Министерство образования Российской Федерации
Владимирский государственный университет
Кафедра сопротивления материалов

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Методические указания и задания
к расчетно-графическим (контрольным) работам
для студентов заочной формы обучения

Составитель:
С.А. Маврина

Владимир 2003

26

УДК 531.8/.6(075)

Рецензент
кандидат технических наук, доцент
Владимирского государственного университета
В.А. Немонтов

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Основы технической механики. Методические указания и задания к расчетно-графическим (контрольным) работам для студентов заочной формы обучения:/Владим. гос. ун-т; Сост.: С.А. Маврина. Владимир, 2003. 32 с.

Составлены в соответствии с программой курса технической механики для студентов экономических специальностей заочной формы обучения. Могут быть использованы студентами строительных специальностей по курсу «Сопротивление материалов».

Предназначены для выполнения расчетно-графических (контрольных) работ в соответствии с рабочей программой по технической механике. Включают варианты заданий и методические указания к их выполнению.

Табл. 8. Ил. 11. Библиогр.: 3 назв.

УДК 531.8 /.6(075)

Введение

Методические указания предназначены для выполнения расчетно-графических (контрольных) работ по общеинженерному курсу «Основы технической механики» студентами экономических специальностей. Поэтому основное внимание уделяется сведениям из теоретической механики и сопротивления материалов. Целью изучения данного курса является усвоение студентами основных положений теоретической механики и методов расчета элементов строительных конструкций при разных видах деформирования, получение практических навыков при расчете на прочность, жесткость и устойчивость.

Методические указания содержат 6 заданий (из опыта преподавания – по три задания в семестр) и подробные указания к их выполнению. Приложения содержат образец оформления титульного листа задания, а также сведения справочного характера.

Задание № 1

ПРОВЕРКА УСЛОВИЯ СТАТИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ

Задача. Для заданных плоских балки и рамы определить опорные реакции.

Данные для расчета приведены в табл. 1, схемы балок и рам на рис. 1 и 2 соответственно. Конкретные значения принимаются из табл. 1 по заданному преподавателем варианту (шифру) расчета.

Таблица 1

Номер варианта	I		II			III			IV
	Номер схемы		Нагрузки			Размеры			$J_р/J_с$
	балка	рама	M, кН·м	F, кН	q, кН/м	a, м	b, м	c, м	
1	10	1	20	30	16	2,0	3,0	2,0	1/2
2	9	2	22	25	18	2,2	2,8	1,8	1/3
3	8	3	24	28	20	2,4	2,6	1,6	1/4
4	7	4	26	23	21	2,6	2,4	1,4	2/1
5	6	5	28	26	23	2,8	2,2	2,0	2/2
6	5	6	30	21	22	3,0	2,0	2,8	2/3
7	4	7	24	24	24	3,2	1,8	2,6	2/4
8	3	8	22	19	26	3,4	1,6	2,4	3/2
9	2	9	26	22	28	3,6	1,4	2,2	4/3
0	1	10	28	17	30	3,8	1,2	2,0	3/1

Примечание: $J_р$, $J_с$ - соответственно осевые моменты ригеля и стойки рамы. Для балки принять J = const.

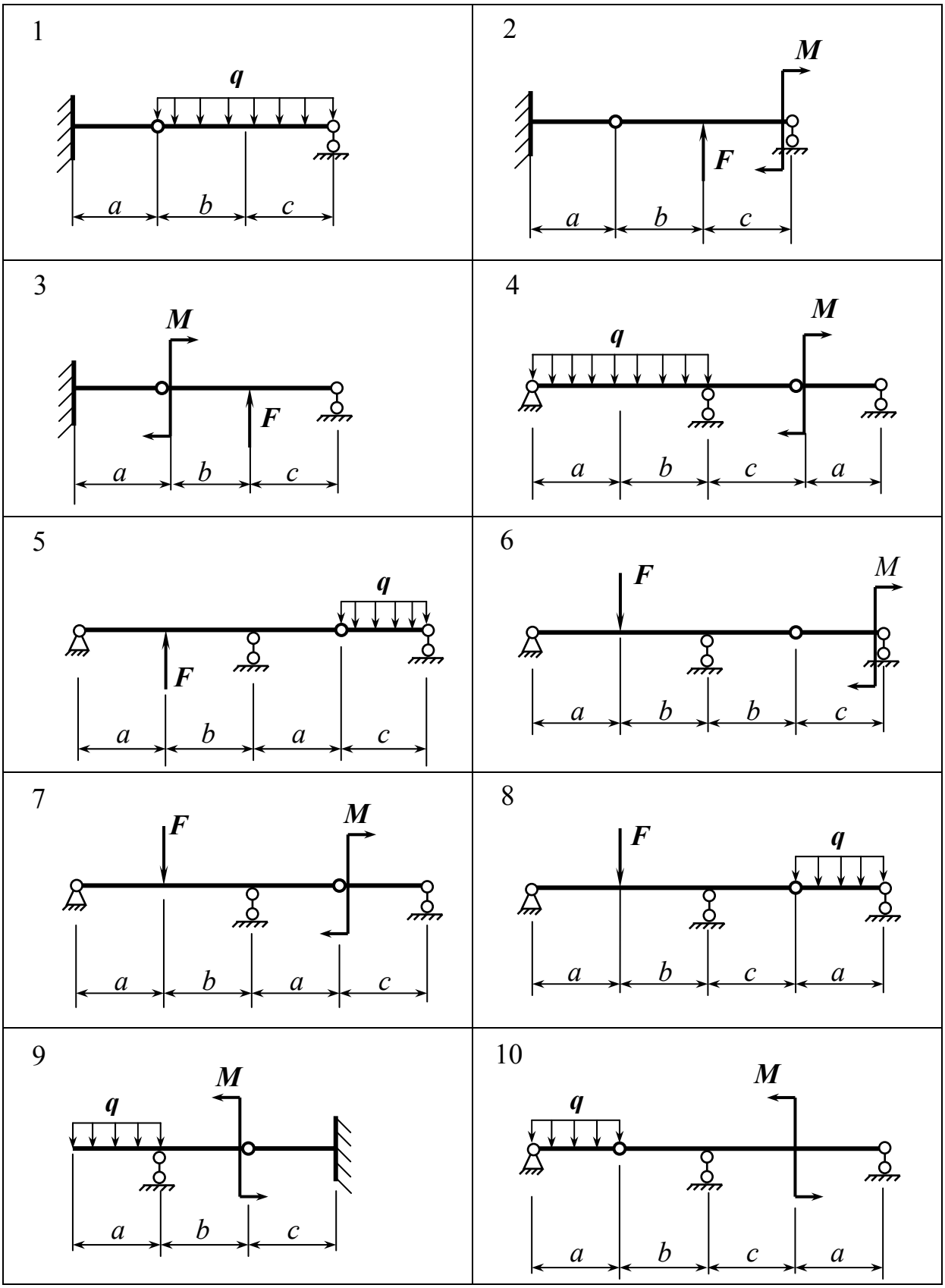

1
q
a
b
c
2
M
F
a
b
c
3
M
F
a
b
c
4
q
M
a
b
c
a
5
q
F
a
b
a
c
6
F
M
a
b
b
c
7
F
M
a
b
a
c
8
F
q
a
b
c
a
9
q
M
a
b
c
10
q
M
a
b
c
a

