

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра сопротивления материалов

Методические указания к расчетно-графическим работам по основам технической механики

Составители
А.М. БУРЛАКОВА
М.Г. ТАНКЕЕВА

«В печать»:

Авторы –	А.М. Бурлакова М.Г. Танкеева
Зав. кафедрой –	А.Ф. Ковалев
Редактор –	Е.В. Невская
Начальник РО –	Е.П. Викулова.
Ответственный секретарь Издательства	Е.А. Амирсейидова
Директор Издательства –	Ю.К. Жулев

Владимир 2006

УДК 531 + 539.3/.6

ББК 30.12

М54

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
Б.Г. Ким

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Методические указания к расчетно-графическим работам по
М54 основам технической механики / сост. : А. М. Бурлакова, М. Г. Тан-
кеева ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та,
2006. – 32 с.

Содержат задания по основным разделам курса и методику их выполнения. Способствуют усвоению основных теоретических положений курса и методики расчета типовых элементов конструкций на прочность и жесткость.

Составлены в соответствии с программой курса «Основы технической механики» для студентов специальности 080502 – экономика и управление в строительстве.

Могут быть использованы студентами строительных специальностей.

Табл. 9. Ил. 11. Библиогр.: 3 назв.

УДК 531 + 539.3/.6

ББК 30.12

Введение, задания 1, 2, 4 и указания к их выполнению подготовлены М.Г. Танкеевой, задание 3 и указания к его выполнению – А.М. Бурлаковой.

ВВЕДЕНИЕ

Расчетно-графические работы по курсу «Основы технической механики» являются индивидуальными: расчетные схемы и числовые значения для каждого задания выбираются по варианту. Номер варианта состоит из четырех цифр. Каждая цифра соответствует номеру строки в первой графе (столбце), указанной в условии задачи таблицы. В графах I, II, III, IV находятся данные соответственно первой (I), второй (II), третьей (III), четвертой (IV) цифре номера варианта, считая слева направо. Номер варианта выдается преподавателем. В задании 2 используются только первые три цифры варианта.

Общие требования к выполнению и оформлению расчетно-графических работ:

1. Выписать условие задачи и числовые данные согласно варианту, сделать в масштабе аккуратный эскиз, на котором указать размеры и величины, необходимые для расчета.

2. Записи выполнять на одной стороне листа, на белой бумаге формата А4 (210 × 297) либо рукописным способом, четко и аккуратно, либо с использованием ПЭВМ.

3. Текстовая часть должна содержать названия этапов расчета, краткие пояснения хода решения задачи, расчетные формулы, численные расчеты и результаты вычислений по каждому этапу решения.

4. Схемы и графики выполняются карандашом при помощи чертежных инструментов с соблюдением выбранного масштаба изображения.

5. Окончательные результаты оформляются в виде ответа.

6. При выполнении расчетно-графических работ использовать прил. 2 – 6.

7. Титульный лист расчетно-графической работы оформляется в соответствии с прил. 1. Все листы работы последовательно нумеруются и сшиваются.

8. Выполненная расчетно-графическая работа предъявляется преподавателю для защиты в сроки, указанные в учебном плане.

Задание 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ ОПОР БАЛОК И РАМ

Для заданных двухопорной и консольной балок, а также рам требуется:

1. Вычертить схему балок (рам) с указанием числовых данных.
2. Освободить балку (раму) от связей и изобразить действующие на нее внешние силы и реакции отброшенных связей.
3. Выбрать систему координат, составить уравнения равновесия и определить реакции отброшенных связей.
4. Проверить правильность полученных результатов, составив уравнение равновесия, которое не было использовано ранее.

Консольные балки изображены на рис. 1 с размерами и нагрузками, приведенными в табл. 1, двухопорные балки – на рис. 2 с исходными данными, приведенными в табл. 2, рамы с жесткой заделкой – на рис. 3 с размерами и нагрузками, приведенными в табл. 3, и рамы с шарнирными опорами – на рис. 4 с исходными данными, приведенными в табл. 4.

Таблица 1

Цифра варианта	I	II		III		IV
	Номер схемы	Размер		Нагрузка		
		$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$F, \text{ кН}$	$M, \text{ кН}\cdot\text{м}$	$q, \text{ кН/м}$
1	3	1,0	0,5	20	10	20
2	5	1,2	1,4	18	20	22
3	7	1,3	1,1	10	16	26
4	1	0,8	1,9	12	18	32
5	8	0,6	2,1	14	22	24
6	9	0,5	1,5	16	26	28
7	6	0,8	0,9	17	28	30
8	2	1,1	0,7	11	30	34
9	10	2,0	0,4	13	24	32
0	4	1,5	0,6	15	14	36

Таблица 2

Цифра варианта	I	II		III		IV
	Номер схемы	Размер		Нагрузка		
		l , м	a , м	F , кН	q , кН/м	M , кН·м
1	2	4,0	1,1	14	12	40
2	1	6,0	1,1	20	28	38
3	4	7,0	1,4	24	14	20
4	7	4,5	1,2	32	26	24
5	3	7,5	1,4	40	16	36
6	6	8,0	1,5	26	22	34
7	5	5,5	1,3	18	24	26
8	10	3,5	1,0	36	28	22
9	8	5,0	1,2	38	20	18
0	9	6,5	1,3	18	10	32

Таблица 3

Цифра варианта	I	II		III		IV	
	Номер схемы	Размер		Нагрузка			
		a , м	b , м	F_1 , кН	q , кН/м	F_2 , кН	M , кН·м
1	10	4,0	7,6	35	20	16	30
2	6	3,6	7,2	18	16	14	24
3	8	3,2	6,8	21	18	30	18
4	3	2,8	6,4	17	22	32	28
5	2	2,6	5,0	33	17	19	34
6	1	2,5	4,4	28	14	21	20
7	4	3,0	5,6	26	24	28	32
8	5	3,4	4,8	24	12	27	36
9	9	3,8	6,2	22	26	15	26
0	7	2,7	7,0	20	21	18	25

Таблица 4

Цифра вариан- та	I	II		III		IV
	Номер схемы	Размер		Нагрузка		
		a , м	b , м	F_1 , кН	F_2 , кН	q , кН/м
1	7	6,6	2,2	40	60	38
2	5	5,2	2,1	45	42	20
3	3	6,8	2,6	60	70	24
4	1	5,0	3,0	55	80	36
5	8	5,5	2,5	70	44	26
6	6	5,7	2,7	80	54	22
7	4	7,0	2,4	75	46	34
8	2	5,4	2,9	65	48	18
9	10	6,0	2,3	42	64	32
0	9	7,1	2,8	44	72	30

