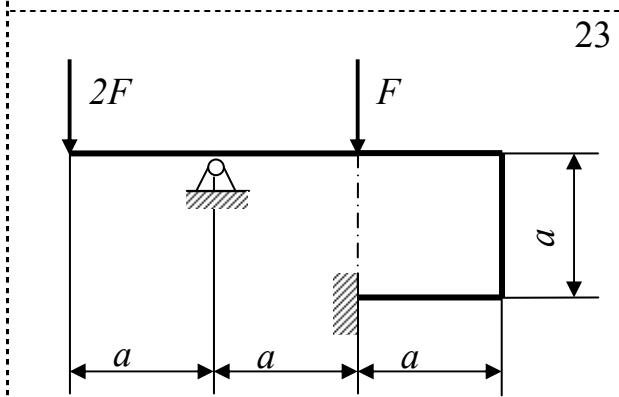
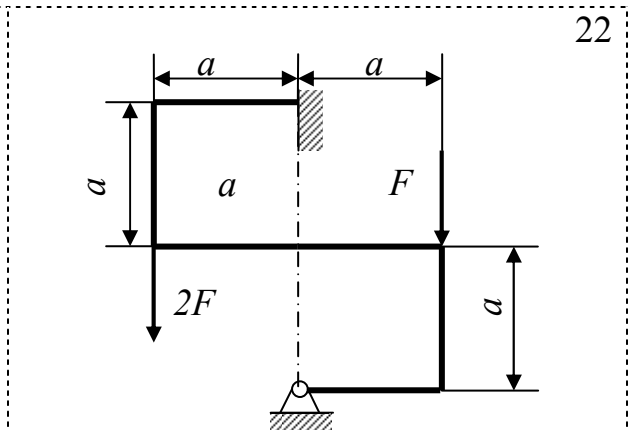
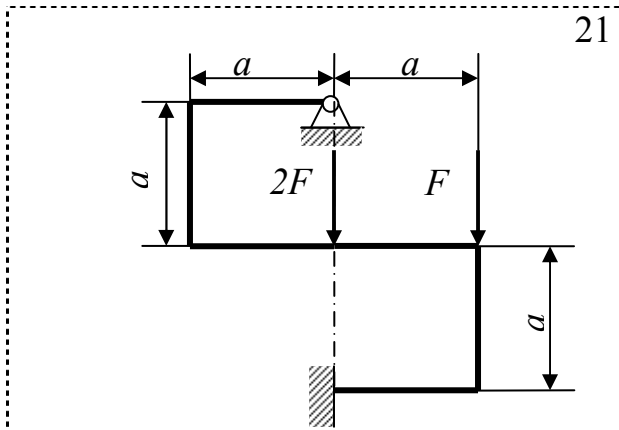
Рисунок 25 – Расчетная схема рамы



