

## 12. РАСЧЕТ БРУСА ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ

Для консольного бруса (рис. 12.1) требуется:

- 1) определить максимальное нормальное напряжение;
- 2) из условия прочности определить характерный размер « $a$ » поперечного сечения бруса;
- 3) определить величину полного перемещения центра тяжести сечения «А», расположенного на свободном крае бруса.

Принять модуль упругости материала бруса  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, расчетное сопротивление для материала бруса  $R = 300$  МПа, коэффициент условия работы  $\gamma_c = 0,8$ , интенсивность распределенной нагрузки  $q = 10 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$ , длина бруса  $L = 2,5$  м.

Ширину и длину одной клетки на рисунке 2.2 принять равными « $a$ ».

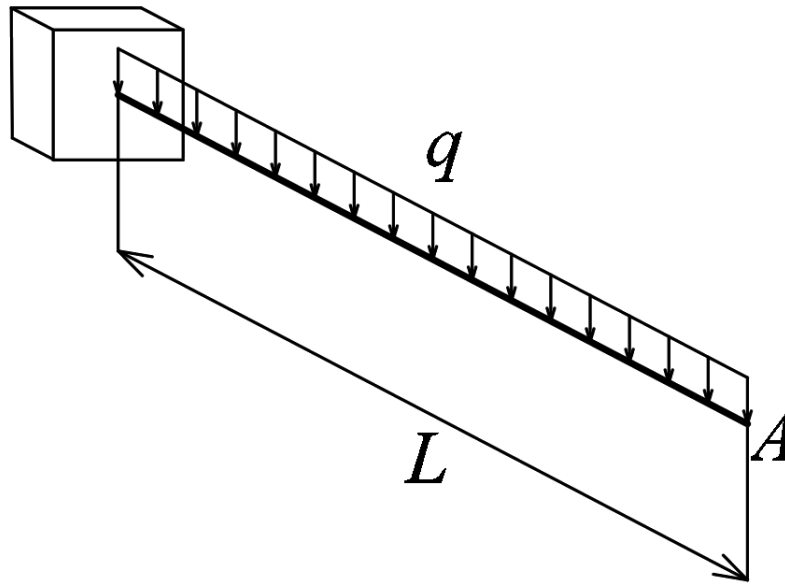


Рис. 12.1

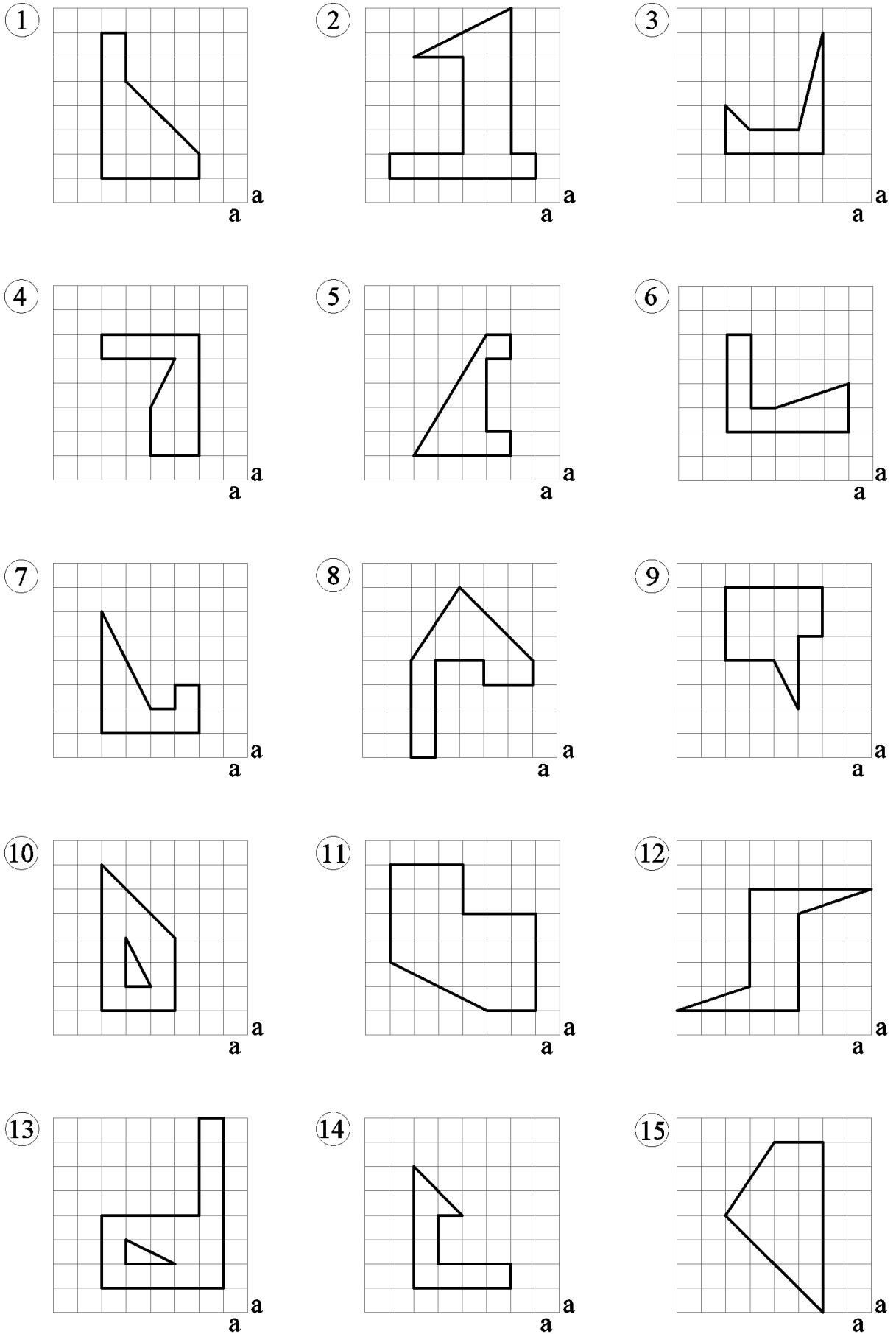


Рис. 12.2

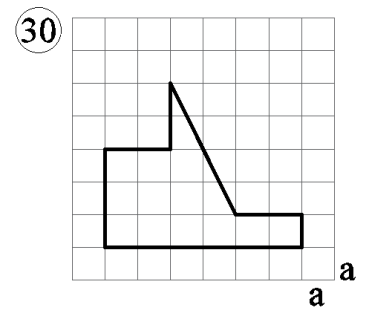
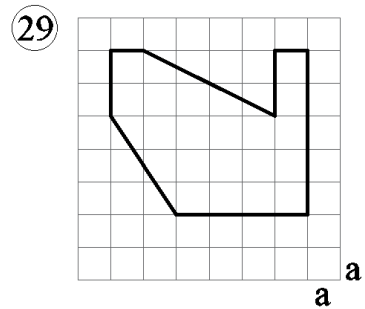
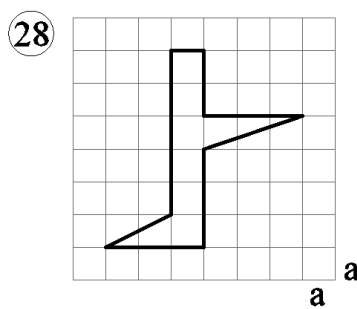
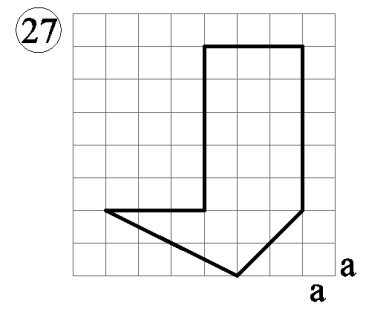
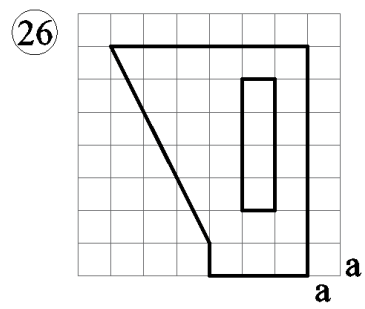
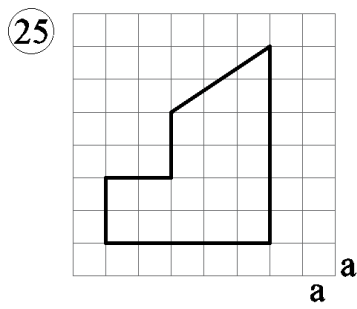
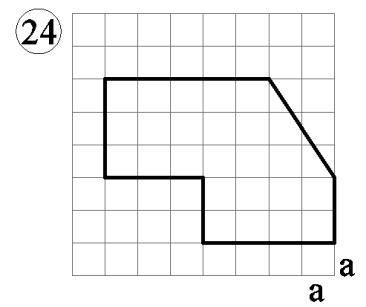
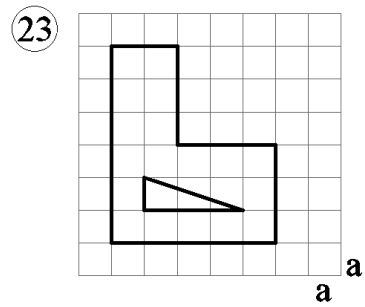
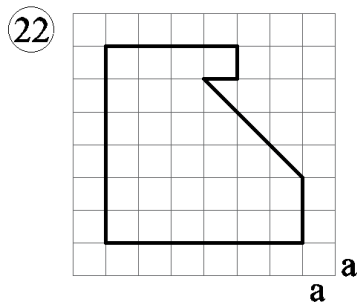
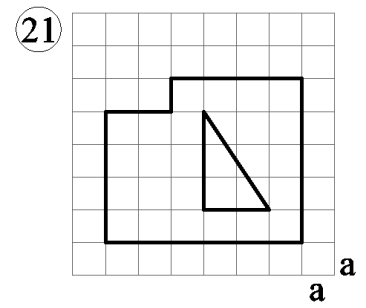
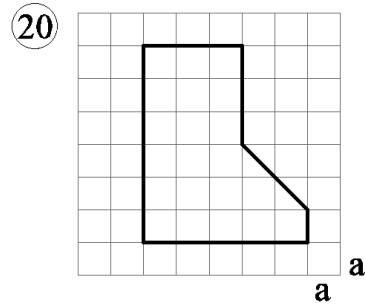
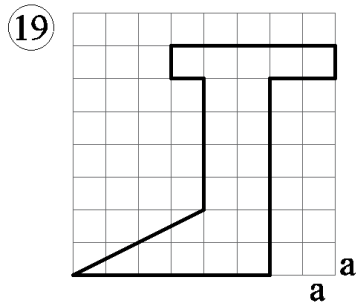
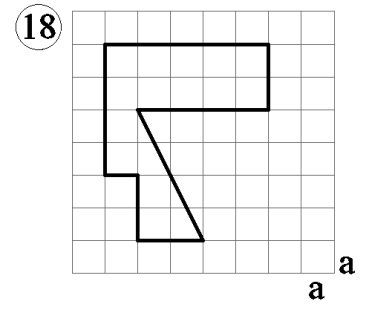
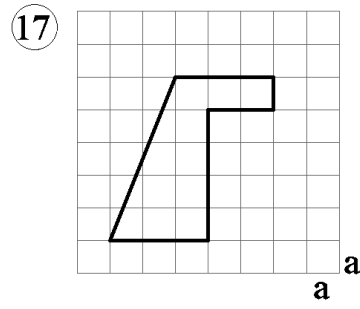
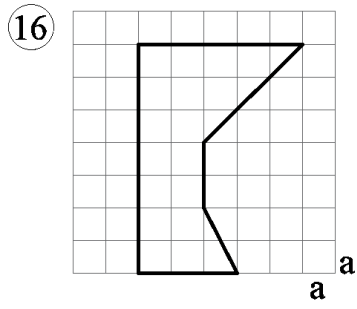