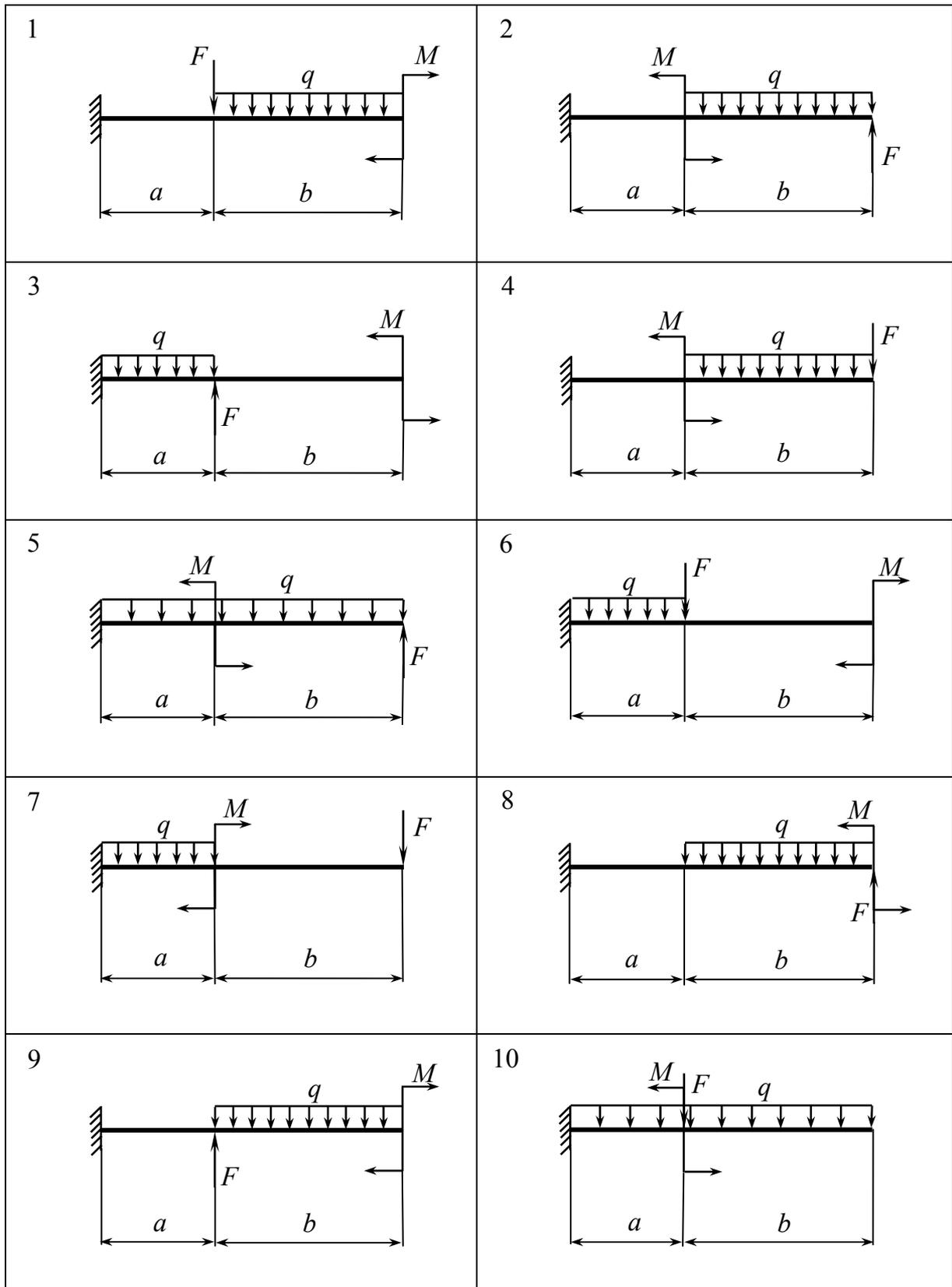


Рис. 1

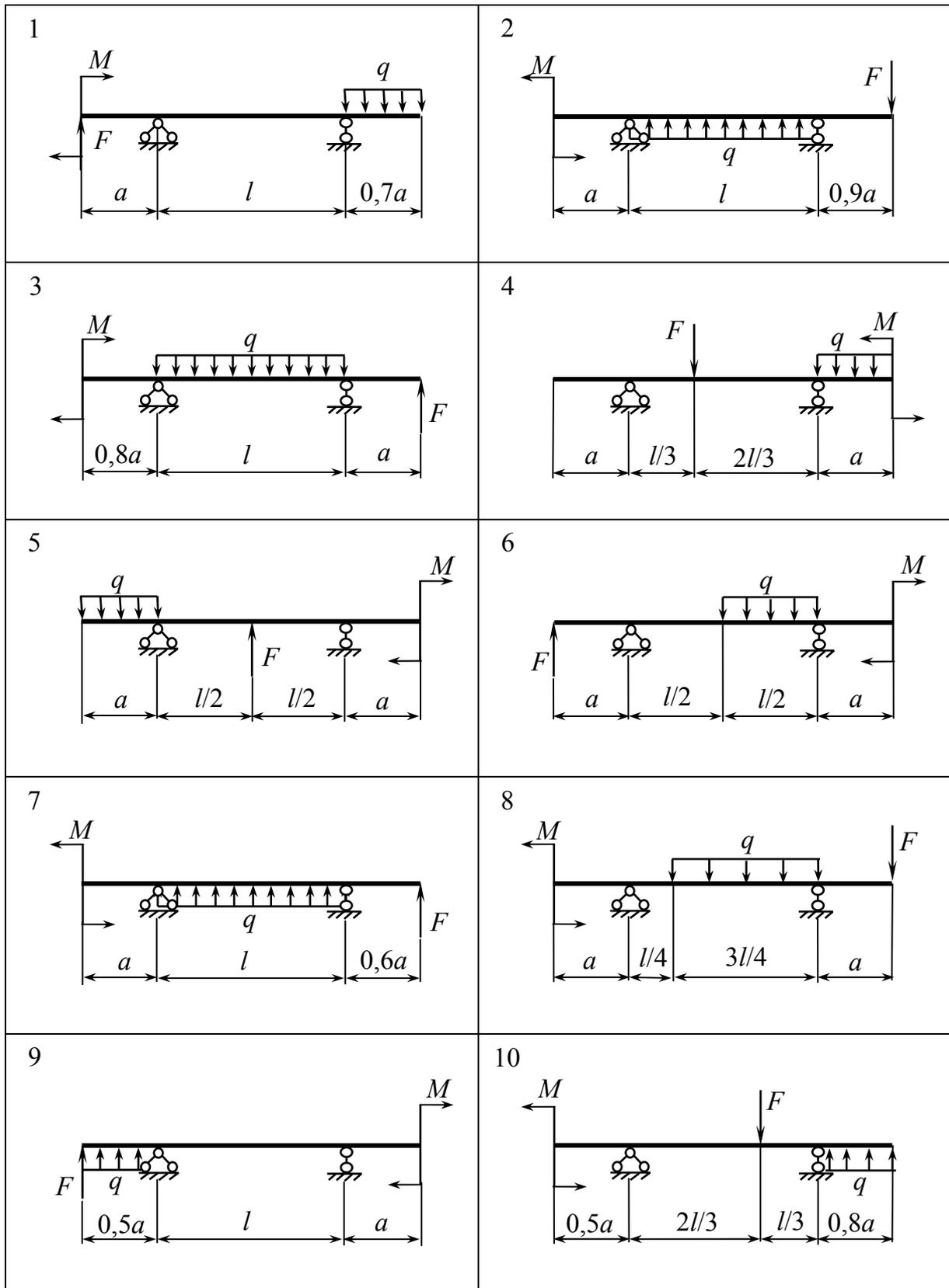


Рис. 2

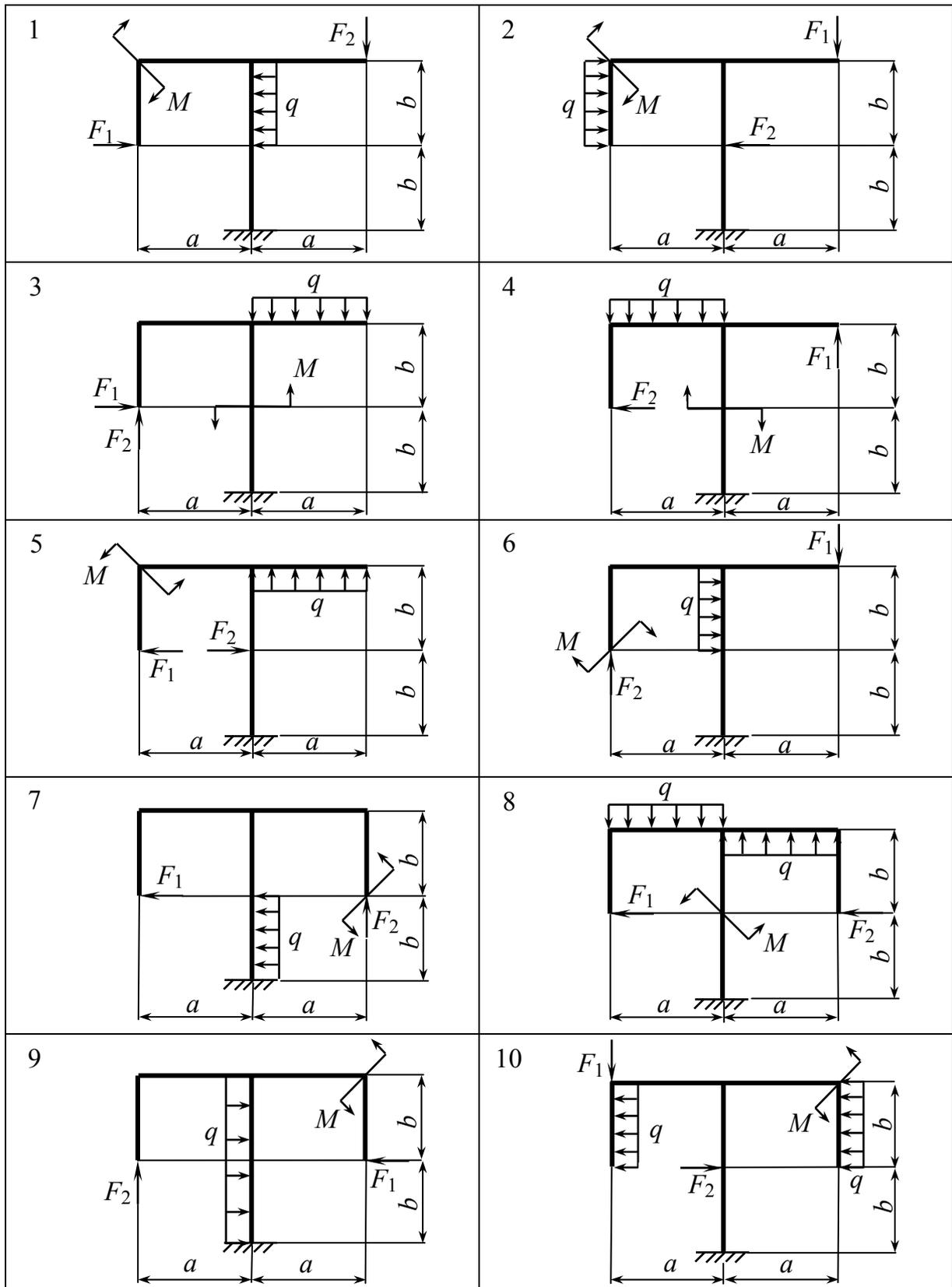


Рис. 3

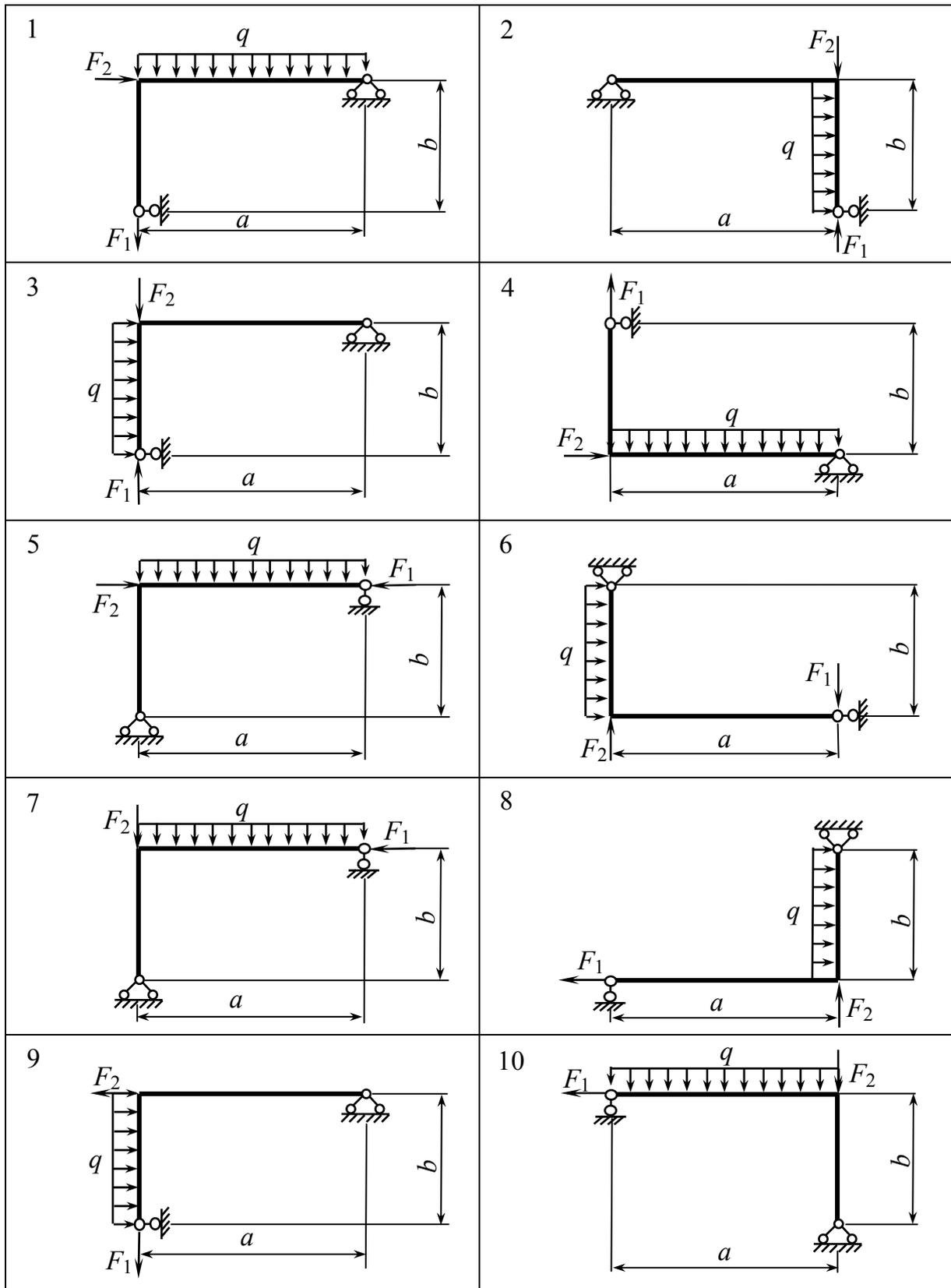


Рис. 4

Указания к выполнению задания 1

Равновесие несвободных твердых тел изучается в статике на основании аксиомы: всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если отбросить связи и заменить их действие реакциями этих связей. Направление реакций связей выбирается произвольно. Систему координат желательно выбирать так, чтобы возможно большее число неизвестных сил было перпендикулярно к той или иной координатной оси, тогда уравнения равновесия будут более простыми. Если усилие (момент) при аналитическом методе решения получится отрицательным, то истинное направление усилия (момента) противоположно предварительно принятому.

Целесообразно составлять уравнения равновесия таким образом, чтобы в них входили суммы моментов относительно точек, через которые проходят линии действия неизвестных реакций связей; в этом случае в каждое уравнение войдет только одна искомая реакция.

Задание 2

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

Для заданных плоских сечений с одной (или двумя) осью симметрии требуется:

1. Вычертить эскиз сечения с указанием числовых данных.
2. Определить координаты центра тяжести сечения.
3. Найти положение главных центральных осей инерции.
4. Вычислить главные центральные моменты инерции.

Данные для расчета взять из табл. 5, тип сечения приведен на рис. 5.

Указания к выполнению задания 2

