

Министерство образования Российской Федерации
Владимирский государственный университет

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания и задания
к курсовым работам
для студентов заочной формы обучения

Составители:
С.А. Маврина
А.В. Тимохин

Владимир 2002

УДК 539.3/.6(075)

Рецензент
кандидат технических наук, доцент
кафедры "Строительные конструкции и архитектура"
Владимирского государственного университета
Е.А. Смирнов

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Методические указания и задания к курсовым работам по сопротивлению материалов для студентов заочной формы обучения: Сост.: Маврина С.А., Тимохин А.В.; Владим. гос. ун-т; Владимир, 2002. 32 с.

Составлены в соответствии с программой курса сопротивления материалов для студентов машиностроительных специальностей заочной формы обучения.

Предназначены для выполнения курсовых работ по сопротивлению материалов. Включает варианты заданий и методические указания к их выполнению.

Табл. 8. Ил. 10. Библиогр.: 3 назв.

УДК 539.3/.6(075)

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВЫХ РАБОТ

Программа курса "Сопротивление материалов" для студентов заочной формы обучения машиностроительных специальностей предусматривает выполнение курсовой работы в каждом из двух семестров обучения. Курсовая работа № 1 включает задания 1 ÷ 3, курсовая работа № 2 – задания 4, 5. Каждый студент выполняет курсовые работы в соответствии с индивидуальным шифром, состоящим из четырех цифр. Шифр выдается преподавателем в период установочной сессии.

Курсовая работа выполняется на одной стороне листа белой нелинованной бумаги формата А 4; для выполнения чертежей допускается формат А 3, складываемый до формата А 4.

Текстовая часть курсовой работы состоит из титульного листа (см. приложение) и пояснительной записки, включающей подробное описание выполнения каждого задания соответствующей курсовой работы. Обязательным является эскиз условия и исходные данные, выбранные в соответствии с индивидуальным шифром. Текстовая часть работы может выполняться как рукописно, пастой темного цвета, так и набором текста на ПЭВМ.

Все схемы и рисунки выполняются только карандашом с помощью чертежных инструментов и с соблюдением выбранных масштабов изображения. Нумерация листов курсовой работы сквозная.

Во время защиты курсовой работы студент должен показать понимание соответствующей темы и уметь отвечать на вопросы, перечень которых представлен после каждого задания.

Задание 1

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ СТЕРЖНЯ

Задача № 1. Для сложного симметричного поперечного сечения стержня (рис. 1) требуется:

1. Определить положение центра тяжести и показать систему центральных осей (z_c - горизонтальная ось, y_c - вертикальная ось).

2. Вычислить величины осевых моментов инерции относительно найденных центральных осей I_{z_c} и I_{y_c} .

3. Определить положение главных центральных осей (u – ось максимума, v – ось минимума).

4. Вычислить величины осевых моментов инерции относительно главных центральных осей I_u и I_v .

Данные для расчета и номер схемы взять из табл. 1 по шифру, выданному преподавателем.

Задача № 2. Для сложного несимметричного поперечного сечения (рис. 2) требуется:

1. Определить положение центра тяжести и показать систему центральных осей (z_c - горизонтальная ось, y_c - вертикальная ось).

2. Вычислить величины осевых моментов инерции относительно найденных центральных осей I_{z_c} , I_{y_c} и центробежный момент инерции $I_{z_c y_c}$.

3. Определить положение главных центральных осей (u – ось максимума, v – ось минимума).

4. Вычислить величины осевых моментов инерции относительно главных центральных осей I_u и I_v .

Данные для расчета и номер схемы взять из табл. 2 по шифру, выданному преподавателем.

Таблица 1

Шифр варианта	I	II	III	IV
	Номер схемы	a , мм	b , мм	c , мм
1	5	60	46	80
2	3	45	52	70
3	7	50	56	100
4	9	40	38	85
5	6	35	54	50
6	2	55	45	90
7	4	48	50	65
8	10	54	35	95
9	1	42	60	75
0	8	58	40	60

Таблица 2

Шифр варианта	I	II	III	IV	
	Номер схемы	Номер двутавра	Номер швеллера	Уголок равнополочный (мм)	Уголок неравнополочный (мм)
1	10	20	18	50×50×5	75×50×5
2	9	22	16	70×70×6	90×56×6
3	8	24	14	75×75×5	100×63×6
4	7	27	12	80×80×6	110×70×8
5	6	18	10	90×90×8	125×80×7
6	1	16	20	100×100×8	140×90×10
7	2	14	22	63×63×6	160×100×12
8	3	12	24	56×56×4	100×63×8
9	4	33	27	80×80×7	180×110×10
0	5	36	30	75×75×6	125×80×10

Примечание. Размеры двутавров даны по сортаменту ГОСТ 8239-89; швеллеров – по ГОСТ 8240-89; уголков равнополочных – по ГОСТ 8509-86; уголков неравнополочных – по ГОСТ 8510-86.

Указания к выполнению задания 1

Определение геометрических характеристик плоских сечений стержня рекомендуется выполнять в следующем порядке:

1. Вычертить поперечное сечение в масштабе.
2. Разбить сложную фигуру поперечного сечения на ряд простых фигур, для которых известно положение центра тяжести и геометрические характеристики.

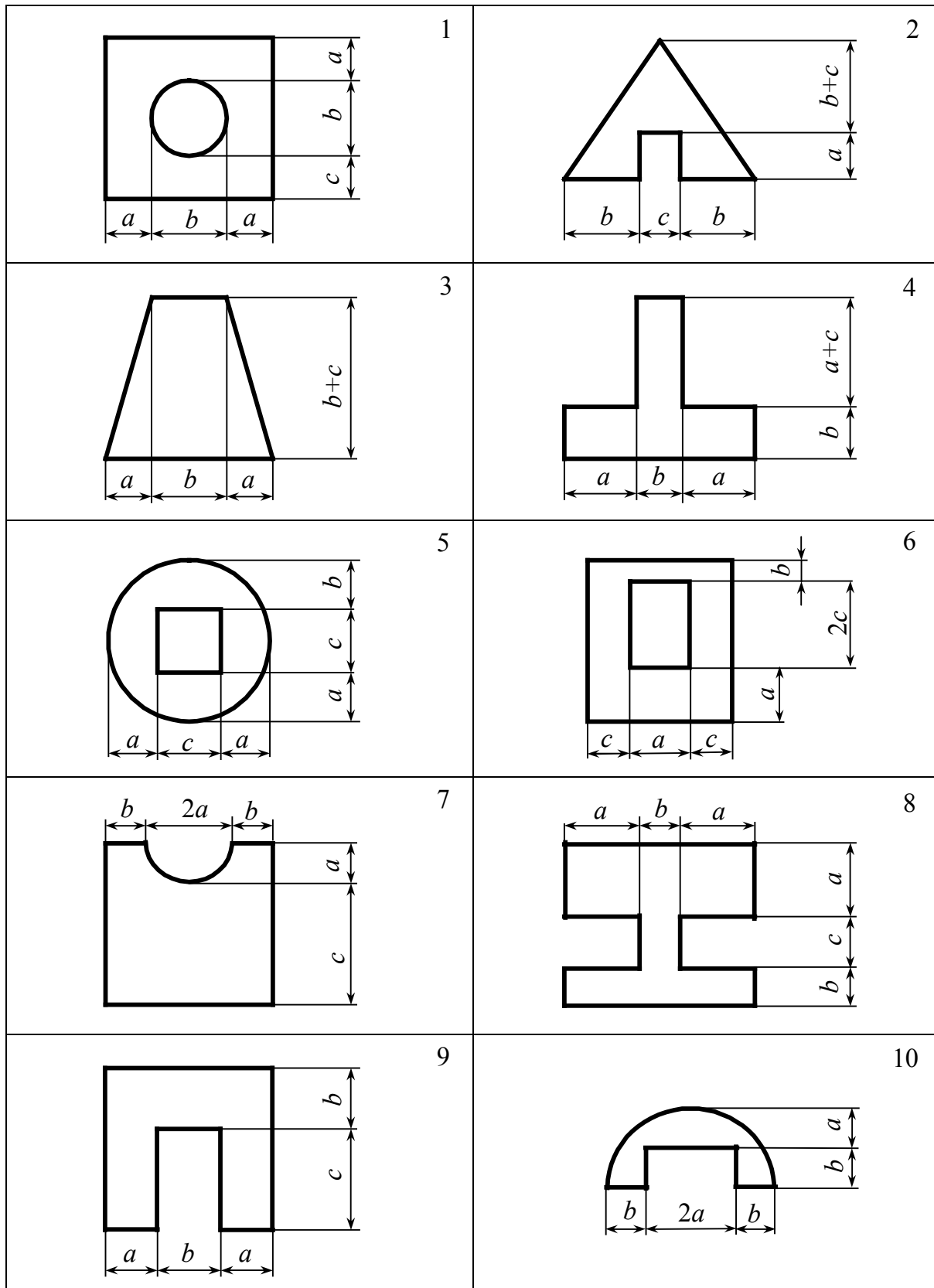
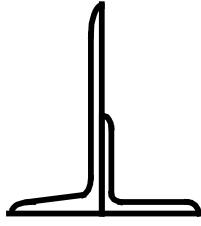
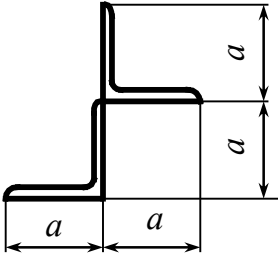
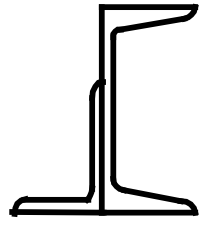
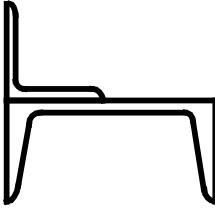
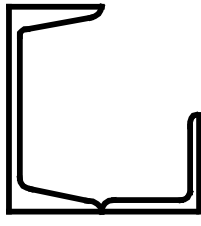
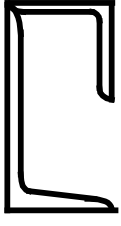
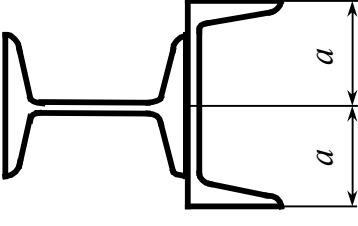
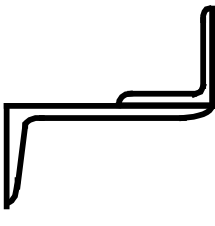
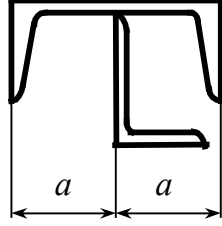
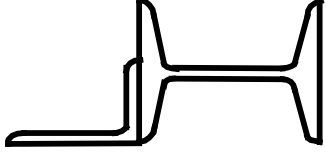