Рис. 12.2 (продолжение)

### 13. РАСЧЕТ БРУСА ПРИ ВНЕЦЕНТРОМ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ

Колонна (рис. 13.1) заданного поперечного сечения (рис. 13.2) нагружена сжимающими силами  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ . Требуется:

- 1) изобразить колонну с заданным поперечным сечением в аксонометрии;
- 2) определить наибольшее нормальное напряжение;
- 3) из условия прочности определить размер « $a$ » поперечного сечения, учитывая различное сопротивление материала колонны растяжению и сжатию;
- 4) определить положение нейтральной линии;
- 5) построить пространственную и плоскую эпюру напряжений для подошвы колонны;
- 6) построить ядро сечения.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 13.1. Размер одной клетки на рис. 13.2 принять равным « $a$ ». Коэффициент условий работы  $\gamma_c=0,9$ .

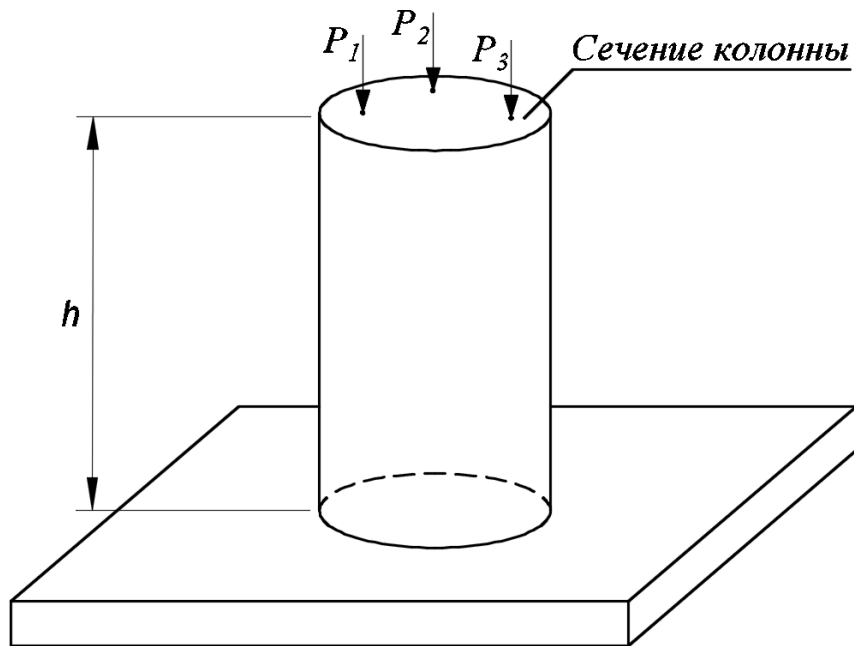


Рисунок 13.1

Таблица 13.1. Исходные данные

№ строки	Высота $h$ , м	Объемный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Силы, кН			Расчетное сопротивление материала $R$ , МПа	
			$P_1$	$P_2$	$P_3$	сжатию	растяжению
1	3,0	1,40	20	65	55	100	25
2	2,6	1,90	25	70	50	110	30
3	2,5	1,20	30	75	45	120	40
4	3,2	1,50	35	20	40	90	20
5	2,8	1,60	40	25	75	80	20
6	2,0	1,70	45	30	70	130	45
7	2,2	1,25	50	35	65	140	50
8	3,5	1,55	55	40	60	100	30
9	2,4	0,80	60	45	35	90	25
0	1,9	0,90	65	50	30	120	35
	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>