Вычисление геометрических характеристик заданного плоского сечения, составленного из n простых фигур (элементов сечения), рекомендуется выполнять в следующем порядке:

1. Вычертить заданное сечение в масштабе, указать его размеры, выбрать вспомогательные оси координат z , y , параллельные сторонам сечения.

Таблица 5

Цифра варианта	I	II	III
	Тип сечения	Размер сечения, мм	
		<i>a</i>	<i>b</i>
1	8	50	40
2	4	60	70
3	3	70	45
4	6	80	50
5	9	90	65
6	10	45	60
7	1	55	55
8	7	65	75
9	2	75	42
0	5	85	58

2. Нанести на чертеж центры тяжести c_i каждого отдельного элемента сечения и определить их координаты z_i, y_i относительно выбранной системы координат z, y .

3. Определить в выбранной системе координат z, y положение центра тяжести C составного сечения по формулам

$$z_c = \frac{\sum_{i=1}^n A_i z_i}{\sum_{i=1}^n A_i}; \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n A_i y_i}{\sum_{i=1}^n A_i},$$

где A_i – площадь простой фигуры.

4. Нанести на чертеж центральные оси составного сечения z_c, y_c с началом в центре тяжести C и указать расстояния между центральными осями всего сечения и каждого из элементов.

5. Определить для каждой простой фигуры осевые моменты инерции J_{z_i}, J_{y_i} и центробежный моменты инерции $J_{z_i y_i}$ относительно центральных осей фигуры z_i, y_i .

6. Найти осевые и центробежный моменты инерции сечения относительно его центральных осей z_c и y_c :

$$J_{z_c} = \sum_{i=1}^n \left(J_{z_i} + y_{c_i}^2 A_i \right); \quad J_{y_c} = \sum_{i=1}^n \left(J_{y_i} + z_{c_i}^2 A_i \right);$$