Рис. 1

<p style="text-align: right;">1</p> 	<p style="text-align: right;">2</p> 
<p style="text-align: right;">3</p> 	<p style="text-align: right;">4</p> 
<p style="text-align: right;">5</p> 	<p style="text-align: right;">6</p> 
<p style="text-align: right;">7</p> 	<p style="text-align: right;">8</p> 
<p style="text-align: right;">9</p> 	<p style="text-align: right;">10</p> 

Puc. 2

3. Показать локальные центры тяжести простых фигур и провести случайные локальные центральные оси (z_{c_i} - горизонтальные оси, y_{c_i} - вертикальные оси).

4. Найти координаты центра тяжести заданной фигуры, используя статические моменты сечения относительно локальных центральных осей:

$$z_c = \frac{S_y}{A} = \frac{\sum A_i z_{c_i}}{\sum A_i} = \frac{A_1 z_{c_1} + A_2 z_{c_2} + \dots + A_n z_{c_n}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n},$$

$$y_c = \frac{S_z}{A} = \frac{\sum A_i y_{c_i}}{\sum A_i} = \frac{A_1 y_{c_1} + A_2 y_{c_2} + \dots + A_n y_{c_n}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}.$$

Здесь A_i - площадь i -й простой фигуры; z_{c_i} и y_{c_i} - координаты центра тяжести i -й фигуры в единой (произвольно выбранной) системе координат. Суммирование производится по количеству фигур разбиения ($i=1, n$). При этом необходимо помнить, что суммирование алгебраическое, т.е. для фигур, изображающих отверстия, локальные площади учитываются отрицательными.

5. Провести через найденный центр тяжести всего сечения оси z_c и y_c , параллельные первоначально проведенным случайным локальным центральным осям.

6. По теореме о параллельном переносе осей вычислить центробежный и осевые моменты инерции сечения относительно центральных осей z_c и y_c , а именно:

$$I_{z_c} = \sum_{i=1}^n \left(I_{z_{c_i}} + a_i^2 A_i \right), \quad I_{y_c} = \sum_{i=1}^n \left(I_{y_{c_i}} + b_i^2 A_i \right),$$

$$I_{z_c y_c} = \sum_{i=1}^n \left(I_{z_{c_i} y_{c_i}} + a_i b_i A_i \right),$$

где a_i - расстояние между горизонтальными параллельными осями z_{c_i} и z_c ; b_i - расстояние между вертикальными параллельными осями y_{c_i} и y_c .

y_c . Расстояния вычисляются относительно центральной системы координат $z_c y_c$.

Важно, что для симметричной фигуры значение центробежного момента инерции $I_{z_c y_c} = 0$, если хотя бы одна из осей (z_c или y_c) совпадает с осью симметрии.

7. Найти положение главных центральных осей u и v по формуле $\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{2I_{z_c y_c}}{I_{y_c} - I_{z_c}}$, где α_0 - угол поворота главных осей относительно центральных. Фактически α_0 - угол между главной центральной осью максимума U и центральной осью максимума. (Если $I_{z_c} > I_{y_c}$, то центральной осью максимума является ось z_c). Положительный угол α_0 отсчитывается от соответствующей центральной оси максимума против часовой стрелки.

8. Найти величины главных центральных моментов инерции I_u и I_v по формуле $I_{u,v} = \frac{I_{z_c} + I_{y_c}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(I_{z_c} - I_{y_c})^2 + 4I_{z_c y_c}^2}$. Знак плюс относится к вычислению максимального момента инерции I_u , знак минус – к вычислению I_v .

9. Выполнить проверку правильности вычислений по формулам:

$$I_{z_c} + I_{y_c} = I_u + I_v, \quad I_{uv} = \frac{I_{z_c} - I_{y_c}}{2} \sin 2\alpha_0 + I_{z_c y_c} \cos 2\alpha_0 = 0.$$

Замечание. Если сечение состоит из прокатных профилей (см. задачу № 2), то необходимо пользоваться данными таблиц сортамента. При определении центробежного момента инерции уголка (равнополочного или неравнополочного) относительно осей, одна из которых является горизонтальной, а другая – вертикальной, можно пользоваться формулами:

для равнополочного уголка
$$I_{zy} = \pm \frac{I_{x_0 \max} - I_{y_0 \min}}{2},$$

для неравнополочного уголка
$$I_{zy} = \pm \frac{I_y - I_{u \min}}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Здесь знак (плюс или минус) окончательно определяется по знаку большей площади, занимаемой данной фигурой в декартовой системе координат. Все величины принимаются из сортамента.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется статическим моментом сечения относительно оси? Какова его размерность?
2. Что называется осевым, полярным и центробежным моментом инерции сечения? Какова размерность моментов инерции?
3. Как определяются координаты центра тяжести простого и сложного сечения?
4. Какие моменты инерции всегда положительны?
5. Для каких фигур и относительно каких осей центробежный момент инерции равен нулю?
6. Какие оси называются главными, главными центральными?
7. Как определяется положение главных осей?
8. В каких случаях без вычисления можно установить положение главных осей?
9. Запишите зависимости для осевого и центробежного моментов инерции при параллельном переносе осей?
10. В какой последовательности определяются значения главных центральных моментов инерции сложного сечения?

Задание 2

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ: РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ

Задача № 1. Для заданного стержня (рис. 3) требуется:

1. Изобразить расчетную схему стержня.
2. Построить эпюры продольной силы N_x и нормального напряжения σ_x .
3. Из условия прочности подобрать площадь поперечного сечения стержня A .

Исходные данные и схему стержня взять из табл. 3 по шифру, выданному преподавателем.