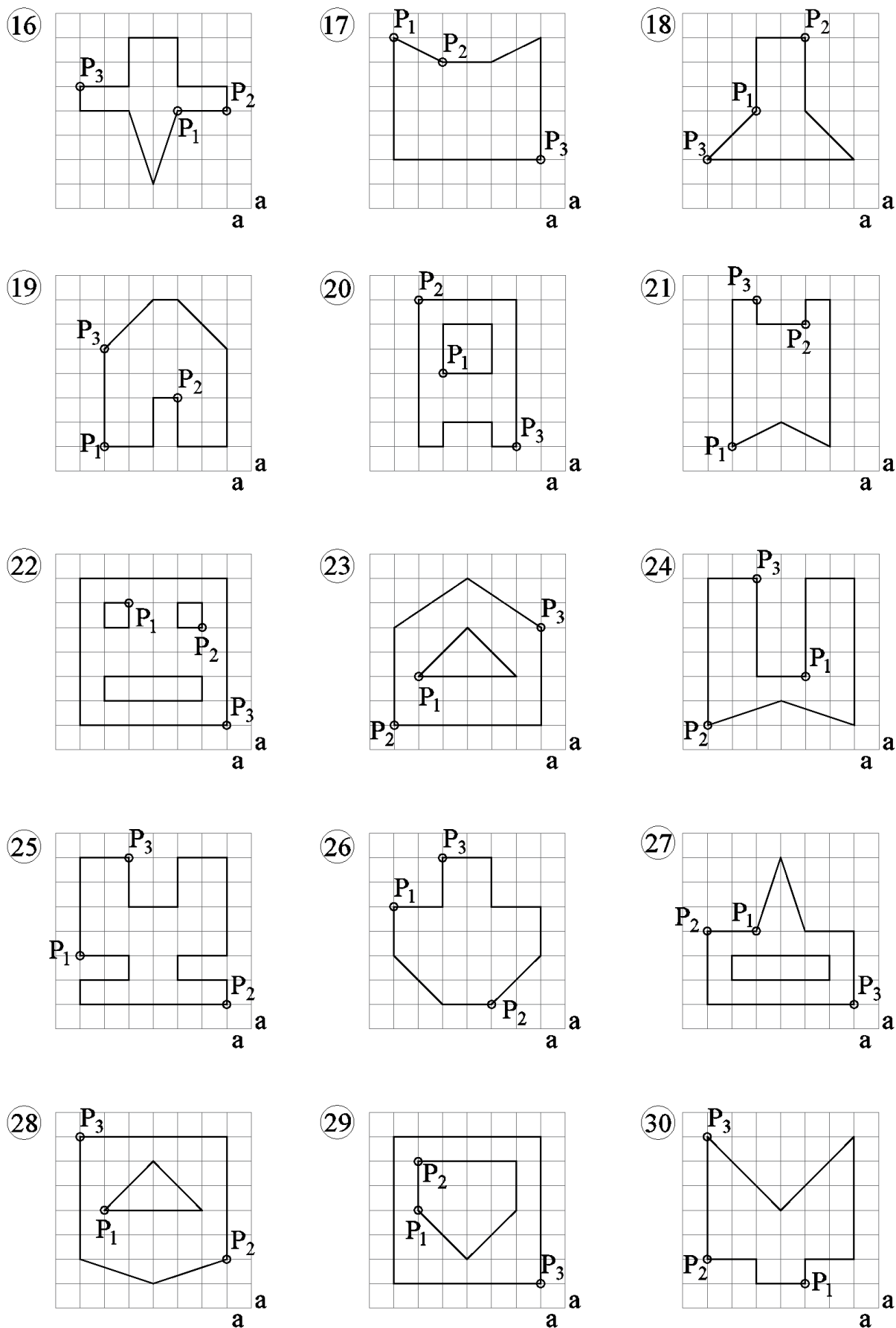


Рис. 13.2 (продолжение)

## 14. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ТОЧКЕ ТЕЛА

В окрестности произвольной точки тела выделен бесконечно малый параллелепипед, на гранях которого действуют напряжения (рис. 14.1).

Требуется:

- 1) определить инварианты тензора напряжений;
- 2) определить главные напряжения;
- 3) определить линейные и угловые деформации по формулам обобщенного закона Гука;
- 4) определить полную удельную потенциальную энергию деформации и удельную потенциальную энергию формоизменения;
- 5) проверить правильность выполнения условия прочности.

При расчетах принять: модуль упругости первого рода  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$ , модуль упругости второго рода  $G = 0,8 \cdot 10^5$  МПа, расчетное сопротивление  $R = 250$  МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 14.1.

Таблица 14.1. Исходные данные

№ строки	Нормальные напряжения, МПа			Касательные напряжения, МПа			Коэффициент условий работы $\gamma_c$
	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{xz}$	
1	-20	20	20	-50	50	50	0,93
2	30	-20	40	30	-50	40	0,91
3	40	30	-30	20	40	-30	0,89
4	-50	30	50	-30	40	20	0,87
5	20	-40	20	50	-30	50	0,85
6	30	40	-40	30	30	-40	0,83
7	-40	50	30	-20	20	30	0,81
8	50	-50	50	40	-20	20	0,79
9	20	20	-20	50	50	-50	0,77
0	-30	20	40	-30	50	40	0,75
	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>