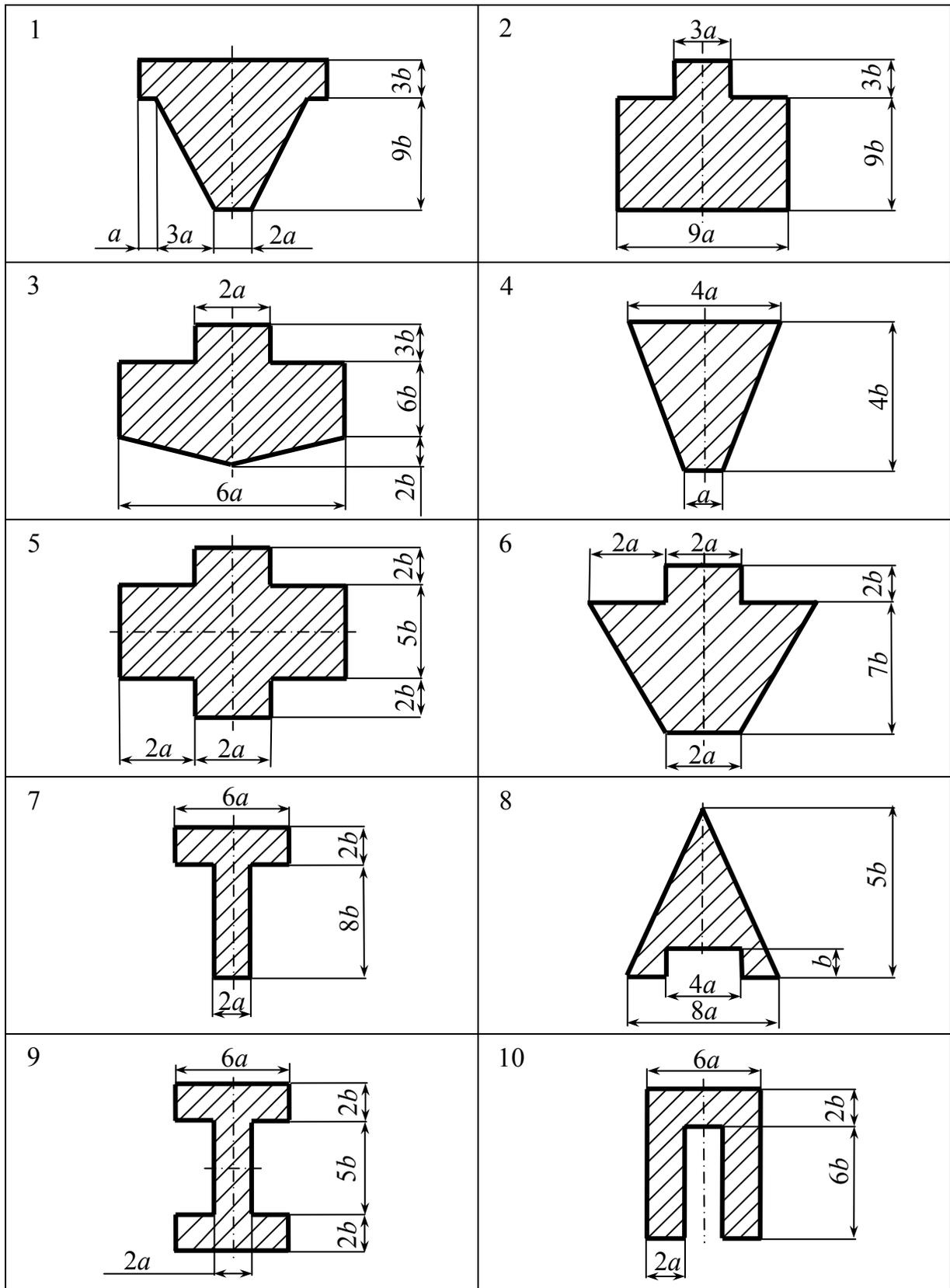


Рис. 5

$$J_{z_c y_c} = \sum_{i=1}^n (J_{z_i y_i} + y_{c_i} z_{c_i} A_i),$$

где y_{c_i}, z_{c_i} – координаты центров тяжести простых фигур в системе осей $z_c y_c$.

7. Для сечений, имеющих ось симметрии, одна из главных центральных осей (u или v) совпадает с осью симметрии, другая перпендикулярна ей, в этом случае главные центральные моменты инерции J_z и J_y составного сечения находим по формулам

$$J_u = J_{z_c}, J_v = J_{y_c}.$$

Задание 3

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ ПРЯМОГО СТЕРЖНЯ

Задача № 1. Для заданного стального стержня (рис. 6) требуется:

1. Изобразить расчетную схему и поперечное сечение стержня. На расчетной схеме указать численные значения сил и линейных размеров участков стержня.

2. Построить эпюры продольной силы N .

3. Из условия прочности определить площадь поперечного сечения A и номера прокатных профилей.

4. Построить эпюру нормальных напряжений σ_x , используя численные значения площади подобранных прокатных профилей.

5. Определить перемещения u_{x_i} поперечных сечений стержня, изменение длины Δl_i (удлинение или укорочение) каждого участка и полное изменение длины Δl всего стержня. Построить эпюру перемещений u_x .

Данные для расчета взять из табл. 6 согласно варианту, выданному преподавателем. При расчете принять $R = 200$ МПа, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

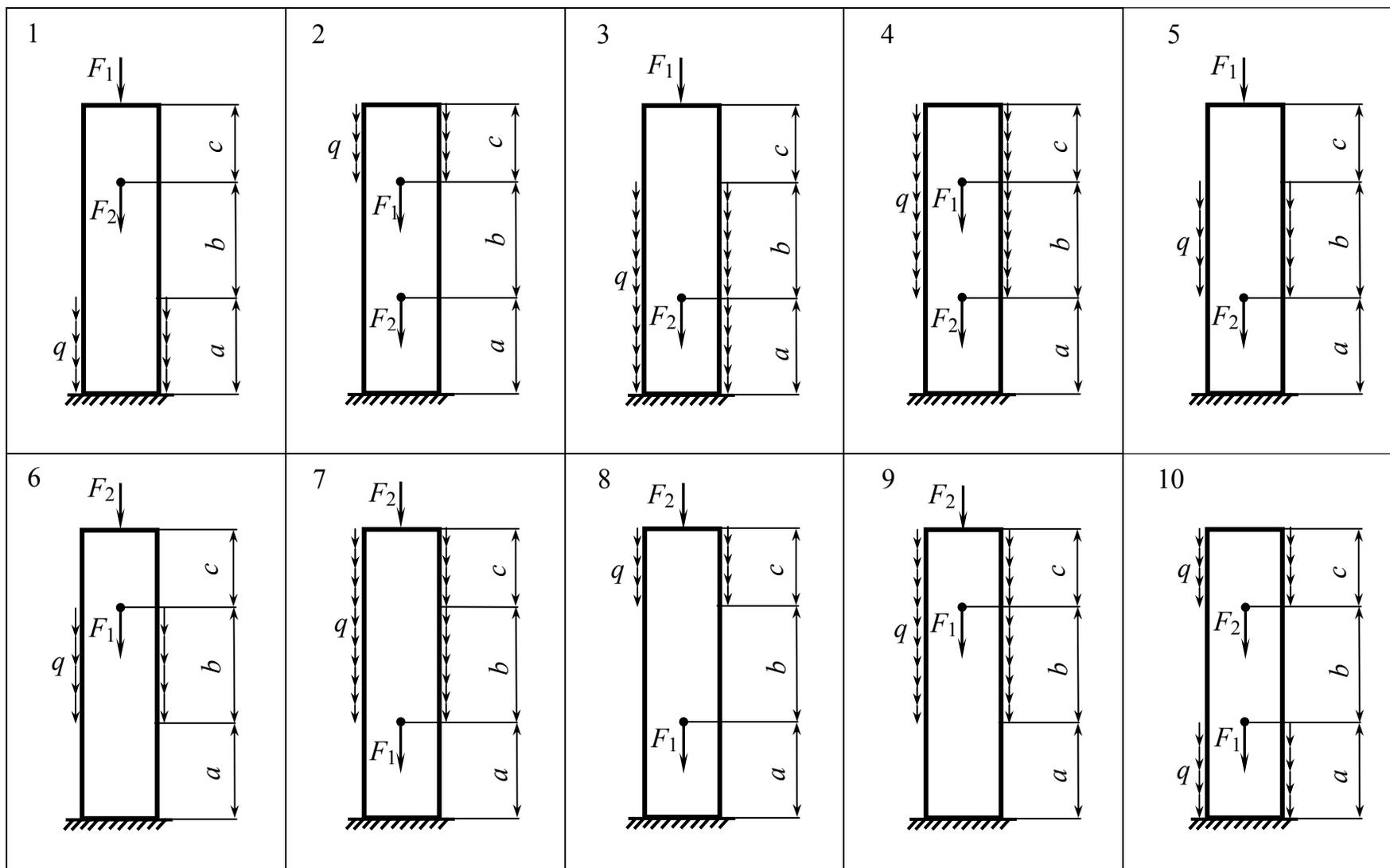
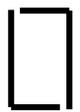
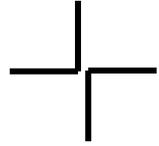


Рис. 6

Таблица 6

Цифра варианта	I	II			III		IV	
	Номер схемы	a , м	b , м	c , м	F , кН	F_1 , кН	q , кН/м	Форма поперечного сечения (прокатные профили)
1	1	0,6	1,1	1,3	160	72	45	
2	2	1,8	0,4	0,8	170	80	40	
3	3	0,8	1,2	1,0	150	84	35	
4	4	1,2	1,4	0,4	180	76	30	
5	5	1,0	1,2	1,8	190	85	50	
6	6	1,4	0,5	1,1	165	88	45	
7	7	1,3	0,7	1,0	145	100	70	
8	8	0,9	1,3	0,8	140	90	40	
9	9	0,7	1,6	0,7	120	96	48	
0	10	1,1	1,3	0,6	130	70	90	

Задача № 2. Для заданного ступенчатого стержня (рис. 7), изготовленного из материала, неодинаково сопротивляющегося растяжению и сжатию, требуется:

1. Изобразить расчетную схему стержня с указанием численных значений сил и линейных размеров.
2. Построить эпюры продольной силы N и нормального напряжения σ_x .
3. Из условия прочности при растяжении и сжатии найти площадь A .
4. По найденной площади A определить напряжение σ_x на участках стержня и построить эпюру σ_x в численном виде.
5. Определить удлинения (укорочения) Δl_i участков стержня и полное изменение длины стержня Δl .

Данные для расчета взять из табл. 7.

Справочные данные для расчета:

бетон – $R_p = 1$ МПа; $R_c = 8$ МПа; $E = 2 \cdot 10^4$ МПа,

древесина – $R_p = 8$ МПа; $R_c = 12$ МПа; $E = 1 \cdot 10^4$ МПа.

Таблица 7

Цифра варианта	I	II		III		IV	
	Номер схемы	a , м	b , м	F_1 , кН	F_2 , кН	q , кН/м	Материал
1	1	1,0	1,2	10	- 35	10	Бетон
2	2	1,2	0,8	15	- 45	9	Древесина
3	3	1,1	0,9	18	- 40	5	Бетон
4	4	1,4	0,6	20	- 30	12	Древесина
5	5	0,9	0,7	25	- 55	4	Бетон
6	6	0,8	1,0	- 30	50	2	Древесина
7	7	1,3	0,5	- 32	70	8	Бетон
8	8	0,5	1,3	- 28	45	6	Древесина
9	9	0,6	1,4	- 14	36	16	Бетон
0	10	0,7	1,5	- 36	60	5	Древесина

Указания к выполнению задания 3

Расчет на прочность и определение перемещений прямого стержня при растяжении-сжатии рекомендуется проводить в следующем порядке:

1. Определить реакцию заделки.