Таблица 3

Шифр варианта	I	II			III	IV
	Номер схемы	F_1 , кН	F_2 , кН	q , кН/м	a , м	Материал
1	5	10	42	10	4,0	древесина
2	6	15	46	12	4,2	бетон
3	7	20	50	14	4,4	древесина
4	8	45	34	16	4,6	бетон
5	9	35	20	8	4,8	древесина
6	10	30	14	6	3,0	бетон
7	1	16	30	4	3,2	древесина
8	2	24	40	18	3,4	бетон
9	3	32	25	5	3,6	древесина
0	4	26	60	15	3,8	бетон

Примечание: $\sigma = 10$ МПа для древесины, $\sigma = 6$ МПа для бетона.

Задача № 2. Для заданного вала постоянного поперечного сечения (рис. 4) требуется:

1. Изобразить расчетную схему стержня.
 2. Построить эпюры крутящего момента M_x и максимального касательного напряжения τ_x .
 3. Из условия прочности подобрать диаметр d круглого поперечного сечения, округлив полученную величину до ближайшего стандартного диаметра (30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200 мм).
- Данные для расчета и схему вала взять их табл. 4 по шифру, выданному преподавателем.

Таблица 4

Шифр варианта	I	II				III			IV
	Номер схемы	M_1 , кН·м	M_2 , кН·м	M_3 , кН·м	M_4 , кН·м	a , м	b , м	c , м	$[\tau]$, МПа
1	5	1,1	1,3	2,0	1,8	2,0	0,6	1,4	70
2	6	1,2	1,4	1,9	1,6	1,9	0,7	0,9	80
3	10	1,3	1,5	1,8	1,7	1,8	0,8	1,2	65
4	9	1,4	2,0	1,6	1,4	1,7	0,9	1,6	60
5	1	1,5	1,7	1,5	1,2	1,6	1,0	1,5	35
6	2	1,6	1,2	1,7	1,3	1,5	1,1	1,8	40
7	4	1,7	1,1	1,4	2,0	1,4	1,2	0,9	45
8	3	1,8	1,8	1,3	1,9	1,3	1,0	1,2	50
9	7	1,9	1,9	1,2	1,1	1,2	0,8	1,6	55
0	8	2,0	1,6	1,1	1,5	1,1	1,2	1,3	75

Задача № 3. Для заданных двух схем балок шарнирно-консольной и консольной (рис. 5) требуется:

1. Изобразить расчетную схему каждой балки.
2. Построить эпюры изгибающего момента M_z и поперечной силы Q_y .
3. Из условия прочности подобрать:
 - а) для схемы (а) стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma] = 160$ МПа;
 - б) для схемы (б) деревянную балку круглого поперечного сечения при $[\sigma] = 12$ МПа.

Данные для расчета и схемы балок взять из табл. 5 по шифру варианта, выданного преподавателем.

Таблица 5

Шифр варианта	I	II			III		IV
	Номер схемы	a , м	b , м	c , м	F , кН	M , кН·м	q , кН/м
1	10	1,0	0,8	2,0	15	10	30
2	9	1,2	0,9	1,8	17	12	28
3	8	1,4	1,0	1,6	19	14	26
4	7	1,3	1,1	1,4	10	16	24
5	6	1,1	1,4	1,7	12	18	22
6	1	1,6	1,3	1,9	14	20	20
7	2	1,5	1,2	1,5	16	12	32
8	3	2,0	0,7	1,1	13	16	20
9	4	1,9	0,6	1,2	18	14	34
0	5	1,8	1,5	1,0	20	18	36

Указания к выполнению задания 2

В данном задании рассматривается построение эпюр внутренних силовых факторов при центральном растяжении-сжатии (задача № 1), при кручении (задача № 2) и при плоском поперечном изгибе (задача № 3).

Внутренними силовыми факторами являются: продольная сила N_x , крутящий момент M_x , изгибающий момент M_z и поперечная сила Q_y . Методика построения эпюр внутренних силовых факторов основывается на методе сечений.

Рекомендуется следующий порядок выполнения каждой задачи:

1. Определить реакции опор.