Рис. 1

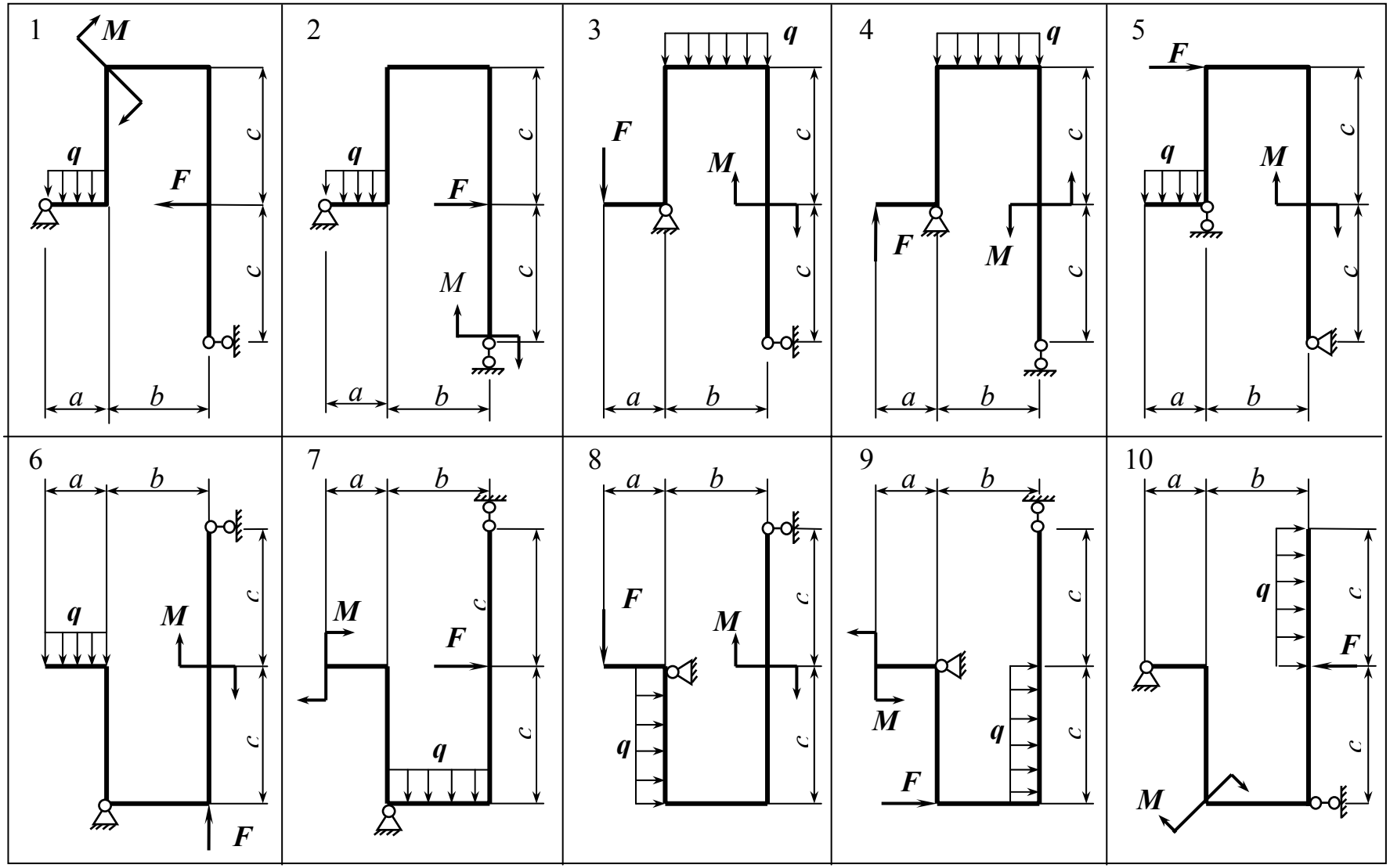

1
M
q
F
c
c
a
b
2
q
F
M
c
c
a
b
3
q
F
M
c
c
a
b
4
q
F
M
c
c
a
b
5
F
q
M
c
c
a
b
6
a
b
q
M
c
c
F
7
a
b
M
F
c
c
q
8
a
b
F
M
c
c
q
9
a
b
c
c
M
q
F
10
a
b
q
F
c
c
M

Рис. 2

Указания к выполнению задания № 1

Рассматриваемые стержневые системы должны находиться в равновесии. Аналитическими условиями равновесия системы являются уравнения в виде:

$\sum X = 0$, $\sum Y = 0$ - уравнения проекций всех сил на взаимно перпендикулярные оси;

$\sum M = 0$ - уравнение моментов всех сил относительно произвольной точки плоскости. При составлении уравнения моментов нужно знать определение момента силы как величины:

$$M_* = Fh,$$

где h – плечо силы F. Для нахождения h (см. рис. 3) необходимо опустить перпендикуляр из точки, относительно которой определяется величина момента, на линию действия силы.

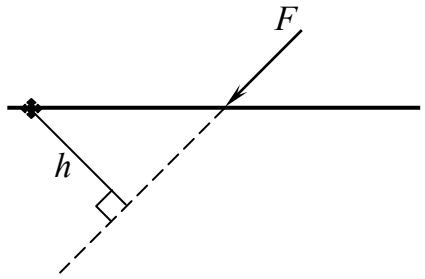


Рис. 3

Обычно придерживаются следующих правил определения знаков момента:

1. Если момент действует по часовой стрелке, то он имеет отрицательный знак.

2. Если момент действует против часовой стрелки, то он имеет положительный знак.

Рекомендуется следующий порядок выполнения задания:

1. Начертить расчетную схему балки (рамы) в соответствии с заданным вариантом исходных данных.

2. Показать опорные реакции.

3. Выбрать систему координат и составить уравнения равновесия.

4. Определить опорные реакции.

5. Проверить правильность полученных результатов, составив такое уравнение равновесия, которое не было использовано ранее.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется расчетной схемой?
2. Что такое момент силы, плечо силы?
3. Назовите виды опорных связей.
4. Что такое реакция опорной связи?
5. Запишите аналитические уравнения равновесия стержневой системы.

Задание № 2

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ СТЕРЖНЯ

Задача. Для сложного симметричного поперечного сечения стержня (рис. 4) требуется:

1. Начертить поперечное сечение в масштабе.
2. Определить положение центра тяжести и показать систему центральных осей (z_c – горизонтальная ось, y_c – вертикальная ось).
3. Вычислить величины осевых моментов инерции J_{z_c} и J_{y_c} относительно найденных в п. 2 центральных осей.
4. Определить положение главных центральных осей (u – ось максимума, v – ось минимума), учитывая симметрию заданного сечения.
5. Вычислить величины осевых моментов инерции J_u, J_v относительно главных центральных осей.

Данные для расчета взять из табл. 2 по заданному преподавателем варианту.