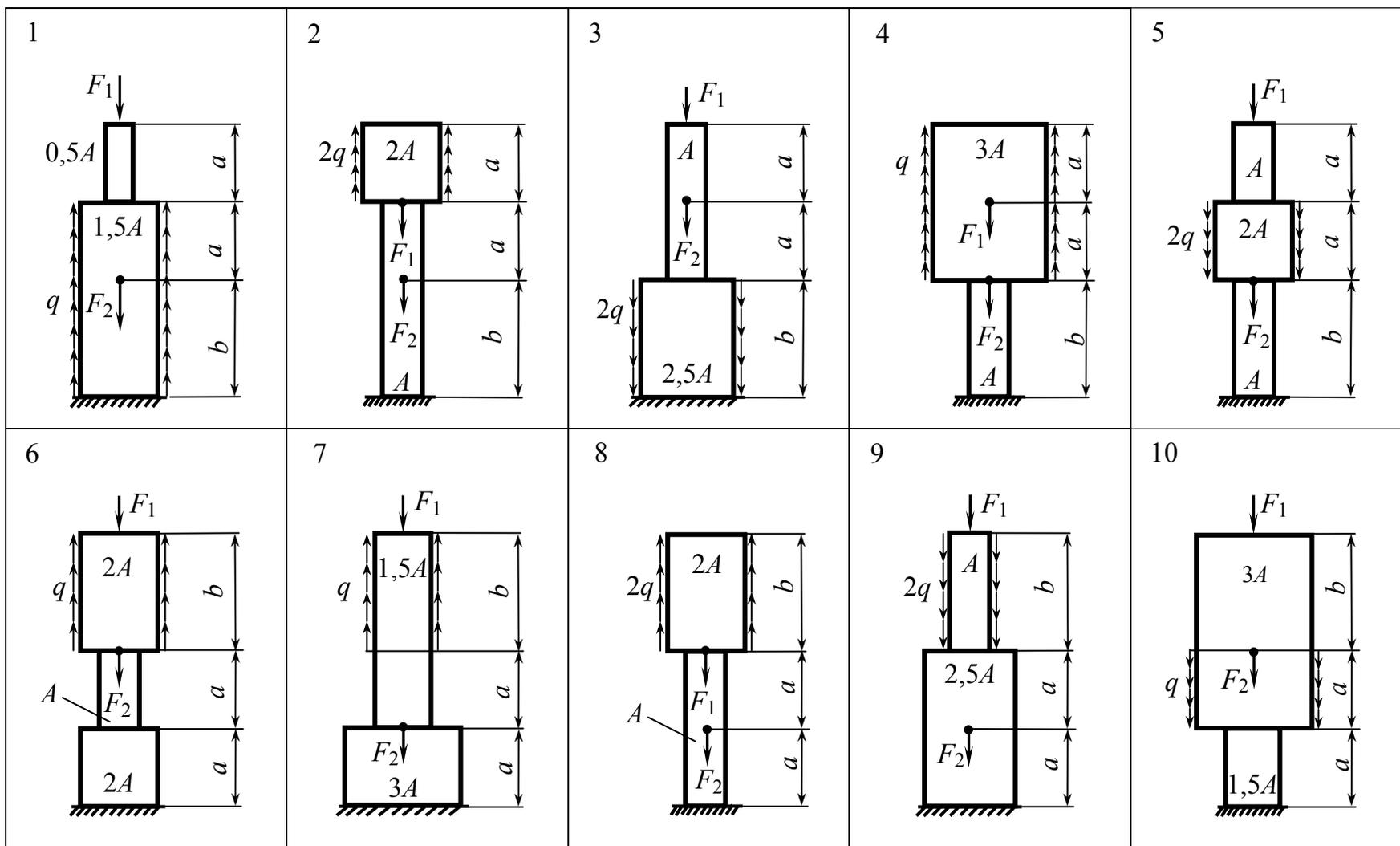


Рис. 7

2. Разбить стержень на участки, то есть на части, по длине которых характер внешней нагрузки и площадь поперечного сечения не меняются.

3. Для каждого из участков методом сечений определить закон изменения продольной силы N по длине участка.

4. Вычислить нормальное напряжение σ_x на каждом участке по формуле

$$\sigma_{x_i} = \frac{N_i}{A_i}, \quad (1)$$

где i – номер участка.

5. Построить эпюры N и σ_x , изобразив их справа от расчетной схемы.

6. По эпюре σ_x найти опасные сечения. Для стержня из пластичного материала (задача № 1) – это сечение, в котором возникает наибольшее по модулю нормальное напряжение σ_x . Для стержня из хрупкого материала (задача № 2) – это сечения, в которых возникают наибольшие по модулю нормальные напряжения σ_x в растянутой и сжатой частях стержня.

7. Для стержня из пластичного материала по условию прочности

$$\left| \sigma_x \right|_{\max} \leq R, \text{ или } \frac{|N|_{\max}}{A} \leq R$$

найти требуемую площадь поперечного сечения A :

$$A \geq \frac{|N|_{\max}}{R},$$

где N_{\max} – продольная сила в опасном сечении; R – расчетное сопротивление материала стержня.

Затем, пользуясь таблицами прокатной стали различных профилей, по найденной площади поперечного сечения A подобрать номер прокатных профилей.

8. Для стержня из хрупкого материала (задача № 2) необходимо записать два условия прочности:

$$\left| \sigma_x^+ \right|_{\max} \leq R_p, \quad \left| \sigma_x^- \right|_{\max} \leq R_c,$$

где $\left| \sigma_x^+ \right|_{\max}$ – наибольшее нормальное напряжение в растянутой части стержня;

$\left| \sigma_x^- \right|_{\max}$ – наибольшее по модулю нормальное напряжение в сжатой части стержня;

R_p – расчетное сопротивление материала стержня растяжению;

R_c – расчетное сопротивление материала стержня сжатию.

Решение этих неравенств дает два значения площади A : A_p и A_c . Окончательно выбираем наибольшую из этих площадей.

9. Построить эпюру σ_x , подставив в формулу (1) численные значения подобранных по условию прочности площадей A поперечных сечений.

10. Для каждого участка определить закон изменения перемещений $u_i(x)$ поперечных сечений по его длине:

$$u_i(x) = u_{i-1} + \int \frac{N_i}{E_i A_i} dx,$$

где u_{i-1} – перемещение конца предыдущего участка;

E – модуль продольной упругости материала участка;

A – площадь поперечного сечения стержня на i -ом участке.

11. Построить эпюру u , расположив ее рядом с эпюрами N и σ_x .

Задание 4

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ БАЛОК ПРИ ИЗГИБЕ

Задача № 1. Для балки, изображенной на рис. 8, требуется:

1. Построить эпюры поперечной силы Q_y и изгибающего момента M_z .

2. Из условия прочности определить размеры прямоугольного с заданным соотношением сторон h/b и двутаврового поперечных сечений балки (рис. 9).

3. Вычертить поперечные сечения в едином масштабе и оценить экономичность подобранных сечений.

4. Выполнить проверку прочности по наибольшим касательным напряжениям, возникающим в поперечных сечениях.

5. Построить эпюры нормальных σ_x и касательных τ_{yx} напряжений в опасном сечении для двутаврового и прямоугольного сечений балки.

Материалом служит сталь с расчетными сопротивлениями на растяжение и сжатие $R = 200$ МПа, на срез $R_{cp} = 150$ МПа.

Схему балки (рис. 8) и данные для расчета взять из табл. 8 по варианту.