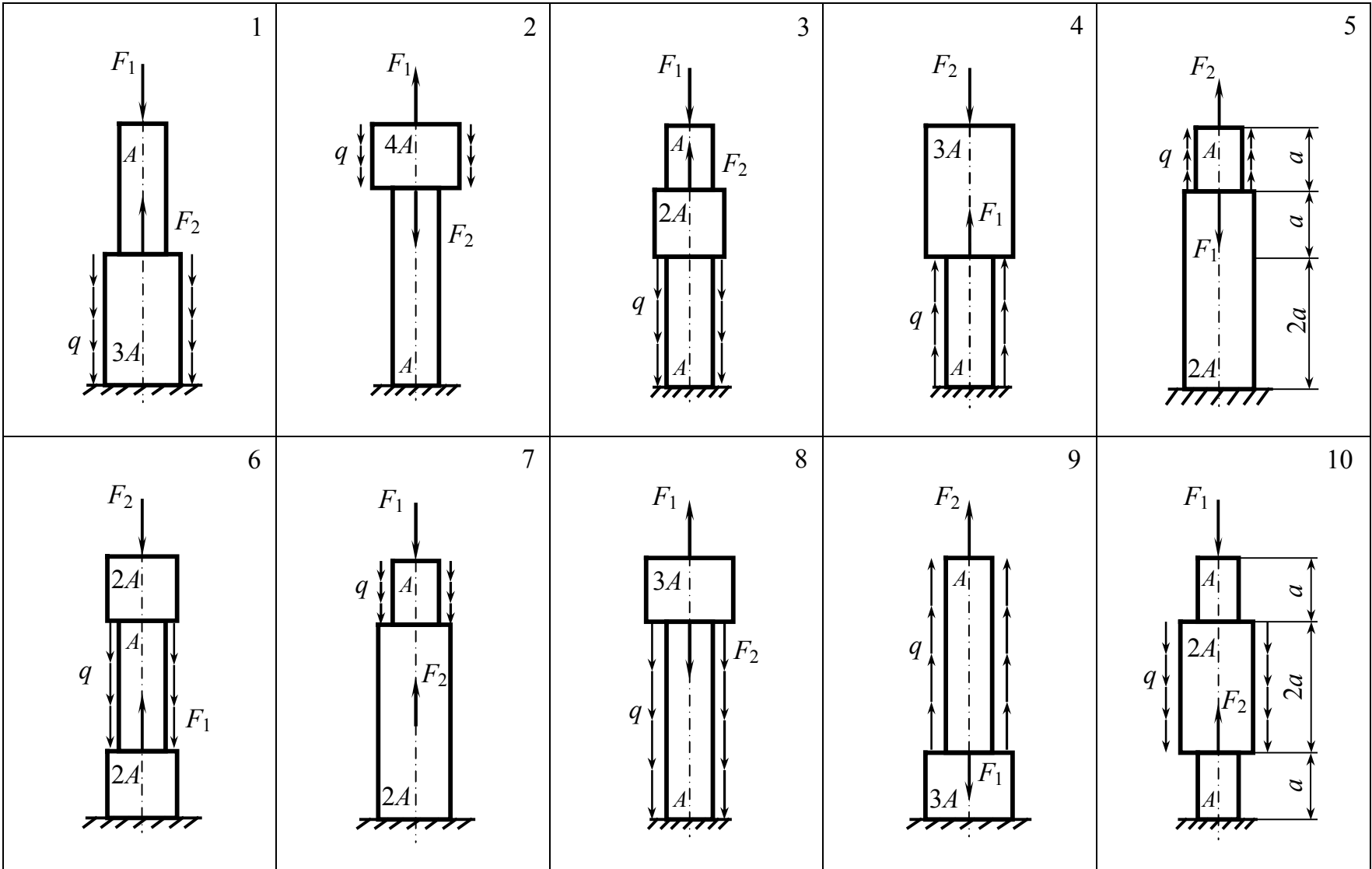


Рис. 3

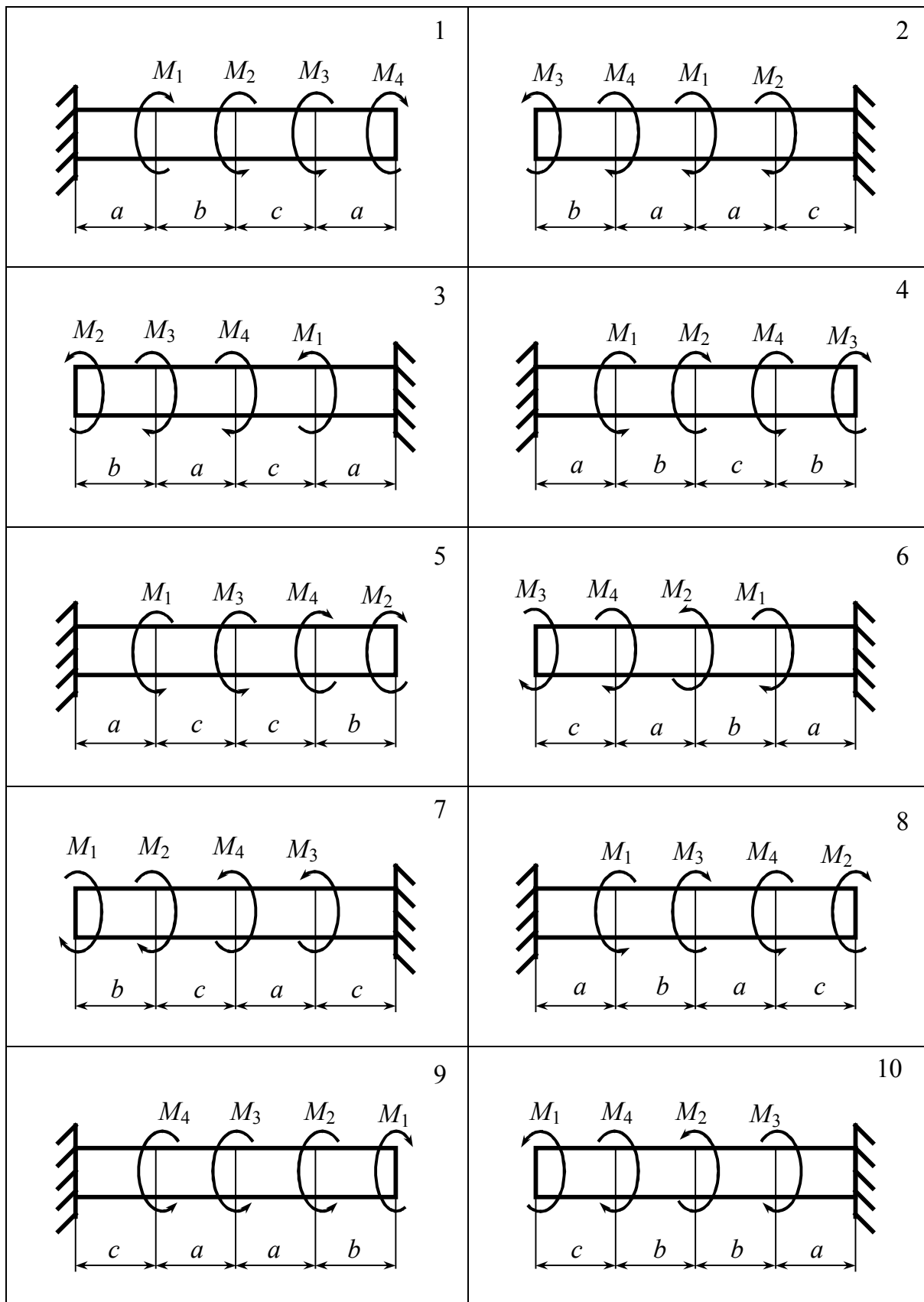


Рис. 4

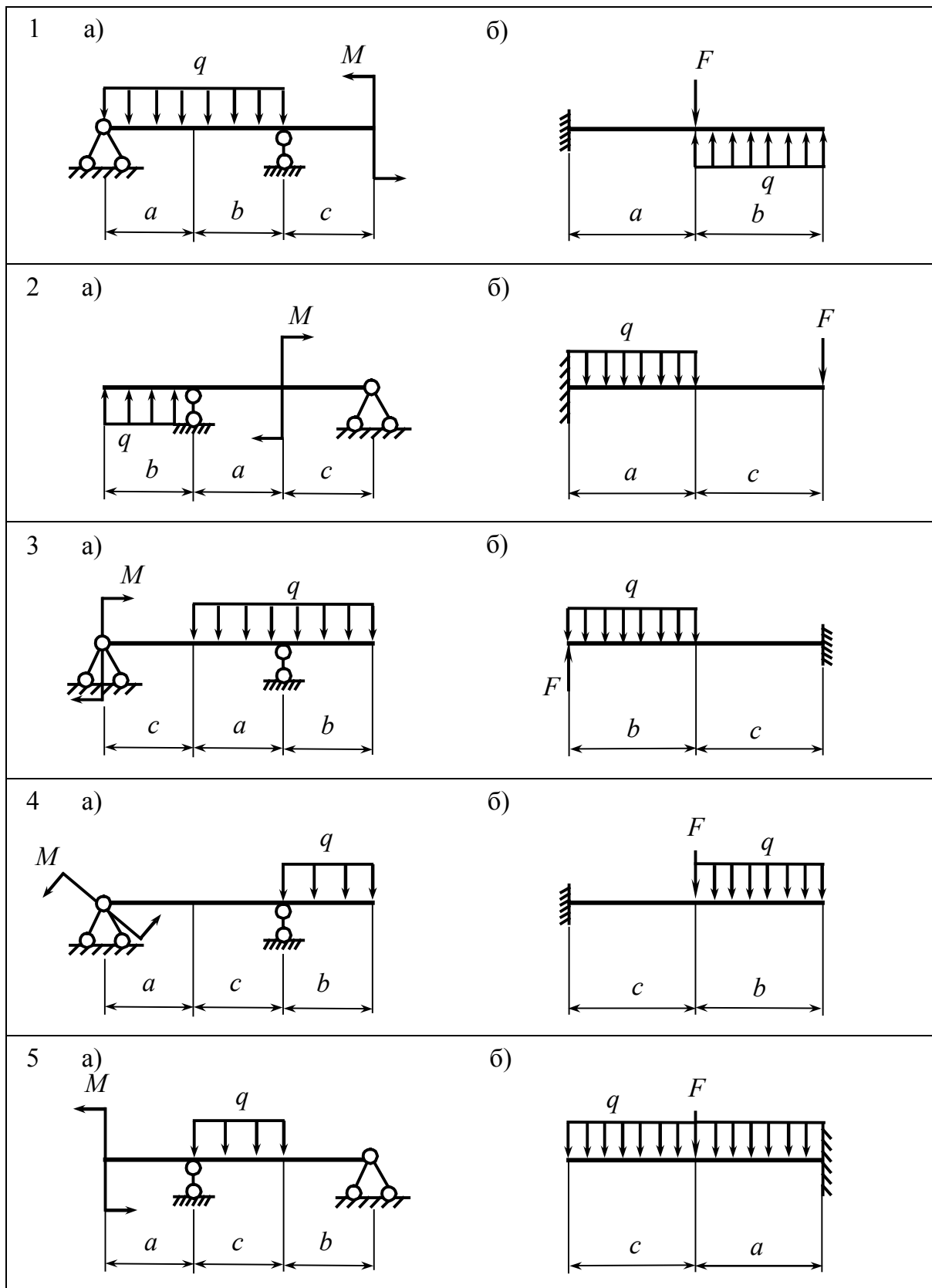


Рис. 5

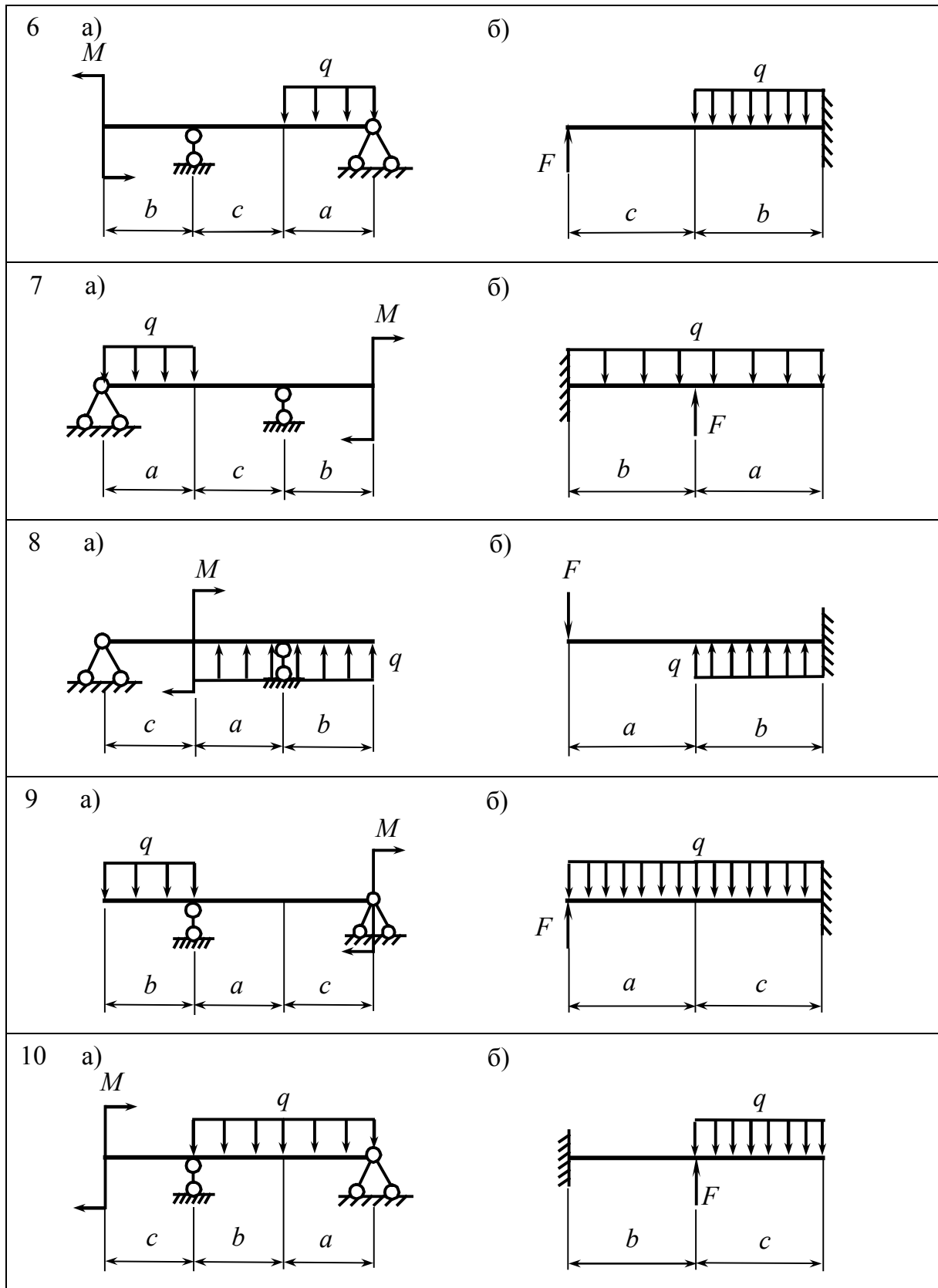


Рис. 5. Окончание

2. Разбить рассматриваемую схему на участки так, чтобы в пределах каждого участка разбиения характер внешней нагрузки и площадь поперечного сечения не менялись.

3. Для каждого участка разбиения составить выражения N_x (задача № 1), M_x (задача № 2), M_z и Q_y (задача № 3) и построить соответствующие эпюры. Эпюры строятся на базисных линиях, параллельных заданным расчетным схемам. Располагают эпюры непосредственно под расчетными схемами.

4. В задачах № 1 и 2 построить эпюры напряжений для каждого i -го участка разбиения:

- нормальных напряжений $\sigma_{x_i} = \frac{N_{x_i}}{A_i}$, где A_i - искомая площадь поперечного сечения на i -м участке;

- максимальных касательных напряжений $\tau_{\max_i} = \frac{M_{x_i}}{W_{\text{кр}i}}$, где $W_{\text{кр}i}$ - момент сопротивления сечения при кручении; для круглого сечения

$$W_{\text{кр}} = \frac{\pi d^3}{16}.$$

5. Определить искомые характеристики поперечного сечения из условия прочности по методу допускаемых напряжений:

- при растяжении-сжатии $\sigma_{\max_i} = \frac{N_{x \max}}{A_i} \leq \sigma$,

- при кручении $\tau_{\max_i} = \frac{M_{x \max}}{W_{\rho_i}} \leq \tau$,

- при изгибе $\sigma_{\max_i} = \frac{M_{z \max}}{I_z} y_{\max_i} \leq \sigma$.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие случаи деформации бруса называются центральным растяжением или сжатием?

2. Как вычисляется значение продольной силы и нормальные напряжения в произвольном поперечном сечении бруса? Какова их размерность?

3. Как строятся графики (эпюры) изменения (по длине оси бруса) продольных сил и нормальных напряжений?