Таблица 2

Номер 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

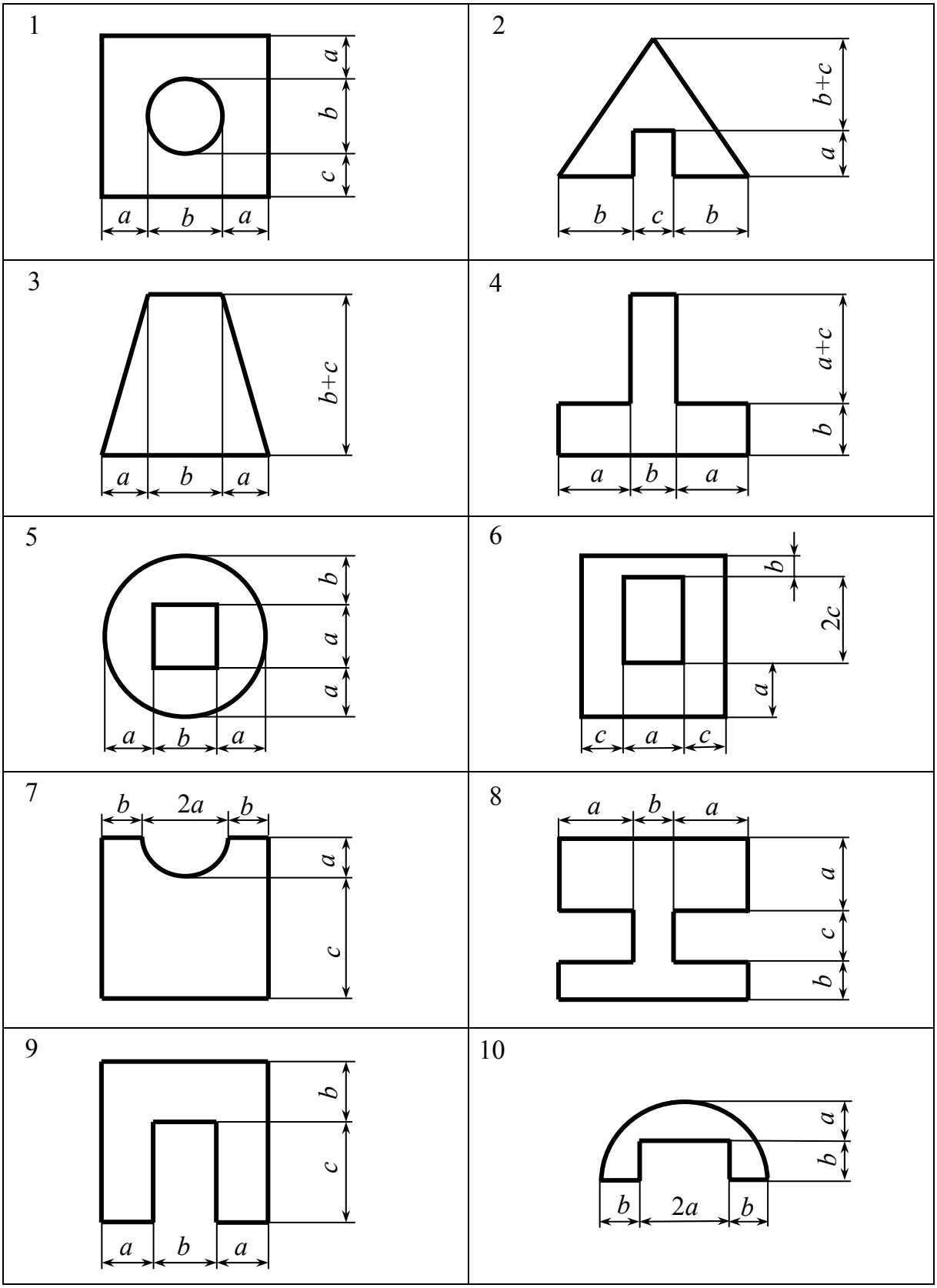

1
a
b
c
a
b
a
2
b+c
a
b
c
b
3
b+c
a
b
a
4
a+c
b
a
b
a
5
b
a
a
a
b
a
6
b
2c
a
c
a
c
7
b
2a
b
a
c
8
a
b
a
a
c
b
9
b
c
a
b
a
10
a
b
b
2a
b

Рис. 4

Указания к выполнению задания № 2

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.

3. Показать локальные центры тяжести простых фигур; провести локальные центральные оси (z_{c_i} - горизонтальные оси, y_{c_i} - вертикальные оси) и оси вспомогательной системы координат, в которой будут вычисляться координаты центра тяжести.

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

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

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

Здесь A_i - площадь *i*-й простой фигуры; z_{c_i} и y_{c_i} - координаты центра тяжести *i*-й фигуры в выбранной вспомогательной системе координат. Суммирование производится по количеству фигур разбиения ($i = 1, n$). 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 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:

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

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

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

6. Найти положение главных центральных осей u и v; вычислить величины главных центральных моментов инерции J_u и J_v.

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. В каких случаях без вычисления можно установить положение главных осей?
8. Запишите зависимости для осевого и центробежного моментов инерции при параллельном переносе осей.

Задание № 3

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ

Задача № 1. Для заданного стержня (рис. 5) 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

Номер варианта	I	II			III	IV
	Номер схемы	F_1, кН	F_2, кН	q, кН/м	a, м	Расчетное сопротивление R, МПа
1	5	10	42	10	0,40	10
2	6	15	46	12	0,42	12
3	7	20	50	14	0,44	14
4	8	45	34	16	0,46	16
5	9	35	20	8	0,30	18
6	10	30	14	6	0,32	100
7	1	16	30	4	0,34	110
8	2	24	40	18	0,36	120
9	3	32	25	5	0,38	130
0	4	26	60	15	0,40	140

Задача № 2. Для заданных двух схем балок (шарнирно-консольной и консольной, рис. 6) требуется:

1. Изобразить расчетную схему каждой балки

2. Построить эпюры изгибающего момента M_z (на растянутых волокнах) и поперечной силы Q_y.

3. Из условия прочности подобрать:

а) для схемы (а) стальную балку двутаврового поперечного сечения при $R_{сж} = R_р = R = 160$ МПа (R – расчетное сопротивление);

б) для схемы (б) деревянную балку круглого поперечного сечения. Принять расчетное сопротивление при сжатии $R_{сж} = 12$ МПа, расчетное сопротивление при растяжении $R_р = 8$ МПа.

Данные для расчета приведены в табл. 4

Таблица 4

Номер 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

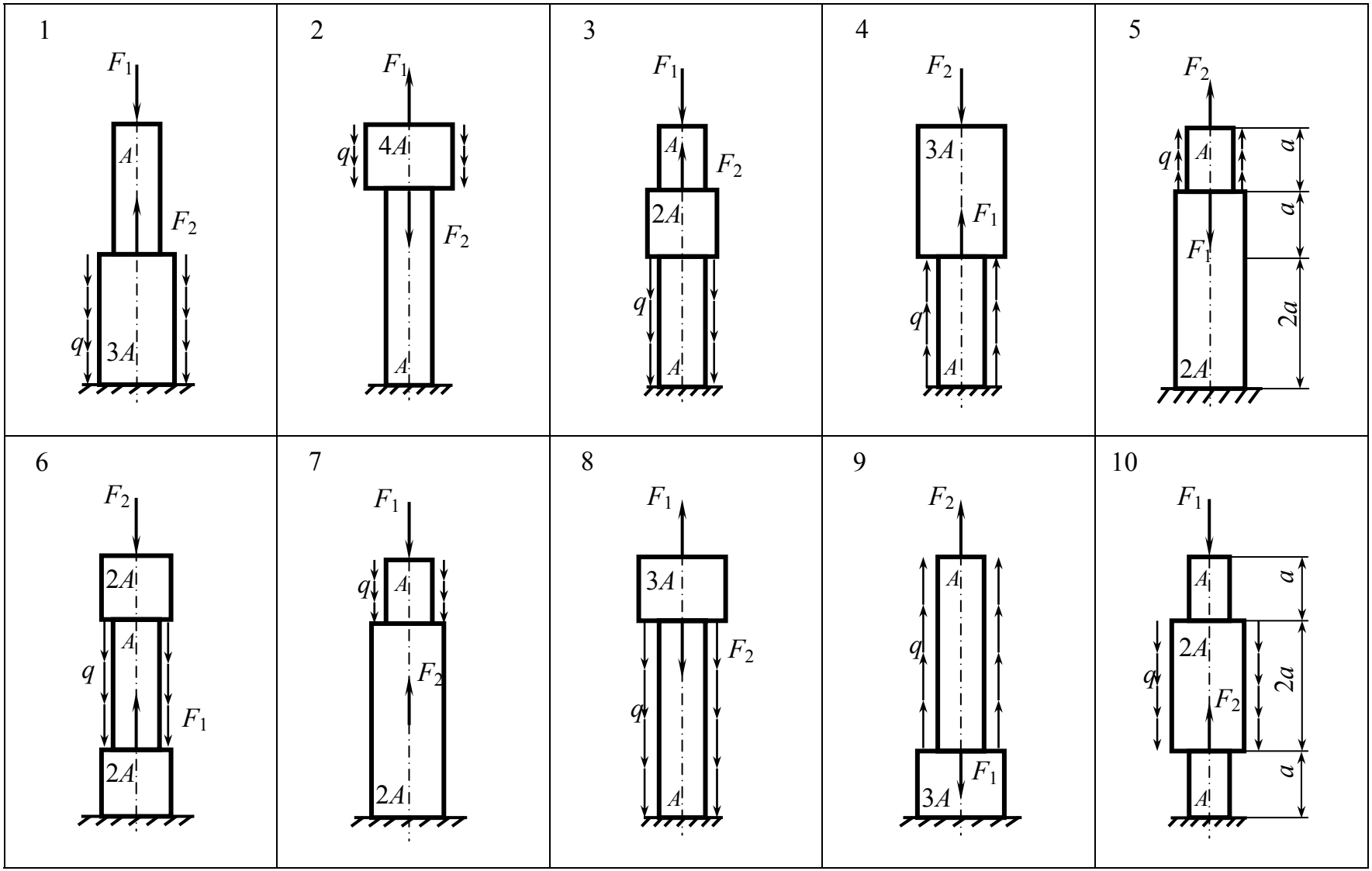

1
F_1
A
F_2
q
$3A$
2
F_1
q
$4A$
F_2
A
3
F_1
A
F_2
$2A$
q
A
4
F_2
$3A$
F_1
q
A
5
F_2
q
A
a
a
F_1
$2a$
$2A$
6
F_2
$2A$
A
q
F_1
$2A$
7
F_1
q
A
F_2
$2A$
8
F_1
$3A$
F_2
q
A
9
F_2
A
q
F_1
$3A$
10
F_1
A
a
$2A$
q
F_2
$2a$
a
A