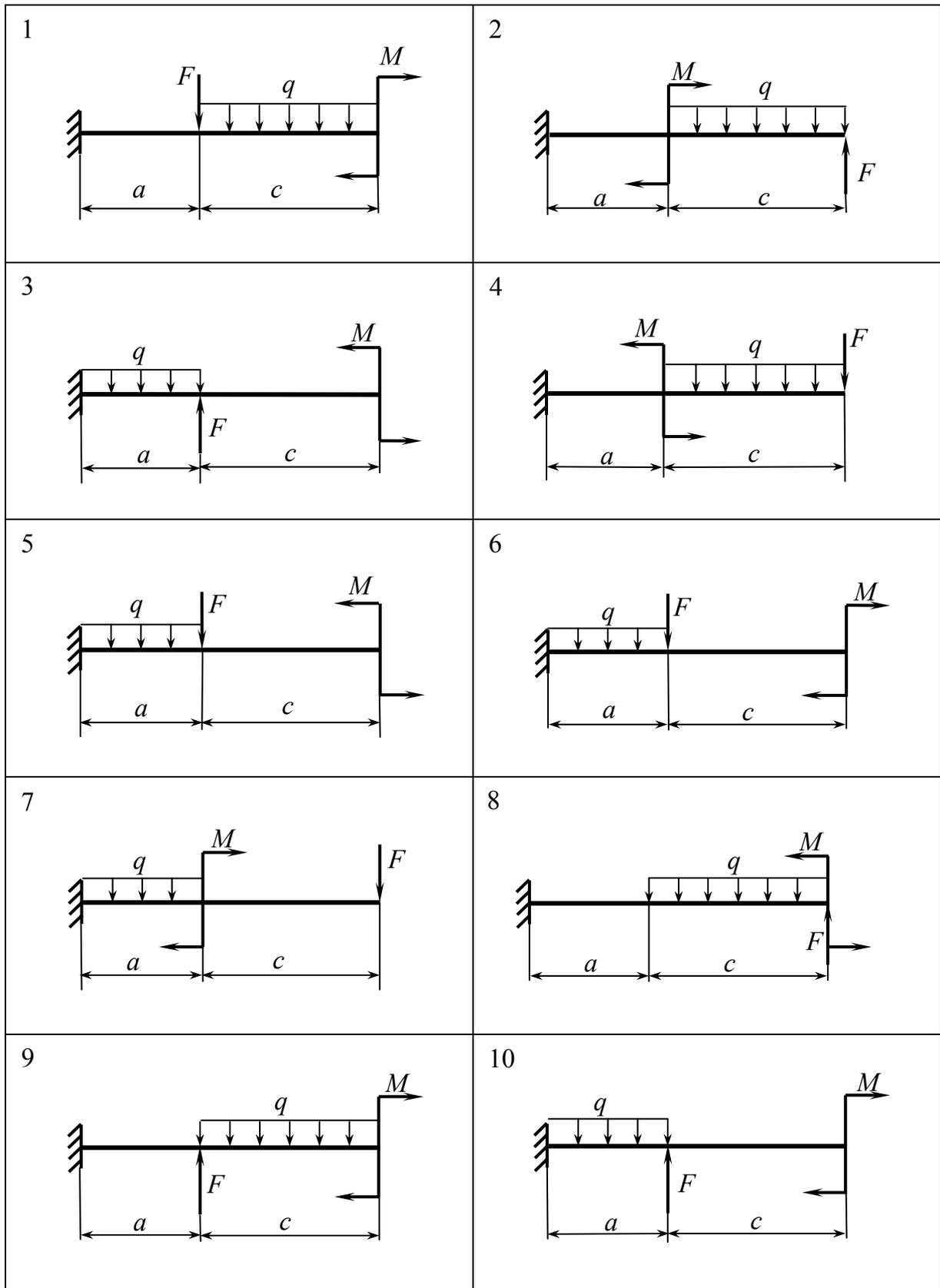
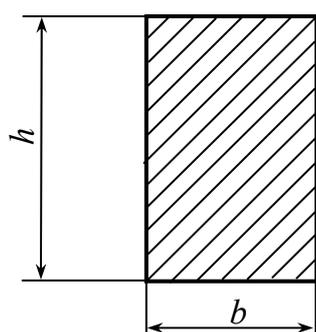
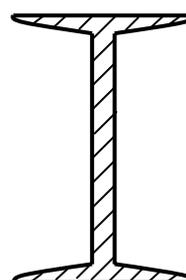


Рис. 8

Цифра вари- анта	I		II		III		IV
	Но- мер схемы	h/b	Размер		Нагрузка		
			a , м	c , м	F , кН	M , кН·м	q , кН/м
1	9	1,8	1,0	0,5	20	10	20
2	7	2,5	1,2	1,4	18	20	22
3	5	2,0	1,3	1,1	10	16	26
4	3	1,6	0,8	1,9	12	18	32
5	1	2,2	0,6	2,1	14	22	24
6	10	2,4	0,5	1,5	16	26	28
7	8	2,0	0,9	0,9	17	28	30
8	6	1,8	1,1	0,7	11	30	34
9	4	1,6	2,0	0,4	13	24	32
0	2	2,5	1,5	0,6	15	14	36



1)



2)

Рис. 9

Задача № 2. Для балки, изображенной на рис. 10, требуется:

1. Построить эпюры поперечной силы Q_y и изгибающего момента M_z .

2. Из условия прочности определить размеры заданного поперечного сечения балки (рис. 11), выполненной из хрупкого материала с расчетными сопротивлениями на растяжение и сжатие соответственно $R_p = 45$ МПа, $R_c = 120$ МПа, и расположить балку рационально.

Данные для расчета взять в табл. 9.

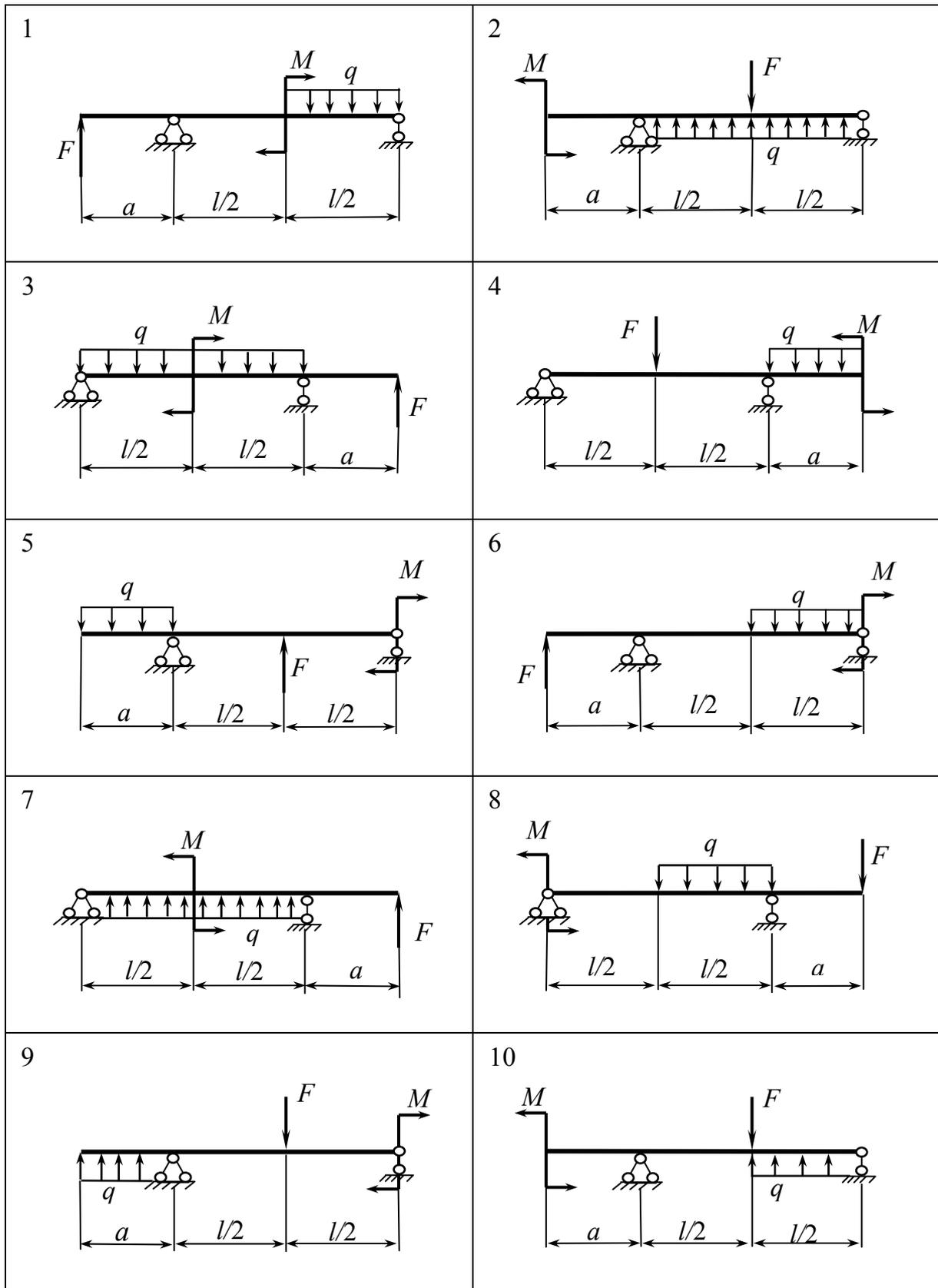


Рис. 10

Цифра варианта	I		II		III		IV
	Номер схемы	Тип сечения	Размер		Нагрузка		
			$l, \text{ м}$	$a, \text{ м}$	$F, \text{ кН}$	$q, \text{ кН/м}$	$M, \text{ кН}\cdot\text{м}$
1	10	1	4,0	1,1	14	12	40
2	4	2	6,0	1,1	20	28	38
3	3	1	7,0	1,4	24	14	20
4	2	2	4,5	1,2	32	26	24
5	6	1	7,5	1,4	40	16	36
6	5	2	8,0	1,5	26	22	34
7	1	1	5,5	1,3	18	24	26
8	9	2	3,5	1,0	38	18	22
9	8	1	5,0	1,2	36	20	18
0	7	2	6,5	1,3	18	10	32