4. Записать условие прочности при центральном растяжении-сжатии по методу допускаемых напряжений?
5. При каком нагружении прямой брус испытывает деформацию кручения?
6. Что называется моментом сопротивления сечению, жесткостью сечения при кручении?
7. Как найти диаметр сечения вала, удовлетворяющего условию прочности по методу допускаемых напряжений?
8. Что называется прямым поперечным изгибом?
9. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении бруса в общем случае действия на него плоской системы сил?
10. Какие правила знаков приняты для каждого из внутренних силовых факторов?
11. Какие типы опор применяются для закрепления балок к основанию?
12. Перечислить основные правила зависимости эпюр внутренних силовых факторов от внешней нагрузки?
13. Записать условие прочности балок при прямом поперечном изгибе по методу допускаемых напряжений.

Задание 3

СЛОЖНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ: РАСЧЕТ ВАЛА НА СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ИЗГИБА И КРУЧЕНИЯ

На вал (рис. 6) насажены шкивы A и B , через которые перекинуты приводные ремни, имеющие натяжение T_1 и t_1 , T_2 и t_2 . Диаметры шкивов d_1 и d_2 соответственно. Предположим, что вал вращается в подшипниках C и D без трения; собственным весом вала и шкивов пренебрегаем. Вал приводится в движение двигателем E . Шкивы имеют углы наклона ветвей ремня к горизонту α_1 и α_2 (рис. 7) соответственно, делают n_1 и n_2 оборотов в минуту и передают мощность N_1 и N_2 кВт. Требуется:

1. Определить моменты, приложенные к шкивам, по заданным n и N .
2. Построить эпюру крутящих моментов $M_{кр}$.
3. Определить окружные усилия t_1 и t_2 , действующие на шкивы, по найденным моментам и заданным диаметрам шкивов d_1 и d_2 .