Рис. 5

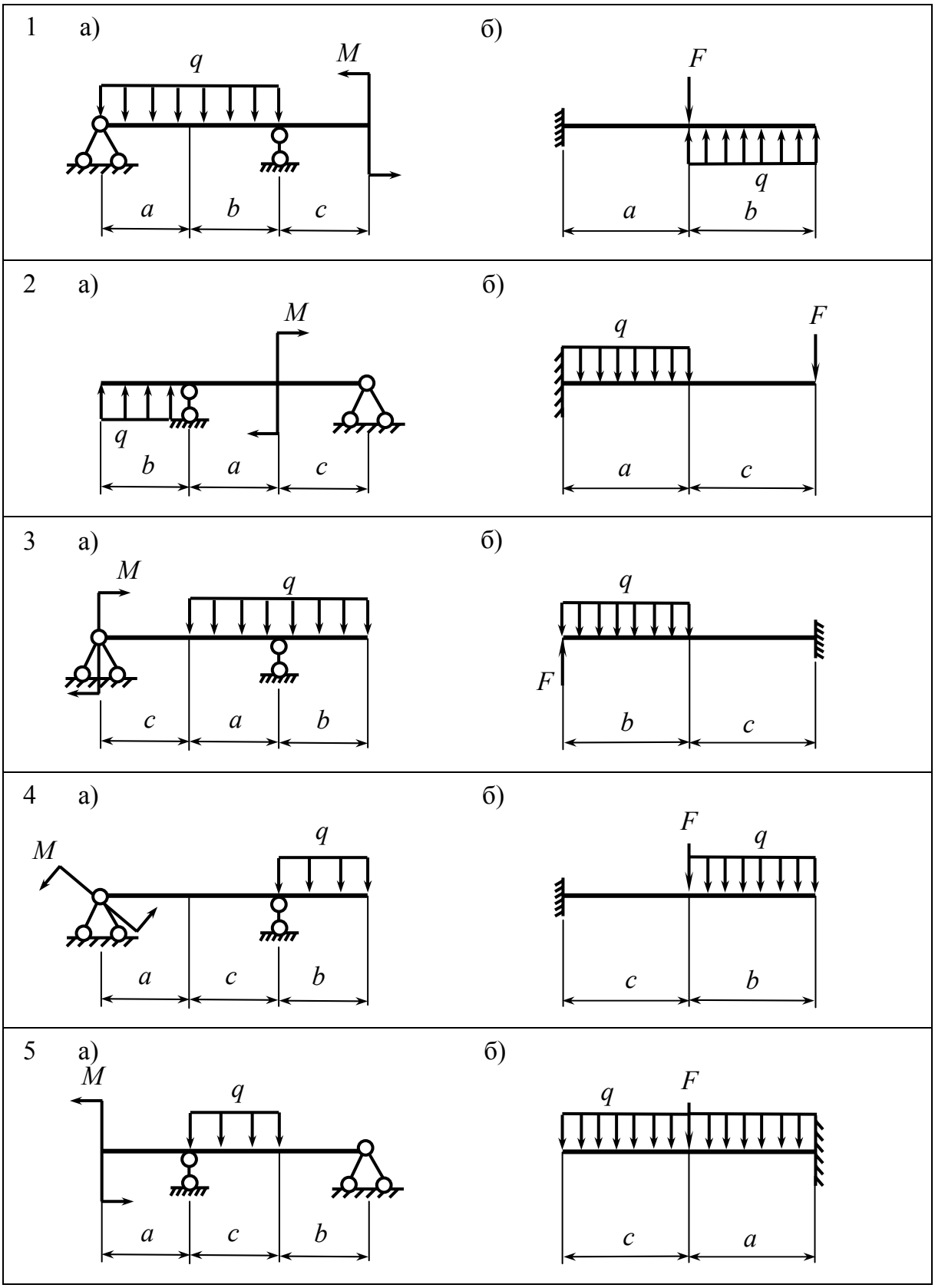
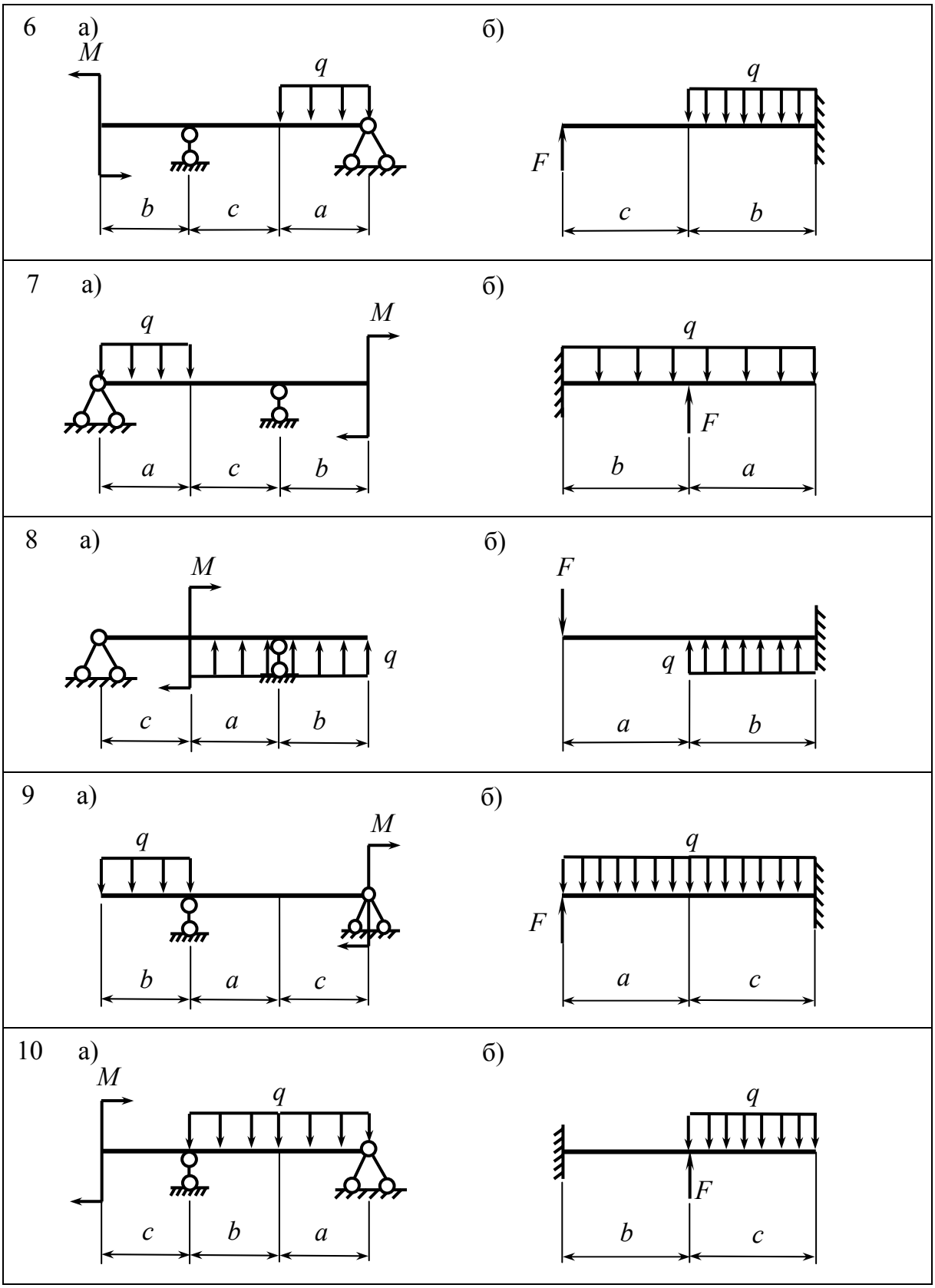

1 а)
q
M
a
b
c
б)
F
q
a
b
2 а)
M
q
b
a
c
б)
q
F
a
c
3 а)
M
q
c
a
b
б)
q
F
b
c
4 а)
M
q
a
c
b
б)
F
q
c
b
5 а)
M
q
a
c
b
б)
q
F
c
a

Рис. 6



Окончание рис. 6

Указания к выполнению задания № 3

В данном задании рассматривается методика построения эпюр внутренних силовых факторов и расчета на прочность при центральном растяжении-сжатии (задача № 1) и при плоском поперечном изгибе (задача № 2).

Внутренними силовыми факторами являются: продольная сила N_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.

2. Разбить рассматриваемую расчетную 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_z и Q_y (задача № 2) и построить соответствующие эпюры. Эпюры строятся на базисных линиях, параллельных оси заданного стержня (балки). Располагают эпюры непосредственно под расчетными схемами.