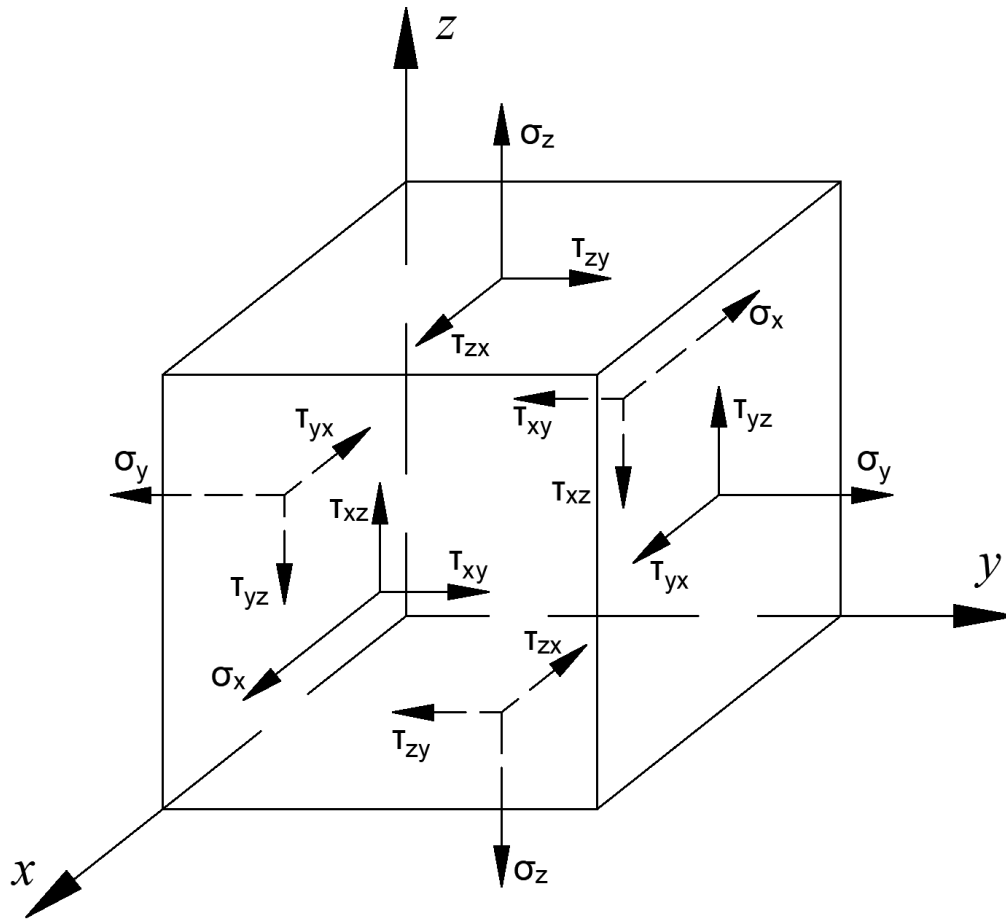


Рис. 14.1

## 15. РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО БРУСА

Для ломаного бруса (рис. 15.3) с заданными линейными размерами (рис. 15.1) требуется:

1) построить эпюры внутренних силовых факторов (продольных и поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов);

2) для наиболее опасного сечения пространственного бруса подобрать размеры поперечного сечения трех типов (рис. 15.2). Для трубчатого сечения принять  $d:D = 0,8$ ; для прямоугольного сечения принять  $h:b = 2:1$  ( $h$  – высота сечения,  $b$  – ширина сечения); для коробчатого сечения принять  $h=20d$ ,  $b=10d$ .

Исходные данные для расчета взять из табл. 15.1. Расчетное сопротивление  $R = 300$  МПа, коэффициент условий работы  $\gamma_c=0,95$ .

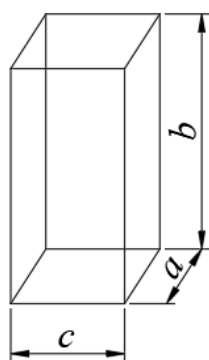


Рис. 4.1

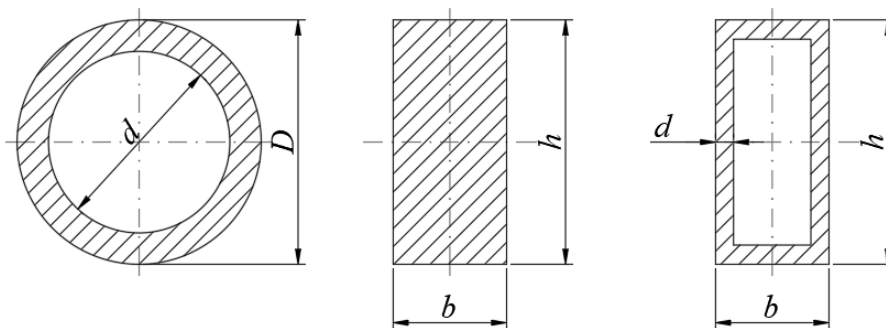


Рис. 4.2

Таблица 15.1. Исходные данные

№ строки	№ схемы	Нагрузки, кН			Размеры, м		
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$a$	$b$	$c$
1	1	2	3	4	0,4	0,6	0,8
2	2	3	4	5	0,5	0,8	1,0
3	3	4	5	6	0,6	1,0	0,4
4	4	5	6	2	0,8	0,4	0,5
5	5	6	2	3	1,0	0,5	0,6
6	6	4	3	6	0,5	0,6	0,8
7	7	6	2	3	0,6	0,8	1,0
8	8	2	5	6	0,4	1,0	0,8
9	9	5	4	3	0,8	1,0	0,4
0	10	2	6	4	1,0	0,8	0,6
	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>