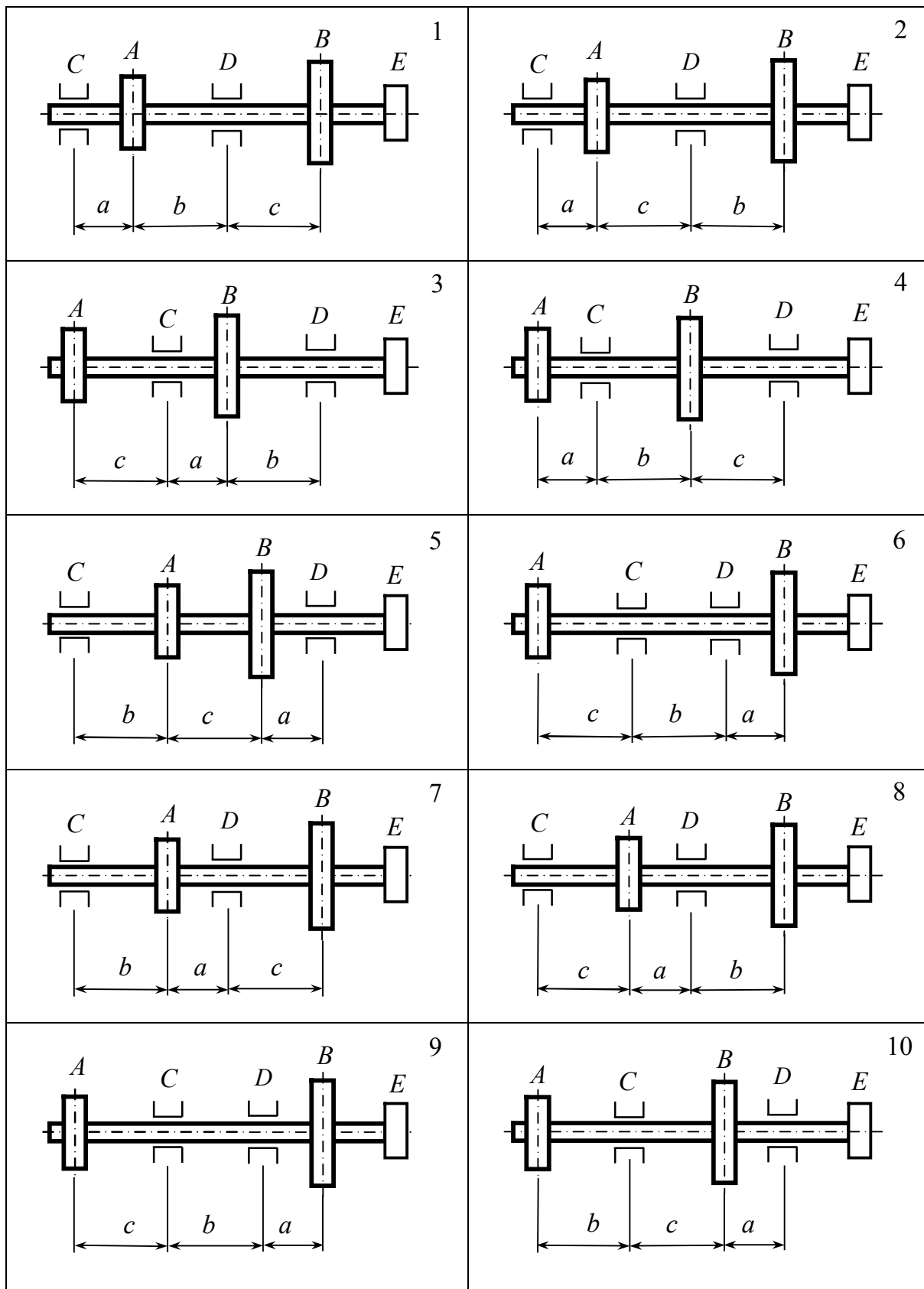


Рис. 6

4. Определить давления со стороны ремня на вал, принимая их равными трем окружным усилиям.

5. Определить силы, изгибающие вал в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

6. Построить эпюры изгибающих моментов от горизонтальных сил $M_{гор}$ и от вертикальных сил $M_{верт}$.

7. Построить эпюру суммарных изгибающих моментов.

8. Найти опасное сечение и определить максимальный расчетный момент (по третьей теории прочности).

9. Подобрать диаметр вала d при $[\sigma] = 120$ МПа и округлить его значение до стандартного.

Исходные данные и схему вала взять из табл. 6 по шифру, выданному преподавателем.

Таблица 6

Шифр варианта	I			II		III			IV			
	Номер схемы	n_1 , об/мин	n_2 , об/мин	N_1 , кВт	N_2 , кВт	a , м	b , м	c , м	d_1 , м	d_2 , м	α_1°	α_2°
0	5	100	120	10	12	1,0	1,1	1,9	1,1	0,8	0	90
1	6	200	140	20	14	1,1	1,8	1,7	1,2	0,9	10	80
2	3	300	160	30	16	1,2	1,2	1,8	1,3	0,7	20	70
3	4	400	180	40	18	1,3	1,4	1,6	1,4	0,6	30	60
4	9	500	200	50	20	1,4	1,3	1,5	1,5	1,0	40	50
5	10	600	220	60	22	1,5	1,6	1,4	1,6	1,1	50	40
6	8	700	240	70	24	1,6	1,7	1,3	1,7	1,2	60	30
7	2	800	260	80	26	1,7	1,5	1,2	1,8	1,3	70	20
8	1	900	280	90	28	1,8	1,9	1,1	1,9	1,4	80	10
9	7	1000	300	100	30	1,9	1,2	1,0	1,0	1,5	90	0

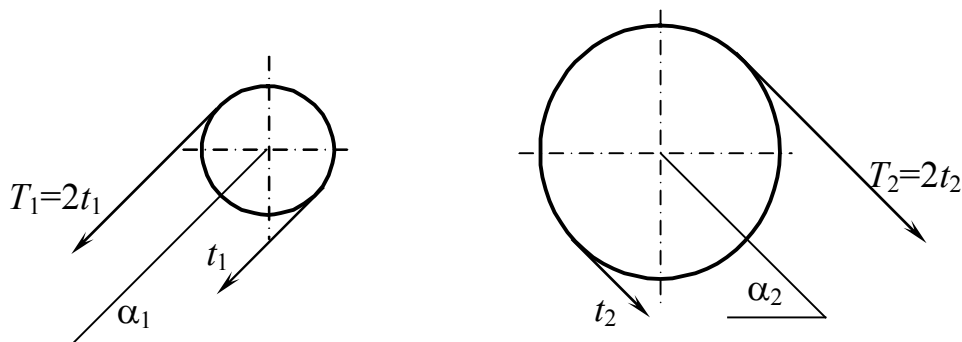


Рис. 7. Схема сбегания ветвей ремня

Указания к выполнению задания 3

1. Определить скручивающие моменты, приложенные к шкивам по формулам:

$$M_1 = \frac{N}{\omega} = \frac{30N_1}{\pi n_1}; \quad M_2 = \frac{30N_2}{\pi n_2}.$$

2. Построить эпюру крутящих моментов, изобразив предварительно схему вала с приложенными крутящими моментами.

3. Найти окружные усилия на шкивах: $t_1 = \frac{2M_1}{d_1}$; $t_2 = \frac{2M_2}{d_2}$.

4. Определить давления со стороны шкива на вал: $S_1 = 3t_1$; $S_2 = 3t_2$.

5. Разложить силы давления на вал на составляющие по осям координат и вычислить составляющие F_{x_i} и F_{y_i} (рис. 8).

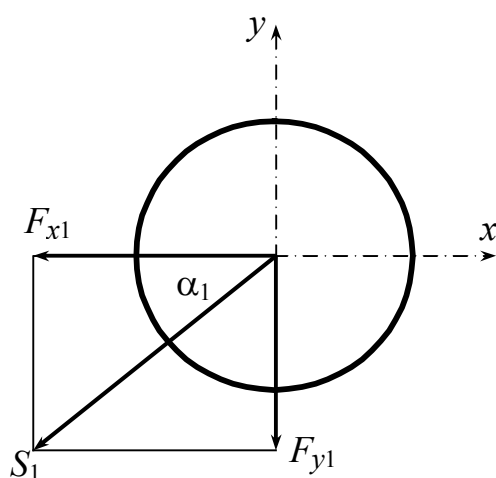


Рис. 8

6. Рассматривая вал как балку на двух опорах в вертикальной и горизонтальной плоскостях (изобразить соответствующие схемы с нагрузкой), определить реакции опор и построить эпюры изгибающих моментов для вертикальной и горизонтальной плоскостей $M_{\text{верт}}$ и $M_{\text{гор}}$.

7. Построить эпюру суммарных изгибающих моментов, используя значения $M_{\text{верт}}$ и $M_{\text{гор}}$ в характерных точках: $M_{\text{изг}_i} = \sqrt{M_{\text{гор}_i}^2 + M_{\text{верт}_i}^2}$.

8. Сравнить эпюры крутящих и суммарных изгибающих моментов и определить опасное сечение вала. Максимальный момент в опасном сечении по третьей теории прочности вычислить по формуле

$$M_{\text{max}}^{\text{III}} = \sqrt{M_{\text{изг max}}^2 + M_{\text{кр}}^2}.$$

9. Из условия прочности $\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}^{\text{III}}}{W} \leq \sigma$, где $W = \frac{\pi d^3}{16}$, подобрать диаметр вала и округлить до ближайшего стандартного.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса круглого сечения при изгибе с кручением?
2. Как находятся опасные сечения бруса круглого поперечного сечения при изгибе с кручением?
3. Как определяется величина максимального момента (по различным теориям прочности) при изгибе с кручением?
4. Как проводится расчет на прочность бруса круглого сечения при изгибе с кручением?

Задание 4

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ СИЛ

Для заданной статически неопределимой рамы (рис. 9), выполненной из материала с модулем упругости E , требуется:

1. Определить степень статической неопределимости рамы.
2. Выбрать рациональную основную систему.
3. Записать каноническое уравнение.
4. Построить эпюры изгибающих моментов от единичных сил \bar{M}_i и от внешней нагрузки M_F в выбранной основной системе.

5. Вычислить все перемещения, входящие в канонические уравнения, и решить систему канонических уравнений относительно неизвестных.

6. Построить окончательные эпюры изгибающих моментов M , поперечных сил Q и продольных сил N .

7. Выполнить правильность построения окончательных эпюр.

Данные для расчета и схему рамы взять из табл. 7 по шифру варианта, выданного преподавателем.