4. В задаче № 1 построить эпюру нормальных напряжений для каждого *i*-го участка разбиения:

$$\sigma_{x_i} = \frac{N_{x_i}}{A_i},$$

где A_i - искомая площадь поперечного сечения на *i*-м участке;

5. Определить искомые характеристики поперечного сечения из условия прочности по нормальным напряжениям:

- при растяжении-сжатии $\left|\sigma_{\max_i}\right| = \frac{\left|N_{x\max}\right|}{A_i} \le R$,

- при изгибе $\left|\sigma_{\max_i}\right| = \frac{\left|M_{z\max}\right|}{W_z} \le R$,

где W_z - момент сопротивления сечения.

Заметим, что условие прочности при изгибе записано для пластичного материала, одинаково хорошо сопротивляющегося и растяжению и сжатию ($R_{\text{сж}} = R_{\text{р}} = R$ – задача № 2, схема «а»)

Если материал по-разному сопротивляется сжатию и растяжению (хрупкий материал), то $R_{\text{сж}} \neq R_{\text{р}}$ и условие прочности следует писать в виде системы неравенств

$$\begin{cases} \left|\sigma^{\text{р}}_{\max i}\right| \le \dfrac{\left|M^{\text{р}}_{z\max}\right|}{W_z} \le R_{\text{р}} \\ \left|\sigma^{\text{сж}}_{\max i}\right| \le \dfrac{\left|M^{\text{сж}}_{z\max}\right|}{W_z} \le R_{\text{сж}} \end{cases}.$$

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. Напишите условие прочности при центральном растяжении (сжатии).
5. Какой вид деформации называется прямым поперечным изгибом?
6. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении бруса в общем случае действия на него плоской системы сил?
7. Какие правила знаков приняты для каждого из внутренних силовых факторов?
8. Какие типы опор применяются для закрепления балок к основанию?
9. Перечислить основные правила зависимости эпюр внутренних силовых факторов от внешней нагрузки.
10. Напишите условие прочности балок при прямом поперечном изгибе для хрупкого и пластичного материалов.

Задание № 4

ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ

Задача. Стержень (рис. 7), изготовленный из материала, неодинаково работающего на растяжение и сжатие, сжимается внецентренно приложенной силой F. Требуется:

1. Определить положение нейтральной линии.
2. Подобрать значение сжимающей силы F из условия прочности по нормальным растягивающим и нормальным сжимающим напряжениям.

3. Вычислить напряжения в опасных точках поперечного сечения и построить эпюру нормальных напряжений в поперечном сечении.

Исходные данные взять из табл. 5; соответствующие схемы сечений представлены на рис. 8.

При выполнении задания считать, что сжимающая сила приложена в точке *O* (см. рис. 8).

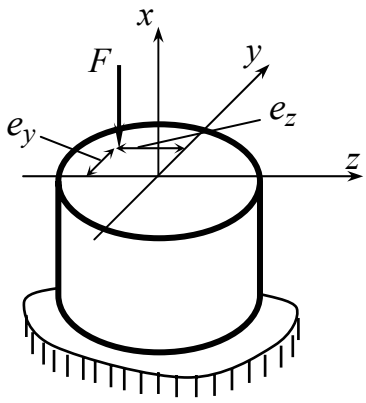


Рис. 7

Таблица 5

Номер варианта	I	II		III	IV
	Номер сечения	*a*, см	*b*, см	$R_р$, МПа	$R_{сж}$, МПа
1	10	6	2	25	100
2	9	5	3	30	110
3	8	4	5	40	120
4	7	3	6	20	90
5	6	2	4	20	80
6	1	5	3	45	130
7	2	6	2	50	140
8	3	2	4	30	100
9	4	3	5	25	90
0	5	4	6	35	120

Примечание. $R_р$ – расчетное сопротивление материала при растяжении; $R_{сж}$ – расчетное сопротивление материала при сжатии.

Указания к выполнению задания № 4

1. Начертить поперечное сечение в масштабе.

2. Найти положение центра тяжести поперечного сечения, показать главные центральные оси z_c и y_c (см. задание № 2).

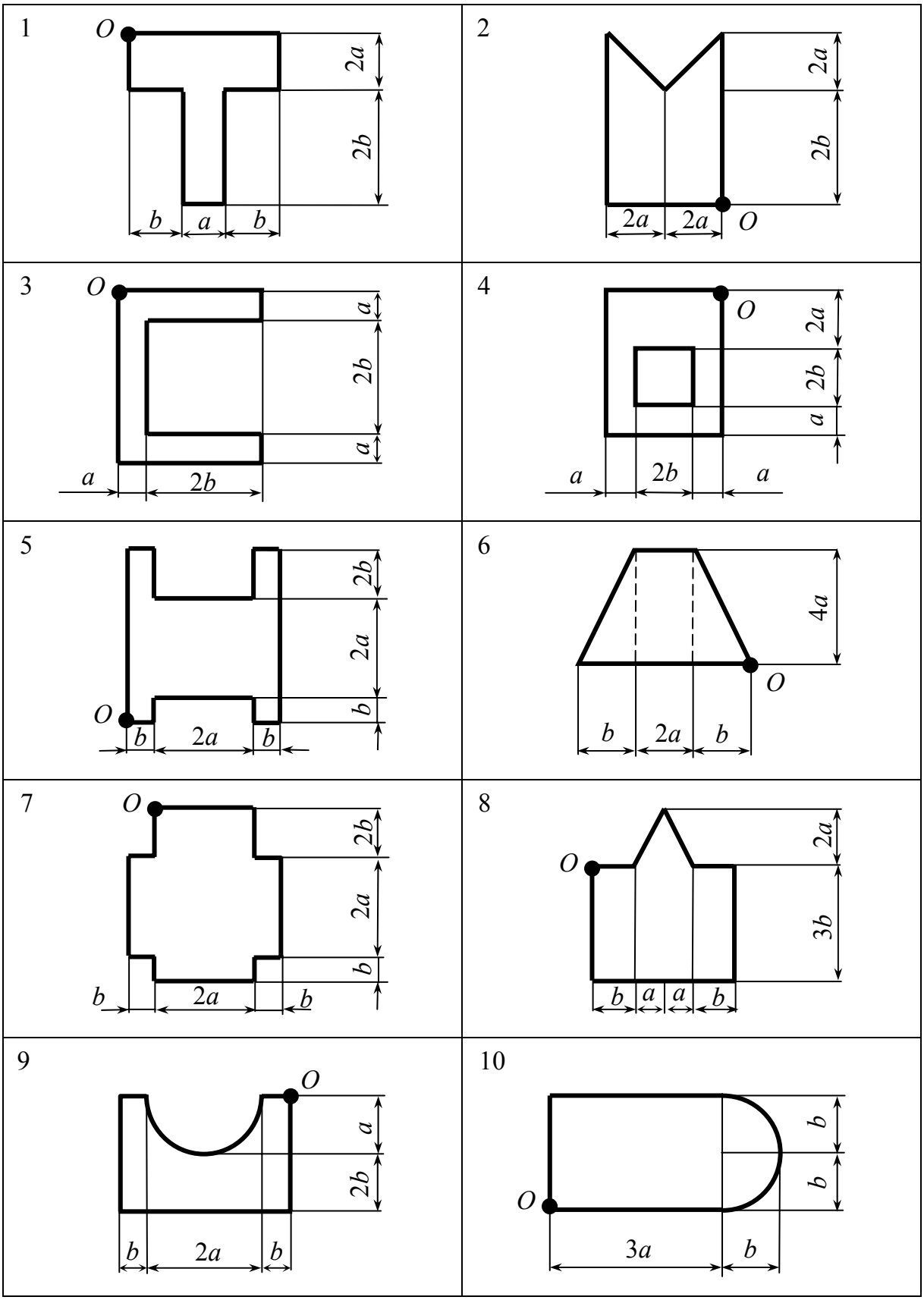

1
O
2a
2b
b
a
b
2
2a
2b
2a
2a
O
3
O
a
2b
a
a
2b
4
O
2a
2b
a
a
2b
a
5
2b
2a
b
O
b
2a
b
6
4a
O
b
2a
b
7
O
2b
2a
b
b
2a
b
8
O
2a
3b
b
a
a
b
9
O
a
2b
b
2a
b
10
b
b
O
3a
b

Рис. 8

3. Вычислить главные осевые моменты инерции сечения J_{z_c} и J_{y_c} (см. задание 2).