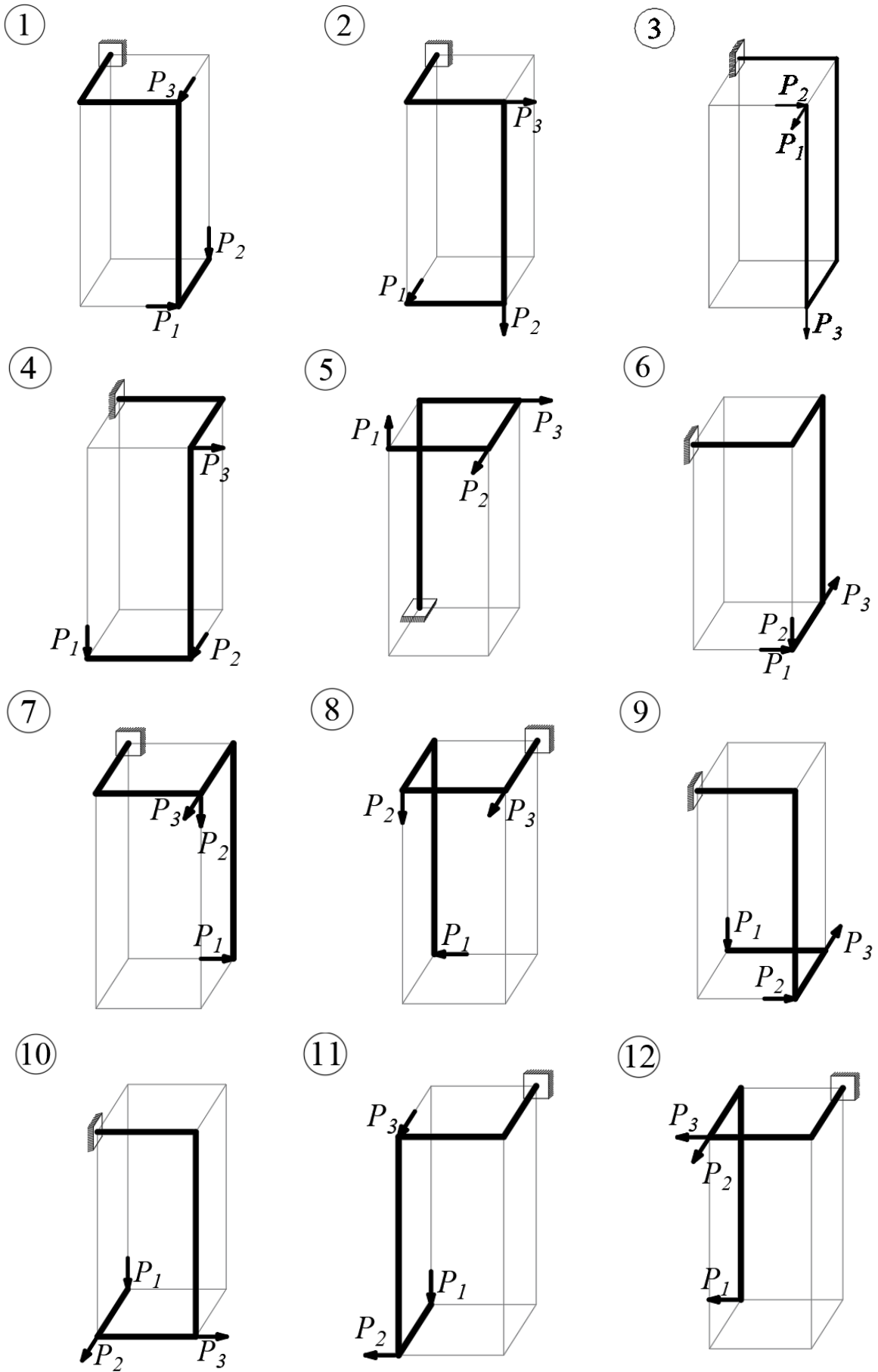


Рис. 15.3

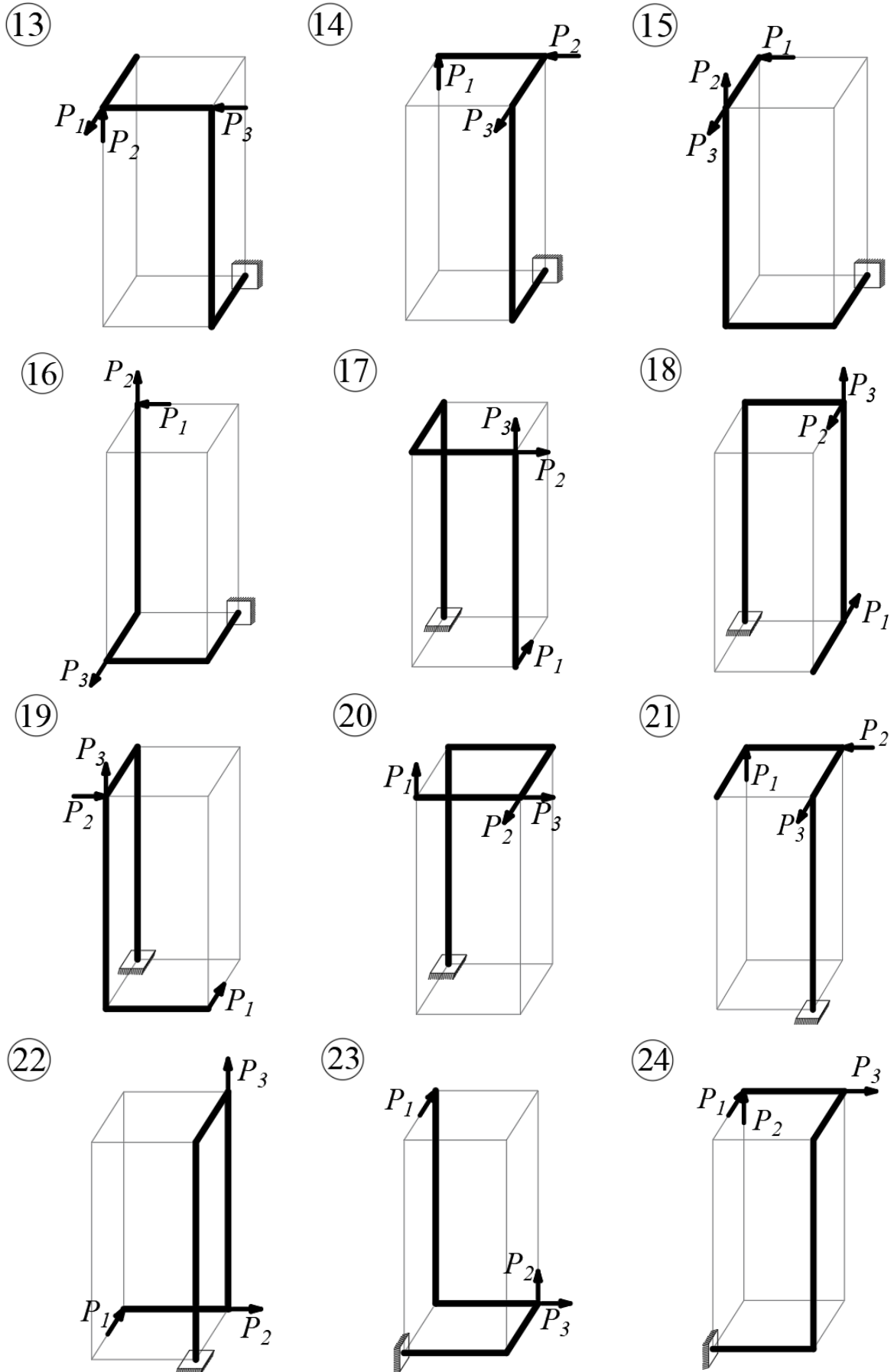


Рис. 15.3 (продолжение)