Таблица 7

Шифр варианта	I	II		III				IV
	Номер схемы	F , кН	q , кН/м	l_1 , м	l_2 , м	h_1 , м	h_2 , м	$I_{\text{верт}}/I_{\text{гор}}$
0	10	15	5	2,0	2,2	2,0	2,5	2/1
1	9	18	6	1,5	2,1	3,0	2,4	3/1
2	8	20	7	1,6	2,0	4,0	2,3	3/2
3	7	24	8	1,8	1,4	2,4	2,2	4/1
4	6	30	9	2,2	1,5	2,8	2,1	4/3
5	1	35	10	1,9	2,0	3,2	2,0	3/2
6	2	25	5	1,7	1,8	3,6	2,3	2/1
7	3	16	6	1,5	1,9	2,4	2,5	3/4
8	4	32	7	2,0	1,6	2,2	2,6	2/3
9	5	28	8	1,8	2,1	2,0	2,8	3/4

Примечание: $I_{\text{верт}}$, $I_{\text{гор}}$ – соответственно осевые моменты вертикальных и горизонтальным элементов рамы.

Указания к выполнению задания 4

Одним из методов расчета статически неопределимых систем является метод сил, в котором за неизвестные принимаются реакции отброшенных связей системы (таких, в которых реакции не могут быть найдены из уравнений статики). Предлагается следующий порядок расчета:

1. Расчет плоской системы начинается с вычисления степени статической неопределимости n . Для простых систем $n = R_i - 3$, где R_i - количество реакций, возникающих в опорах системы, 3 – число уравнений статики для плоских систем. Для более сложных систем $n = -(3D - 2Ш - C_{\text{оп}})$, где D – число дисков (простейших неизменяемых систем), $Ш$ – число шарниров, соединяющих диски, со своей кратностью (кратность шарнира – величина, на единицу меньшая количества соединяемых стержней), $C_{\text{оп}}$ – число опорных стержней в системе.

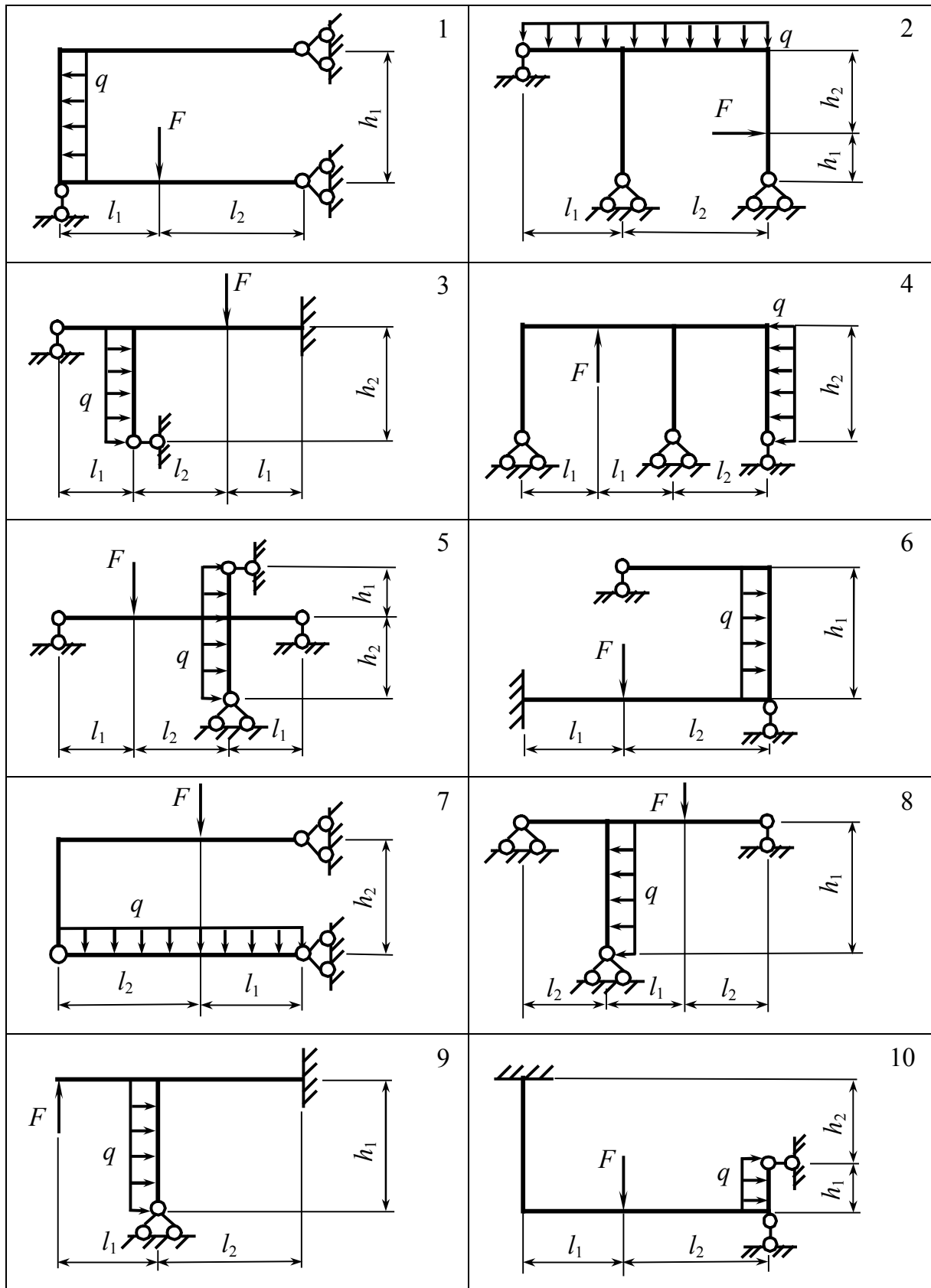


Рис. 9

щая под центром тяжести первой. Коэффициенты имеют знак "+", если перемножаемые участки эпюр сжимают одни и те же волокна, и знак "-", если сжаты противоположные участки.

6. После нахождения неизвестных X_i окончательная эпюра изгибающих моментов (важно: уже в первоначально заданной системе, а не в основной) строится на основании принципа независимости действия сил следующим образом:

$$M = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + \dots + \bar{M}_n X_n + M_F.$$

Здесь $\bar{M}_i X_i$ - эпюры, постоянные в основной системе от найденных значений неизвестных X_i . Эти эпюры получаются в результате умножения построенных ранее (см. п. 4) эпюр \bar{M}_i на найденные величины неизвестных X_i . По построенной в заданной системе эпюре изгибающих моментов строятся эпюры поперечных сил Q и продольных сил N с учетом реакций X_i , найденных ранее.

7. Правильность построения окончательных эпюр проверяется выполнением кинематической и статической проверками.

Кинематическая проверка эпюры M : $\sum \int \frac{\bar{M}_S M}{EI} dx = 0$ или $\sum \int \frac{\bar{M}_i M}{EI} dx = 0$, где \bar{M}_S - суммарная эпюра изгибающих моментов, построенная в основной системе от одновременного воздействия всех единичных воздействий.

Статическая проверка эпюр Q и N : $\begin{cases} \sum X = 0 \\ \sum Y = 0 \end{cases}$, т.е. система под воздействием внешней нагрузки и опорных реакций должна находиться в равновесии.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие системы называются статически неопределимыми?
2. Как вычисляется степень статической неопределимости системы?
3. Что представляет собой основная система?
4. Напишите систему канонических уравнений. Что выражает каждое из канонических уравнений?
5. Что означают величины X_i , δ_{ii} , δ_{ik} , Δ_{iF} ?

6. Как определяются коэффициенты и грузовые члены системы канонических уравнений?

7. Назовите порядок построения окончательной эпюры изгибающих моментов.

Задание 5

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ УДАРЕ

Задача. На двутавровую стальную балку ($E = 2 \cdot 10^5$ МПа), показанную на рис. 10, с высоты падает груз Q . Требуется:

1. Найти наибольшее нормальное напряжение в балке.

2. Подобрать номер двутаврового профиля из условия прочности. Допускаемое напряжение принять $[\sigma] = 160$ МПа.

Данные взять из табл. 8.