4. Определить положение нейтральной (нулевой) линии.

При внецентренном сжатии нейтральная линия отсекает отрезки на координатных осях:

$$a_z = -\frac{i_y^2}{e_z}\ ,\ \ a_y = -\frac{i_z^2}{e_y}.$$

Здесь e_y, e_z – координаты точки приложения внецентренно сжимающей силы F;

$i_z^2 = \frac{J_{z_c}}{A}$, $i_y^2 = \frac{J_{y_c}}{A}$ - квадраты радиусов инерции сечения;

A – площадь поперечного сечения.

5. Найти опасные точки сечения.

Опасными являются точки, наиболее удаленные от нейтральной линии. В этих точках возникают наибольшее и наименьшее нормальные напряжения.

$$\sigma_{\max_p} = -\frac{F}{A} + \frac{M_z}{J_z} y_p + \frac{M_y}{J_y} z_p,$$

$$\sigma_{\min_c} = -\frac{F}{A} - \frac{M_z}{J_z} y_c - \frac{M_y}{J_y} z_c.$$

6. Построить эпюру нормальных напряжений.

Вопросы для самоконтроля

1. В каком случае приложения нагрузки наблюдается внецентренное сжатие?

2. Назовите внутренние силовые факторы при внецентренном сжатии.

3. Какая линия называется нейтральной?

4. Где расположены опасные точки сечения при внецентренном сжатии?

5. Как вычисляются напряжения при внецентренном сжатии?

Задание № 5

РАСЧЕТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

Задача. Для гибкого стержня, находящегося под действием центрально приложенной сжимающей силы, требуется:

1. Подобрать размеры поперечного сечения так, чтобы заданная сила была допустимой. При расчете пользоваться коэффициентом продольного изгиба и принять расчетное сопротивление при сжатии $R_{сж}$ = 160 МПа.

2. Определить критическую силу и установить коэффициент запаса устойчивости.

Условия закрепления стержня и форма поперечных сечений показаны на рис. 9 и 10. Необходимые параметры расчета представлены в табл. 6.

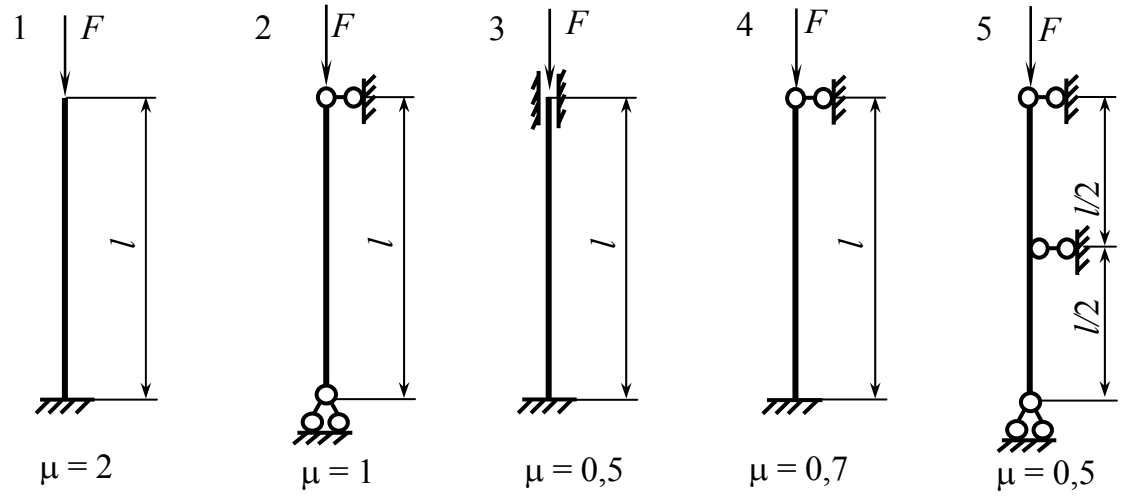


Рис. 9

Таблица 6

Номер варианта	I	II	III	IV
	Номер схемы	Номер сечения	F, кН	l, м
1	5	1	180	2,0
2	4	3	240	1,8
3	3	5	300	2,3
4	2	2	360	2,6
5	1	4	420	3,0
6	3	1	400	2,2
7	4	5	340	2,4
8	2	2	280	1,8
9	5	4	220	2,8
0	1	3	160	2,5

Указания к выполнению задания № 5

При центральном сжатии гибких длинных стоек может наблюдаться потеря устойчивости – переход стержня от исходного вертикального положения равновесия к отклоненному положению равновесия. Поэтому, кроме условия прочности, должно выполняться условие устойчивости

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} \le R_y ,$$

где R_y - расчетное сопротивление устойчивости.

Если $R_y = \varphi R_{сж}$, то

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} \le \varphi R_{сж} ,$$

где φ - коэффициент продольного изгиба (коэффициент уменьшения основного допускаемого напряжения). Значения коэффициента φ лежат в пределах от нуля до единицы. В табл. 7 приведены значения коэффициента φ для распространенных материалов.

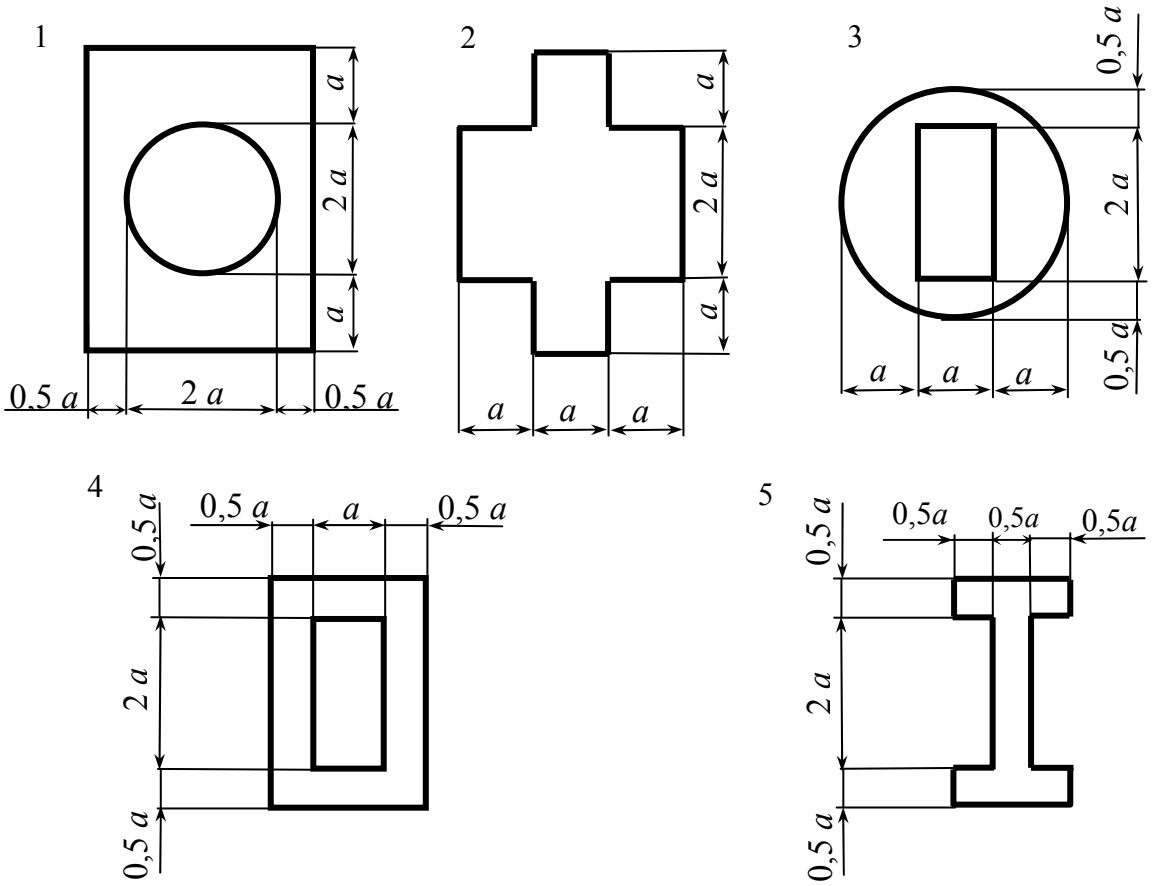


Рис. 10

Таблица 7

Гибкость λ	Коэффициент φ			
	Ст. 2, Ст. 3, Ст.4	Ст. 5	Чугун	Дерево
0	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,98	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,91	0,97
30	0,94	0,92	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,57	0,80
60	0,86	0,82	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,34	0,60
80	0,75	0,70	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,20	0,38
100	0,60	0,51	0,16	0,31
110	0,52	0,43	-	0,25
120	0,25	0,36	-	0,22
130	0,40	0,33	-	0,18
140	0,36	0,29	-	0,16
150	0,32	0,26	-	0,14
160	0,29	0,24	-	0,12
170	0,26	0,21	-	0,11
180	0,23	0,19	-	0,10
190	0,21	0,17	-	0,09
200	0,19	0,17	-	0,08

Заметим, что при выполнении задания № 5 значение $R_{сж}=160$ МПа указывает на класс сталей Ст. 2, Ст.3, Ст.4.