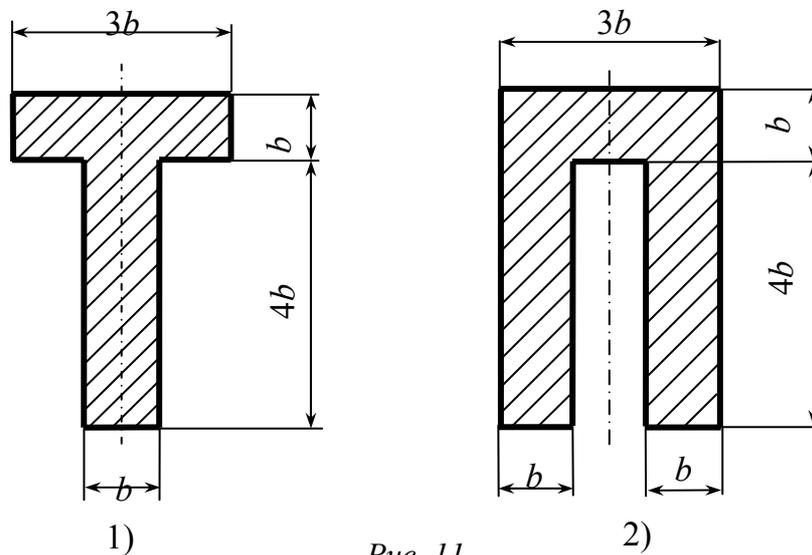


Рис. 11

Указания к выполнению задания 4

Расчет на прочность балок при изгибе рекомендуется проводить в следующем порядке:

1. Определить реакции опор.
2. Разбить балку на участки, то есть на части, по длине которых характер внешней нагрузки и размер (площадь) поперечного сечения не меняются.
3. Для каждого из участков определить закон изменения поперечной силы Q_y и изгибающего момента M_z по длине участка, используя метод сечений.
4. Построить эпюры поперечной силы Q_y и изгибающего момента M_z , расположив их непосредственно под расчетной схемой балки.
5. По эпюре изгибающего момента найти опасное сечение, в котором возникает наибольший изгибающий момент $M_{z \max}$. Из условия прочно-

сти по нормальным напряжениям определить осевой момент сопротивления W_z поперечного сечения балки:

$$\sigma_{x \max} = \frac{M_{z \max}}{W_z} \leq R, \text{ отсюда } W_z \geq \frac{M_{z \max}}{R}.$$

По найденному значению W_z найти размеры поперечного прямоугольного сечения b и h , подобрать, пользуясь таблицами прокатной стали, номер стандартного двутаврового профиля.

6. Вычертить прямоугольное и двутавровое поперечные сечения в одинаковом масштабе и сравнить балки с этими сечениями по расходу материала.

7. Выполнить проверку прочности по наибольшим касательным напряжениям $\tau_{yx \max}$, возникающим в поперечных сечениях. Условие прочности записывается в виде: $\tau_{yx \max} \leq R_{\text{ср}}$.

Наибольшие касательные напряжения возникают в точках поперечного сечения, лежащих на нейтральной линии, которая для симметричного

сечения совпадает с осью z :
$$\tau_{yx \max} = \frac{Q_{y \max} S_z^{\text{отс}}}{J_z b_y},$$

где $Q_{y \max}$ – наибольшая поперечная сила, определяемая по эпюре поперечных сил; $S_z^{\text{отс}}$, J_z – статический момент отсеченной части и осевой момент инерции площади поперечного сечения относительно нейтральной линии (оси z); b_y – ширина поперечного сечения по нейтральной линии.

8. Построить эпюры σ_x и τ_{yx} в опасных сечениях.

9. Если балка из хрупкого материала, у которого $R_c > R_p$ (задача 2), расчет на прочность следует вести с учетом двух условий прочности для

сжатых и растянутых волокон:
$$|\sigma_{x \max \text{ с}}| = \frac{M_{zc}}{J_z} y_{\max}^c \leq R_c$$

и
$$\sigma_{x \max \text{ р}} = \frac{M_{zp}}{J_z} y_{\max}^p \leq R_p,$$

где M_{zc} , M_{zp} – наибольшие по абсолютному значению изгибающие моменты в опасных сечениях соответственно для сжатых и растянутых волокон; y_{\max}^c , y_{\max}^p – наибольшие расстояния от сжатых и растянутых волокон до нейтральной линии.

Размеры поперечного сечения балки и его положение относительно нагрузки необходимо подобрать так, чтобы выполнялись оба условия прочности и при этом размеры поперечного сечения были бы минимальными, что обеспечивает экономию расхода материала.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра сопротивления материалов

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

по _____
(название курса)

_____ (название расчетно-графической работы)

Вариант _____

Выполнил: _____
(Ф.И.О.)

гр. _____

Принял _____
(Ф.И.О. преподавателя)

Владимир 200__г.

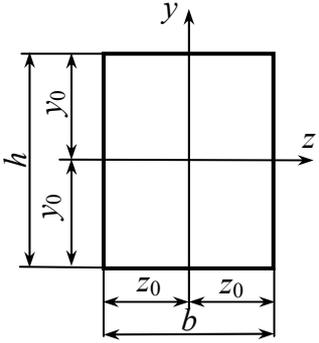
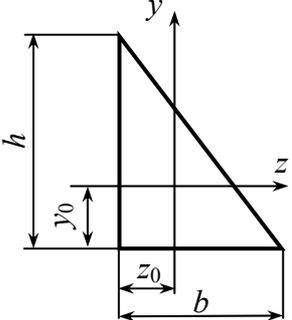
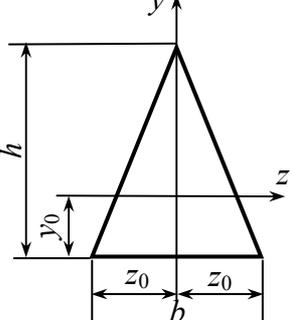
МОМЕНТЫ ИНЕРЦИИ ФИГУР ОТНОСИТЕЛЬНО ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОСЕЙ

A – площадь поперечного сечения

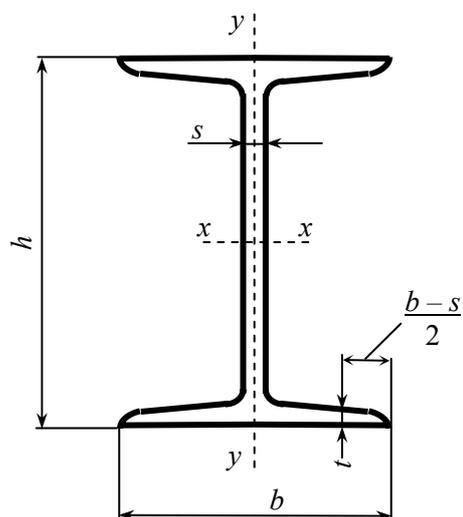
z_0, y_0 – расстояния от центра тяжести до наружных граней фигуры

J_z, J_y – осевые моменты инерции

J_{zy} – центробежный момент инерции

Фигура	A	z_0	y_0	J_z	J_y	J_{zy}
	bh	$\frac{b}{2}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{b^3h}{12}$	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

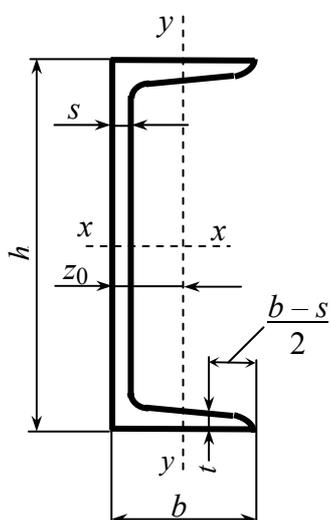
**ДВУТАВРЫ СТАЛЬНЫЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ
(ГОСТ 8239-89)**



- h - высота двутавра
- 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	Размер, мм				A , см ²	I_x , см ⁴	W_{x_3} , см ³	i_x , см	S_{x_3} , см ³	I_y , см ⁴	W_{y_3} , 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

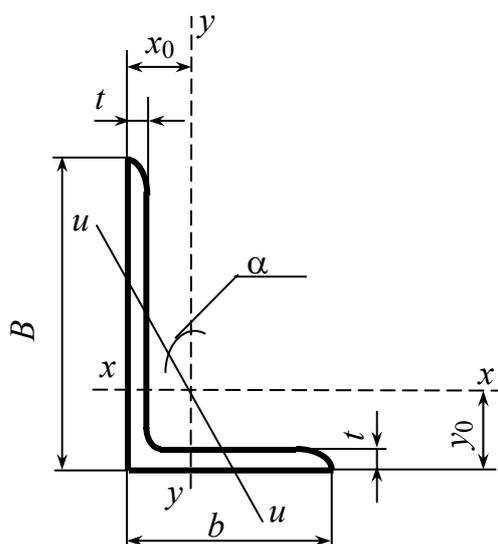
**ШВЕЛЛЕРЫ СТАЛЬНЫЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ
(ГОСТ 8240-89)**



- 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
- z_0 - расстояние от оси y до наружной грани стенки