Таблица 8

Шифр варианта	I	II	III		IV	
	Номер схемы	Q , кН	l_1 , м	l_2 , м	a , м	h , см
1	5	1,0	1,5	2,0	0,4	10
2	6	1,1	1,6	2,2	0,5	9
3	7	1,2	1,7	2,4	0,6	8
4	8	0,9	1,8	2,1	0,7	6
5	9	0,6	1,9	2,3	0,8	5
6	10	0,8	2,0	1,9	0,5	4
7	1	0,5	2,1	1,8	0,4	7
8	2	0,7	2,2	1,7	0,6	11
9	3	1,0	1,8	1,6	0,8	8
0	4	1,1	2,0	1,9	0,5	6

Указания к выполнению задания 5

Ударом называется взаимодействие тел, при котором за очень малый промежуток времени скачкообразно возникают конечные изменения скорости этих тел. Расчет на ударное воздействие проводится при допущении о том, что реальная упругая конструкция является безмассовой, и что соударения происходят мгновенно и являются идеально неупругими (т.е. соударение происходит без отскока).

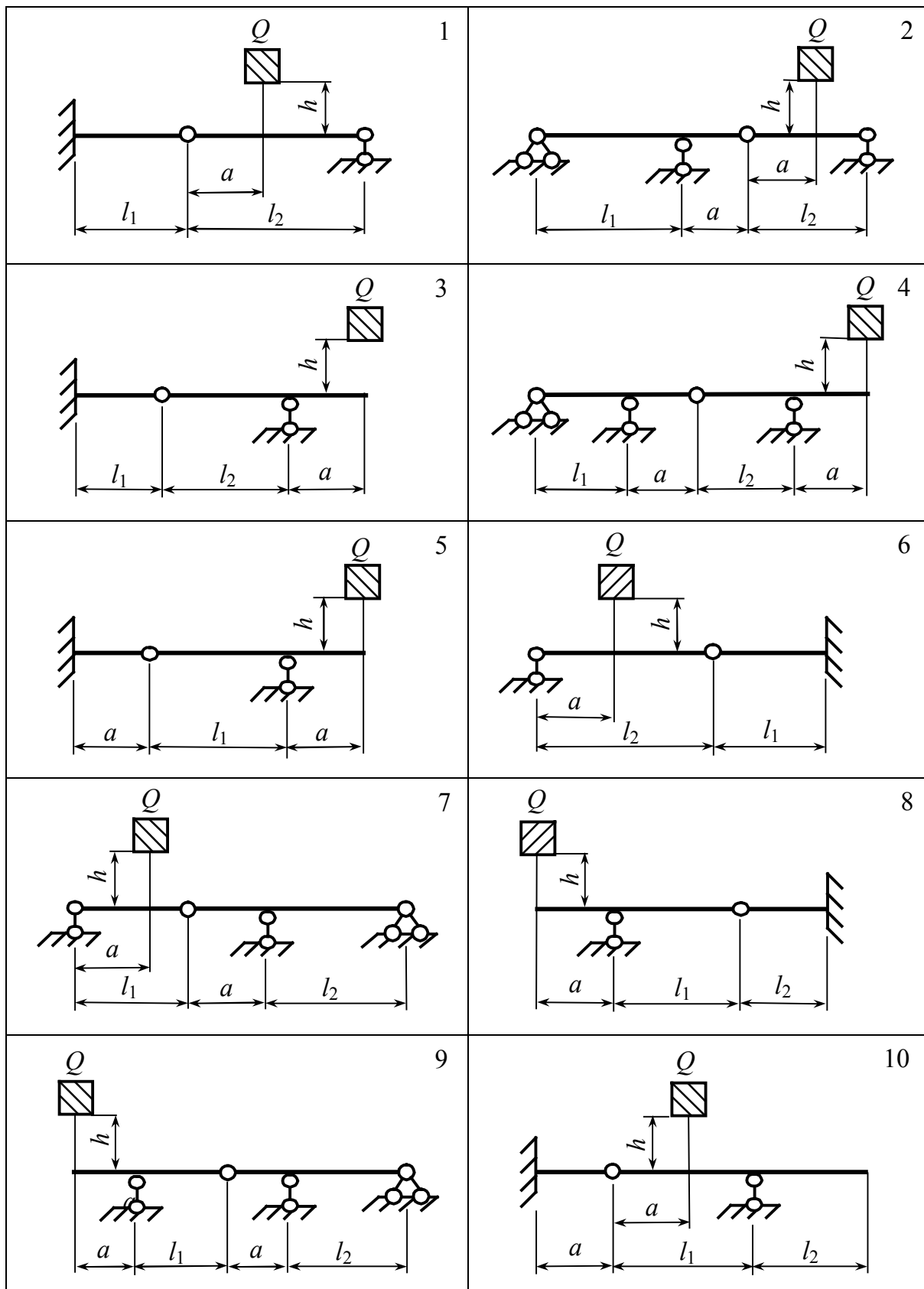


Рис. 10

Ударное воздействие является примером динамического воздействия, поэтому возникающие напряжения в балке определяются следующим образом

$$\sigma_{\text{дин}} = \mu \sigma_{\text{ст}},$$

где $\sigma_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_z}$ - статическое напряжение в балке; μ - динамический ко-

эффициент, показывающий, во сколько раз динамическое воздействие превышает статическое.

Для нахождения статического напряжения необходимо загрузить рассматриваемую балку условной статической силой $F = Q$ и построить эпюру изгибающих моментов M_F (на сжатых волокнах).

Динамический коэффициент определяется формулой

$$\mu = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\lambda_{\text{ст}}}},$$

где $\lambda = \Delta_{1F} = \int \frac{\bar{M}_1 M_F}{EI} ds$ - статическое перемещение, т.е. прогиб балки под статически приложенной силой F определяется по правилу Верещагина (см. задание 4) с помощью вспомогательной эпюры изгибающих моментов \bar{M}_1 , построенной в заданной системе от единичной силы, приложенной в точке падения груза.

Расчет на прочность выполняется аналогично, описанному в задании 2 (задача № 3).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие нагрузки называются статическими, какие динамическими?
2. Какое явление называется ударом и результатом чего оно является?
3. Что называется динамическим коэффициентом при ударе? Запишите формулу.
4. Как определяются напряжения при ударе?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример оформления титульного листа

Министерство образования Российской Федерации
Владимирский государственный университет
Кафедра сопротивления материалов

КУРСОВАЯ РАБОТА

по _____
(название курса)

(название курсовой работы)

Шифр _____

Выполнил: ст-т _____
(Ф.И.О.)

гр. _____

Принял _____
(Ф.И.О. преподавателя)

Владимир 2002

Список рекомендуемой литературы

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высш. шк. – 1989. – 624 с.
2. Сопротивление материалов/Г.С. Писаренко, В.А. Агарев, А.Л. Квитка и др.; Под ред. акад. АН УССР Г.С. Писаренко. – Киев: Вища шк. – 1986. – 775 с.
3. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов/И.Н. Миролюбов, С.А. Енгальчев, Н.Д. Сергиевский и др. – М.: Высш. шк. – 1985. – 339 с.

Оглавление

Общие требования к выполнению курсовых работ	3
Задание № 1. Геометрические характеристики плоских поперечных сечений стержня	4
Указания к выполнению задания № 1	5
Вопросы для самоконтроля	10
Задание № 2. Построение эпюр внутренних силовых факторов	10
Указания к выполнению задания № 2	12
Вопросы для самоконтроля	17
Задание № 3. Сложное сопротивление: расчет вала на совместное действие изгиба и кручения	18
Указания к выполнению задания № 3	21
Вопросы для самоконтроля	22
Задание № 4. Расчет статически неопределимых систем методом сил	22
Указания к выполнению задания № 4	23
Вопросы для самоконтроля	26
Задание № 5. Расчет на прочность при ударе	27
Указания к выполнению задания № 3	27
Вопросы для самоконтроля	29
Приложение. Пример оформления титульного листа	30
Список рекомендуемой литературы	31

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания и задания
к курсовым работам
для студентов заочной формы обучения

Составители:

Маврина Светлана Александровна
Тимохин Александр Викторович

Редактор Е.П. Викулова
Корректор
Компьютерная верстка Т.А. Козлова

ЛР № 020275 от 13.11.96. Подписано в печать 01.04.02
Формат 60x84/16. Бумага для множит. Техники. Гарнитура Таймс.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л.1,95. Тираж 100 экз.
Заказ

Владимирский государственный университет.
Подразделение оперативной полиграфии
Владимирского государственного университета.
Адрес университета и подразделения оперативной полиграфии:
600000, Владимир, ул. Горького, 87