Из условия устойчивости имеем

$$A \geq \frac{F}{\varphi R_{сж}},$$

где неизвестными величинами являются две: площадь сечения A и коэффициент продольного изгиба. В силу этого расчет проводится методом последовательных приближений относительно коэффициента φ.

Рекомендуется следующий порядок выполнения задания:

1. Принять в первом приближении $\varphi_1 = 0{,}5$ и записать условие устойчивости относительно искомой площади поперечного сечения A_1.

2. Найти значение гибкости в этом случае

$$\lambda_1 = \frac{\mu l}{i_{\min 1}},$$

где $i_{\min_1} = \dfrac{J_{\min_1}}{A_1}$ - минимальный радиус инерции сечения, μ - коэффициент закрепления стержня.

3. По табл. 7 зависимости $\varphi = \varphi(\lambda)$ найти соответствующее значение φ_1'.

4. Проверить выполнение неравенства

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_1'}{\varphi_1} \cdot 100\% \le 5\%.$$

Если неравенство не выполняется, продолжить расчет. При этом на следующем шаге необходимо принять

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_1'}{2}.$$

5. Найти значение площади поперечного сечения A по окончательно подобранному значению коэффициента φ.

6. Вычислить значение критической силы $F_{кр}$:

- по формуле Эйлера $F_{кр} = \dfrac{\pi^2 E J_{\min}}{(\mu l)^2}$, если $\lambda \ge \lambda_{пред}$ ($\lambda_{пред} \approx 100$ предельная гибкость в данном задании);

- по эмпирической зависимости Ясинского-Тетмайера, если $\lambda < \lambda_{пред}$. В этом случае сначала находим

$$\sigma_{кр} = a - b\lambda,$$

где a = 305 МПа, b = 1,12 МПа, а затем $F_{кр} = \sigma_{кр} A$.

7. Вычислить значение коэффициента запаса устойчивости

$$n = \frac{F_{кр}}{F}.$$

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется потерей устойчивости сжатого стержня?
2. Напишите условие устойчивости.
3. Как определяется гибкость стержня?
4. Что называется критической силой и критическим напряжением?
5. Какой вид имеет формула Эйлера для определения критической силы?
6. Как определяется критическая сила по Ясинскому?
7. В чем заключается метод последовательных приближений при расчете на устойчивость?

Задание № 6

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ УДАРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Задача. На стальную балку $\left(E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}\right)$ квадратного поперечного сечения, показанную на рис. 11, с высоты h падает груз Q. Требуется:

1. Найти наибольшее нормальное напряжение в балке.

2. Подобрать размер квадратного поперечного сечения из условия прочности. Принять расчетное сопротивление R = 160 МПа.

Данные взять из табл. 8.

Таблица 8

Номер варианта	I	II	III		IV	
	Номер схемы	Q, кН	l_1, м	l_2, м	a, м	h, м
1	5	1,0	1,5	2,0	0,4	0,20
2	6	1,1	1,6	2,2	0,5	0,18
3	7	1,2	1,7	2,4	0,6	0,16
4	8	0,9	1,8	2,1	0,7	0,14
5	9	0,6	1,9	2,3	0,8	0,15
6	10	0,8	2,0	1,9	0,5	0,17
7	1	0,5	2,1	1,8	0,4	0,19
8	2	0,7	2,2	1,7	0,6	0,22
9	3	1,0	1,8	1,6	0,8	0,16
0	4	1,1	2,0	1,9	0,5	0,20

Указания к выполнению задания № 6

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, что реальная упругая конструкция является безмассовой и что соударения происходят мгновенно и являются идеально неупругими (т.е. соударение происходит без отскока).

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

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

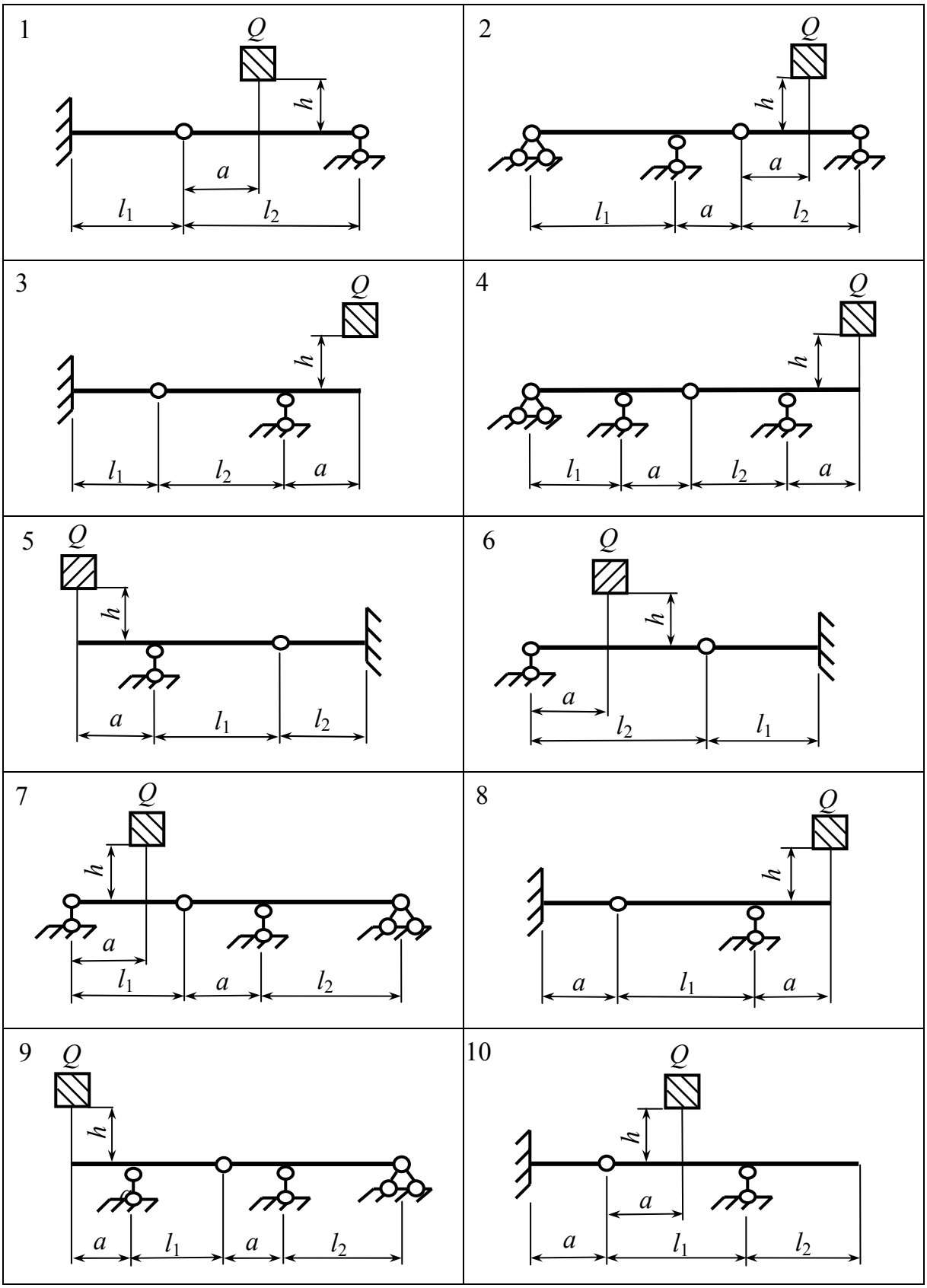

1
Q
h
a
l_1
l_2
2
Q
h
a
l_1
a
l_2
3
Q
h
l_1
l_2
a
4
Q
h
l_1
a
l_2
a
5
Q
h
a
l_1
l_2
6
Q
h
a
l_2
l_1
7
Q
h
a
l_1
a
l_2
8
Q
h
a
l_1
a
9
Q
h
a
l_1
a
l_2
10
Q
h
a
a
l_1
l_2

Рис. 11

где $\sigma_{ст} = \frac{M_{max}}{W_z}$ - статическое напряжение в балке; μ - динамический коэффициент, 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 растянутых волокнах).