Номер швеллера	Масса 1 м, кг	Размер, мм				A , см ²	I_x , см ⁴	W_{x_3} , см ³	i_x , см	S_{x_3} , см ³	I_y , см ⁴	W_{y_3} , см ³	i_y , см	z_0 , см
		h	b	s	t									
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,95	1,16
6,5	5,9	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15,0	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
16	14,2	160	64	5,0	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16a	15,3	160	68	5,0	9,0	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,0
18	16,3	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17,0	2,04	1,94
18a	17,4	180	74	5,1	5,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9,0	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
22	21,0	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
24	24,0	240	90	5,6	10,0	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
27	27,7	270	95	6,0	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	10	6,5	11,0	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	10	7,0	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	11	7,5	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	11	8,0	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

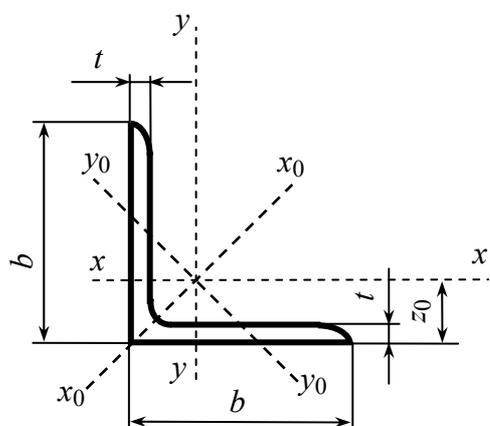
**УГОЛКИ СТАЛЬНЫЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ НЕРАВНОПОЛОЧНЫЕ
(ГОСТ 8510-86)**



B - ширина большей полки
 b - ширина меньшей полки
 t - толщина полки
 A - площадь поперечного сечения
 I - момент инерции
 i - радиус инерции
 α - угол наклона главной центральной оси
 I_{xy} - центробежный момент инерции
 x_0, y_0 - расстояния от центра тяжести до
 наружных граней полок

Номер уголка	Мас са, 1 м, кг	Размеры, мм			$A,$ см^2	$I_x,$ см^4	$i_x,$ см	$I_y,$ см^4	$i_y,$ см	$I_{u\min},$ см^4	$i_{u\min},$ см	tg α	$I_{xy},$ см^4	$x_0,$ см	$y_0,$ см
		B	b	t											
5/3,2	2,40	50	32	4	3,17	7,98	1,59	2,56	0,90	1,52	0,69	0,401	2,59	0,76	1,65
7,5/5	4,79	75	50	5	6,11	34,8	2,39	12,5	1,43	7,24	1,09	0,436	12	1,17	2,39
9/5,6	6,70	90	56	6	8,54	70,6	2,88	21,2	1,58	12,7	1,22	0,384	22,5	1,28	2,95
10/6,3	7,53	100	63	6	9,58	98,3	3,20	30,6	1,79	18,2	1,38	0,393	31,5	1,42	3,23
	8,70			7	11,1	113	3,19	35,0	1,78	20,8	1,37	0,392	36,1	1,46	3,28
	9,87			8	12,6	127	3,18	39,2	1,77	23,4	1,36	0,391	40,5	1,50	3,32
11/7	10,9	110	70	8	13,9	172	3,51	54,6	1,98	32,3	1,52	0,4	55,9	1,64	3,61
12,5/8	11,0	125	80	7	14,1	227	4,01	73,7	2,29	43,4	1,76	0,407	74,7	1,80	4,01
	12,6			8	16,0	256	4,0	83,0	2,28	48,8	1,75	0,406	84,1	1,84	4,05
	15,5			10	19,7	312	3,98	100	2,26	59,3	1,74	0,404	102	1,92	4,14
14/9	14,1	140	90	8	18,0	364	4,49	120	2,58	70,3	1,98	0,411	121	2,03	4,49
	17,5			10	22,2	444	4,47	146	2,56	85,5	1,96	0,409	147	2,12	4,58
16/10	18,0	160	100	9	22,9	606	5,15	186	2,85	110	2,20	0,391	194	2,24	5,19
	19,8			10	25,3	667	5,13	204	2,84	121	2,19	0,390	213	2,28	5,23
	23,6			12	30,0	784	5,11	239	2,82	142	2,18	0,388	249	2,36	5,32
18/11	22,2	180	110	10	28,3	952	5,80	276	3,12	165	2,42	0,376	295	2,44	5,88
	26,4			12	33,7	1123	5,77	324	3,10	194	2,40	0,374	348	2,52	5,97
20/12,5	27,4	200	125	11	34,9	1449	6,45	446	3,58	264	2,75	0,392	465	2,79	6,50
	29,7			12	37,9	1568	6,43	482	3,57	285	2,74	0,392	503	2,83	6,54
	34,4			14	43,9	1801	6,41	551	3,54	327	2,73	0,390	573	2,91	6,62
	39,1			16	49,8	2026	6,38	617	3,52	367	2,72	0,388	643	2,99	6,71

**УГОЛКИ СТАЛЬНЫЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ РАВНОПОЛОЧНЫЕ
(ГОСТ 8509-86)**



- b - ширина полки
- t - толщина полки
- A - площадь поперечного сечения
- I - момент инерции
- i - радиус инерции
- I_{xy} - центробежный момент инерции
- z_0 - расстояние от центра тяжести до наружной грани полки

Номер уголка	Масса 1 м, кг	Размеры, мм		A , см ²	I_x , см ⁴	i_x , см	I_{x0max} , см ⁴	i_{x0max} , см	I_{y0min} , см ⁴	i_{y0min} , см	$ I_{xy} $, см ⁴	z_0 , см
		b	t									
5	3,05	50	4	3,89	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	5,42	1,38
	3,77		5	4,80	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	6,57	1,42
5,6	3,44	56	4	4,38	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	7,69	1,52
	4,25		5	5,41	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	9,41	1,57
6,3	3,90	63	4	4,96	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	11,0	1,69
	4,81		5	6,13	23,1	1,94	36,8	2,44	9,52	1,25	13,7	1,74
	5,72		6	7,28	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	15,9	1,78
7	5,38	70	5	6,86	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	18,7	1,90
	6,39		6	8,15	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	22,1	1,94
7,5	5,80	75	5	7,39	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	23,1	2,02
	6,89		6	8,78	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	27,3	2,06
	7,96		7	10,1	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	31,2	2,10
8	6,78	80	5,5	8,63	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	30,9	2,17
	7,36		6	9,38	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	33,4	2,19
	8,51		7	10,8	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	38,3	2,23
9	8,33	90	6	10,6	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	48,1	2,43
	9,64		7	12,3	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	55,4	2,47
	10,9		8	13,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	62,3	2,51
10	10,8	100	7	13,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	76,4	2,71
	12,2		8	15,6	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	86,3	2,75
	15,1		10	19,2	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	105	2,83
	17,9		12	22,8	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	122	2,91
11	11,9	110	7	15,2	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	106	2,96
	13,5		8	17,2	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	116	3,0

Номер уголка	Масса 1 м, кг	Размер, мм		$A, \text{см}^2$	$I_x, \text{см}^4$	$i_x, \text{см}$	$I_{x0\max}, \text{см}^4$	$i_{x0\max}, \text{см}$	$I_{y0\min}, \text{см}^4$	$i_{y0\min}, \text{см}$	$ I_{xy} , \text{см}^4$	$z_0, \text{см}$
		b	t									
12,5	15,5	125	8	19,7	294	3,87	467	4,87	122	2,49	172	3,36
	17,3		9	22,0	327	3,86	520	4,86	136	2,48	192	3,40
	19,1		10	24,3	360	3,85	571	4,84	149	2,47	211	3,45
	22,7		12	28,9	422	3,82	670	4,82	174	2,46	248	3,53
14	19,4	140	9	24,7	466	4,34	739	5,47	192	2,79	274	3,78
	21,5		10	27,3	512	4,33	814	5,46	211	2,78	301	3,82
	25,5		12	32,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	354	3,90
16	24,7	160	10	31,4	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	455	4,30
	27,0		11	34,4	844	4,95	1340	6,24	348	3,18	496	4,35
	29,4		12	37,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	537	4,39
	34,0		14	43,6	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	615	4,47
	38,5		16	49,1	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	690	4,55
18	30,5	180	11	38,8	1216	5,60	1933	7,06	500	3,59	716	4,85
	33,1		12	42,2	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	776	4,89

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики. В 2 ч. Ч. 1. Статика. Кинематика / А. А. Яблонский, В. М. Никифоров. – М. : Высш. шк., 1984. – 343 с.
2. Александров, А. В. Сопротивление материалов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. – М. : Высш. шк., 1995. – 560 с. – ISBN 5-06-003732-0.
3. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов / И. Н. Миролюбов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1985. – 399 с.

Оглавление

Введение	3
Задание 1. Определение реакций опор балок.....	4
Задание 2. Расчет геометрических характеристик плоских сечений	10
Задание 3. Расчет на прочность при растяжении-сжатии прямого стержня.....	13
Задание 4. Расчет на прочность балок при изгибе.....	19
Приложения.....	25
Библиографический список.....	31

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИМ РАБОТАМ
ПО ОСНОВАМ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Составители

БУРЛАКОВА Алла Михайловна
ТАНКЕЕВА Маргарита Геннадьевна

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент А.Ф. Ковалев

Редактор Е.В. Невская
Технический редактор Н.В. Тупицына
Корректор Т.В. Климова
Компьютерная верстка С.В. Павлухиной

Подписано в печать 27.04.06.

Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,92. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.