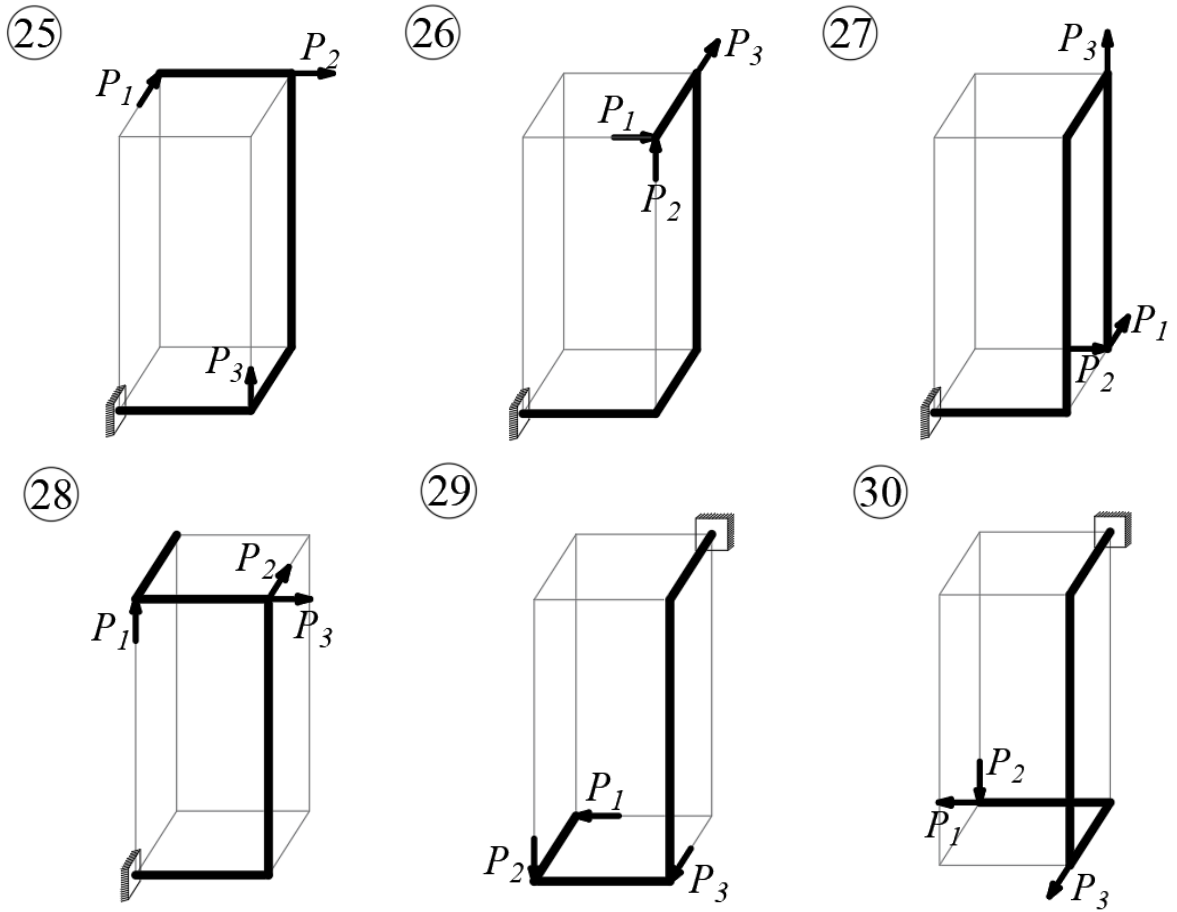


Рис. 15.3 (продолжение)

## 16. РАСЧЕТ БАЛКИ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Для балки на упругом основании (рис. 16.1) требуется построить эпюры изгибающих моментов, поперечных сил, прогибов, углов поворота и интенсивности реакции опоры. При построении эпюр необходимо вычислять числовые значения не менее, чем для десяти сечений балки (в том числе во всех характерных сечениях).

Данные для расчета взять из таблиц 16.1 и 16.2. При расчете принять  $P = \alpha ql$ ;  $M = \beta ql^2$ , расчетное сопротивление  $R = 250$  МПа.

Таблица 16.1. Исходные данные

№ строки	Расч. схема	Схема нагрузки	Коэффициенты			$L, \text{ м}$	$q, \text{ т/м}$	Коэффициент условий работы $\gamma_c$
			$\alpha$	$\beta$	$\gamma$			
1	1	1	0,2	-0,35	0,75	4,0	4,8	0,93
2	2	2	0,3	0,40	0,65	4,5	4,4	0,91
3	3	3	0,4	-0,45	0,55	5,0	3,6	0,89
4	4	4	0,5	0,55	0,45	5,5	2,4	0,87
5	5	5	0,6	-0,50	0,35	6,0	1,6	0,85
6	6	6	0,7	0,10	0,70	6,5	3,0	0,83
7	7	7	0,8	-0,15	0,60	7,0	2,0	0,81
8	8	8	0,9	0,20	0,50	7,5	4,0	0,79
9	9	9	1,0	-0,25	0,40	8,0	5,0	0,77
0	0	0	1,2	0,30	0,30	8,5	1,5	0,75
	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