Динамический коэффициент определяется приближенной формулой

$$\mu = \sqrt{\frac{2h}{\Delta}},$$

где $\Delta = \Delta_{1F} = \int \frac{\overline{M}_1 M_F}{EJ} ds$ - статическое перемещение, т.е. прогиб балки под статически приложенной силой *F*. Прогиб определяется перемножением эпюры изгибающих моментов M_F и вспомогательной эпюры изгибающих моментов $\overline{M}_1$, построенной в заданной системе от единичной силы, приложенной в точке падения груза.

В случае прямолинейных стержней с постоянной жесткостью удобно вместо перемножения эпюр использовать правило Верещагина

$$\int_0^l \frac{\overline{M}_1 M_F}{EJ} dx = \frac{1}{EJ} \omega y_{цт},$$

где ω - площадь участка одной из перемножаемых эпюр, $y_{цт}$ – ордината, взятая из другой перемножаемой эпюры и лежащая под центром тяжести первой. Полученное в результате число имеет знак «+», если перемножаемые участки эпюр растягивают одни и те же волокна, и знак «-», если растянуты противоположные участки.

Расчет на прочность выполняется аналогично описанному в задании 3.

Вопросы для самоконтроля

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

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ (КОНТРОЛЬНЫХ) РАБОТ

Программа курса "Основы технической механики" для студентов заочной формы обучения предусматривает выполнение расчетно-графических работ в каждом из двух семестров обучения. Расчетно-графическая работа № 1 включает задания 1 - 3, расчетно-графическая работа № 2 – задания 4 - 6. Каждый студент выполняет расчетно-графические работы в соответствии с индивидуальном шифром, состоящим из четырех цифр. Шифр выдается преподавателем в период установочной сессии.

Расчетно-графическая 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 расчетно-графической работы состоит из титульного листа (см. прил. 2) и пояснительной записки, включающей подробное описание выполнения каждого задания соответствующей 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 расчетно-графической работы сквозная.

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

Приложение 2

Пример оформления титульного листа

Министерство образования Российской Федерации
Владимирский государственный университет
Кафедра сопротивления материалов

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ
(КОНТРОЛЬНАЯ) РАБОТА

по _____
(название курса)

_____
(название расчетно-графической работы)

Шифр _____

Выполнил: ст-т _____
(Ф.И.О.)

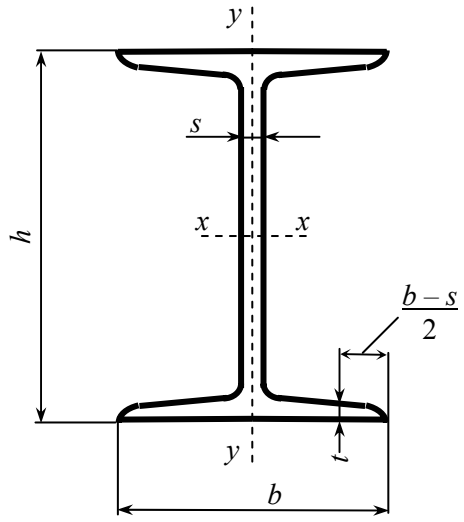
гр. _____

Принял _____
(Ф.И.О. преподавателя)

Владимир 2003

Приложение 3

ДВУТАВРЫ СТАЛЬНЫЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ (ГОСТ 8239-89)



h - высота швеллера

b - ширина полки

s - толщина стенки

t - средняя толщина полки

A - площадь поперечного сечения

I - момент инерции

W - момент сопротивления

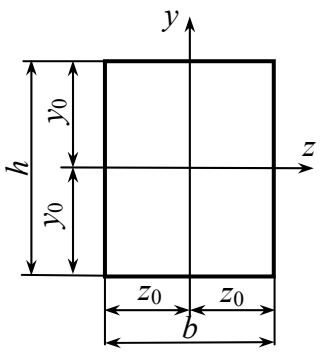
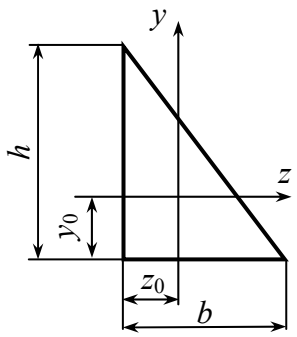
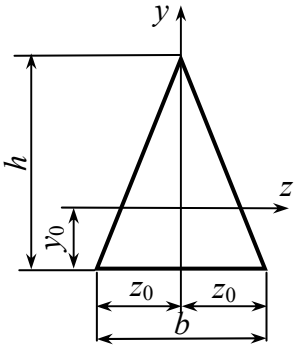
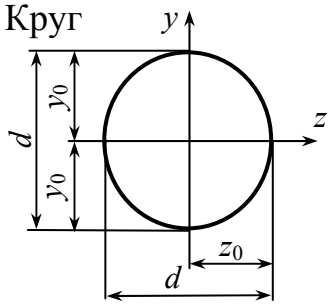
S - статический момент полусечения

i - радиус инерции

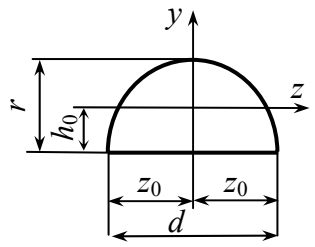
Номер двутавра	Масса 1 м, кг	Размеры, мм				A, $см^2$	I_x, $см^4$	W_x, $см^3$	i_x, см	S_x, $см^3$	I_y, $см^4$	W_y, $см^3$	i_y, см
		h	*b*	*s*	*t*								
10	9,46	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,9	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	18,4	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
20	21,0	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
22	24,0	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
24	27,3	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
27	31,5	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
30	36,5	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
33	42,2	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	48,6	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	57,0	400	155	8,3	13,0	72,6	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	66,5	450	160	9,0	14,2	84,7	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	78,5	500	170	10,0	15,2	100,0	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	92,6	550	180	11,0	16,5	118,0	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
60	108	600	190	12,0	17,8	138,0	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54

Приложение 4

Моменты инерции фигур относительно центральных осей

Фигура	A	z_0	y_0	J_z	J_y	J_{xy}
1	2	3	4	5	6	7
	bh	$\frac{b}{2}$	$\frac{y}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{b^3h}{12}$	0
	$\frac{bh}{2}$	$\frac{b}{3}$	$\frac{h}{3}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{b^3h}{36}$	$-\frac{b^2h^2}{72}$
	$\frac{bh}{2}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{h}{3}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{b^3h}{48}$	0
Круг 	$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	0

Продолжение прил. 4

1	2	3	4	5	6	7
Полукруг 	$\frac{\pi r^2}{2}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\left(9\pi^2-64\right)r^4}{72\pi} \approx$ $\approx 0{,}1098r^4$	$\frac{\pi r^4}{8}$	0

Библиографический список

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высш. шк. – 1989. – 624 с.
2. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. М.: Высш. шк. – 1995. – 560 с.
3. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов/И.Н. Миролюбов, С.А. Енгалычев, Н.Д. Сергиевский и др. – М.: Высш. шк. – 1985. – 339 с.

Содержание

Введение ……... 3
Задание № 1. Проверка условия статического равновесия стержневой системы ……. 3
Задание №2. Геометрические характеристики плоских поперечных сечений стержня ……... 7
Задание № 3. Построение эпюр внутренних силовых факторов. Расчет на прочность ……. 10
Задание № 4. Внецентренное сжатие ……..... 16
Задание № 5. Расчет на устойчивость ……..... 20
Задание № 6. Расчет на прочность при ударном воздействии …… 24
Приложения ……..…… 27
Библиографический список …… 31

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Методические указания и задания
к расчетно-графическим (контрольным) работам
для студентов заочной формы обучения

Составитель
Маврина Светлана Александровна

Редактор Е.В. Невская
Компьютерная верстка Т.А. Козлова

ЛР № 020275. Подписано в печать 12.11.03.
Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать на ризографе. Усл.-печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,95. Тираж 200 экз.
Заказ
Редакционно-издательский комплекс
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87