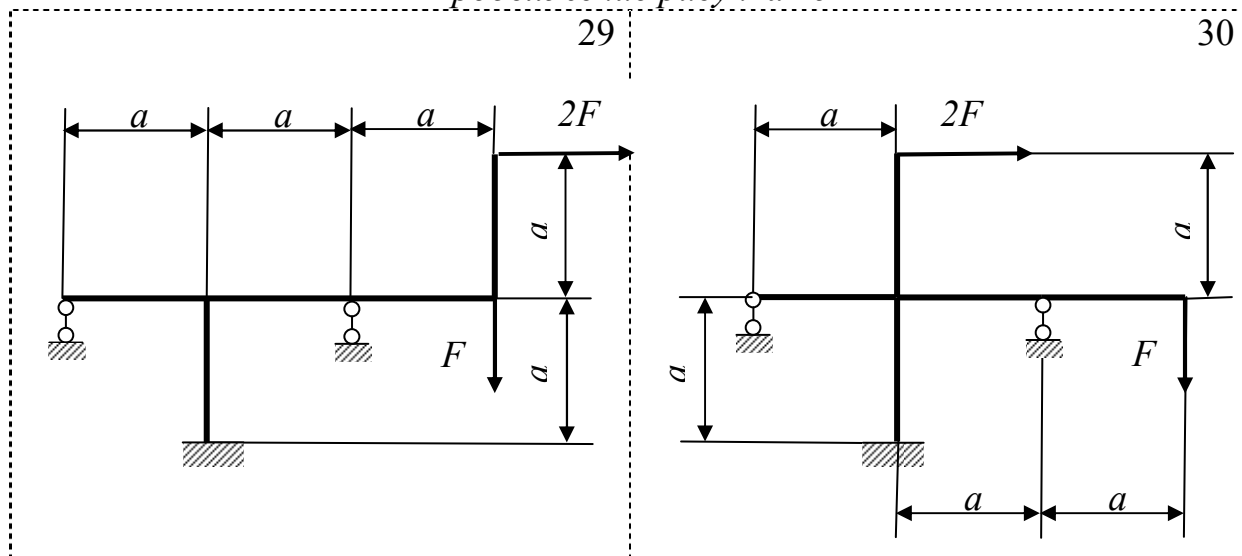
Продолжение рисунка 25



Продолжение рисунка 25



Продолжение рисунка 25



Продолжение рисунка 25



### **Учебно-методическое обеспечение**

1. Сопротивление материалов: конспект лекций/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: А.А. Шибков, С.А. Булгаков, И.В. Тихонкин – Новосибирск, 2015. – 120 с. изд. перераб. и доп.
2. Сопротивление материалов: учеб. пособие по самостоятельной работе/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: А.А. Шибков, С.А. Булгаков, И.В. Тихонкин – Новосибирск, 2017. – 84 с. изд. перераб. и доп.
3. Сопротивление материалов: справочные данные для прочностных расчетов/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: А.А. Шибков, С.А. Булгаков, И.В. Тихонкин. – Новосибирск, 2017. – 36 с. изд. перераб. и доп.
4. Сопротивление материалов: сборник тестов для контроля знаний студентов/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: А.А. Шибков, С.А. Булгаков, И.В. Тихонкин – Новосибирск, 2015. – 58 с. изд. перераб. и доп.

### **Основная литература**

1. Степин П.А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2014. – 320 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3179](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3179) – Загл. с экрана. (ЭБС ЛАНЬ)
2. Беляев, Н.М. Сборник задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.М. Беляев, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников [и др.]. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2017. – 432 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/91908> – Загл. с экрана. (ЭБС ЛАНЬ)

### **Дополнительная литература**

1. Куликов, Ю.А. Сопротивление материалов. Курс лекций. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2017. – 272 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91882> – Загл. с экрана. (ЭБС ЛАНЬ)
2. Миролюбов, И.Н. Сопротивление материалов. Пособие по решению задач. [Электронный ресурс] / И.Н. Миролюбов, Ф.З. Алмаметов, Н.А. Курицин, И.Н. Изотов. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2014. – 512 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/39150> – Загл. с экрана. (ЭБС ЛАНЬ)
3. Молотников В. Я. Механика конструкций. Теоретическая механика. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2012. – 540 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4546](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4546) – Загл. с экрана. (ЭБС ЛАНЬ)

4. *Молотников В. Я.* Курс сопротивления материалов [Текст]: учебное пособие для студентов вузов по напр. «Агроинженерия». – СПб.: Лань, 2006. – 380 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Библиогр.: с. 372. – Предм. указ.: с. 373-376.

5. Механика: Учебное пособие / В.Л. Николаенко. – М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. – 636 с.: ил.; 60х90 1/16. – (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004865-9.

6. *Жуков, В.Г.* Механика. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2012. — 415 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com>

7. *Кудрявцев С. Г.* Сопротивление материалов. Интернет-тестирование базовых знаний [Электронный ресурс]: учебное пособие / Кудрявцев С. Г., Сердюков В. Н. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2013. – 176 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5247](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5247) – Загл. с экрана. (ЭБС ЛАНЬ)

#### Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/ п	Наименование	Адрес
1.	Электронно-библиотечная система Издательства Лань (ЭБС)	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
2.	Официальный сайт научно-издательского центра ИНФРА-М (ЭБС)	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>
3.	Официальный сайт Инженерного института	<a href="http://www.mechfac.ru">http://www.mechfac.ru</a>
4.	электронные ресурсы кафедры "Механика материалов и конструкций" МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского	<a href="http://www.mysopromat.ru">http://www.mysopromat.ru</a>
5.	электронные ресурсы лаборатории кафедры РК-5 «Прикладная механика» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана	<a href="http://rk5-lab.bmstu.ru">http://rk5-lab.bmstu.ru</a>
6.	электронные ресурсы кафедры теоретической и прикладной механики Башкирского государственного аграрного университета	<a href="http://www.soprotmat.ru">http://www.soprotmat.ru</a>

Составители: Шибков Александр Анатольевич  
Булгаков Сергей Алексеевич  
Тихонкин Игорь Васильевич

## **МЕХАНИКА**

задания и методические указания для выполнения  
контрольных, расчетно-графических работ и самостоятельной работы

### **Ч.3. Сопротивление материалов**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка С.А. Булгаков, И.В. Тихонкин

Подписано в печать 29 сентября 2015 г.  
Формат 84×108/32. Объем 3,75 уч.-изд. л  
Тираж 100 экз. Изд. № . Заказ №

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института  
630039, г. Новосибирск, ул. Никитина, 147