Таблица 16.2. Исходные данные

№ строки	Модуль упругости, $\text{т/м}^2$	Коэффициент жесткости упругого основания $k, \text{ т/м}^3$	Ширина балки, м	Момент инерции сечения, $\text{м}^4$
1	$0,8 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^3$	1,0	0,40
2	$0,9 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^3$	1,2	0,50
3	$1,0 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^3$	1,4	0,60
4	$1,0 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^3$	1,6	0,44
5	$1,1 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^3$	1,8	0,56
6	$1,2 \cdot 10^6$	$12 \cdot 10^3$	2,0	0,64
7	$0,8 \cdot 10^6$	$14 \cdot 10^3$	1,3	0,48
8	$0,9 \cdot 10^6$	$16 \cdot 10^3$	1,5	0,52
9	$1,2 \cdot 10^6$	$18 \cdot 10^3$	1,7	0,62
0	$1,1 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^3$	1,9	0,58
	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

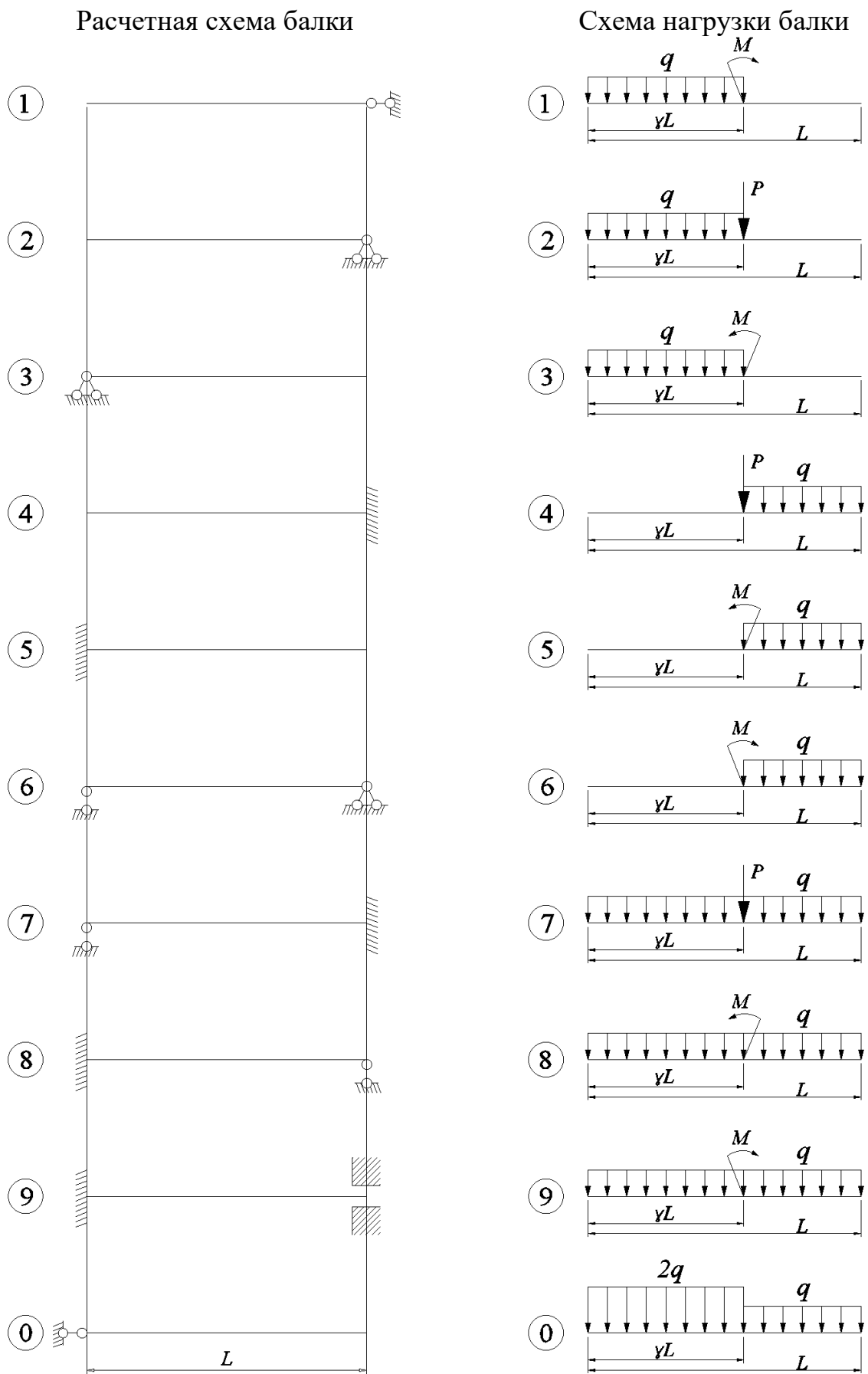


Рис. 16.1

## 17. РАСЧЕТ СТЕРЖНЯ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ИЗГИБЕ

Для сжатого прямолинейного стержня (рис. 17.2) требуется:

- 1) подобрать прямоугольное поперечное сечение с соотношением сторон  $h:b = 2:1$  (рис. 17.1а);
- 2) подобрать двутавровое поперечное сечение согласно ГОСТ Р 57837-2017 (рис. 17.1б).

В расчетах принять коэффициент условий работы  $\gamma_c=0,9$ . Подбор размеров поперечного сечения производить с применением коэффициента снижения допускаемого напряжения. Исходные данные для расчета следует взять из таблицы 17.1. Справочные данные, необходимые для решения, приведены в приложениях Ж-И.

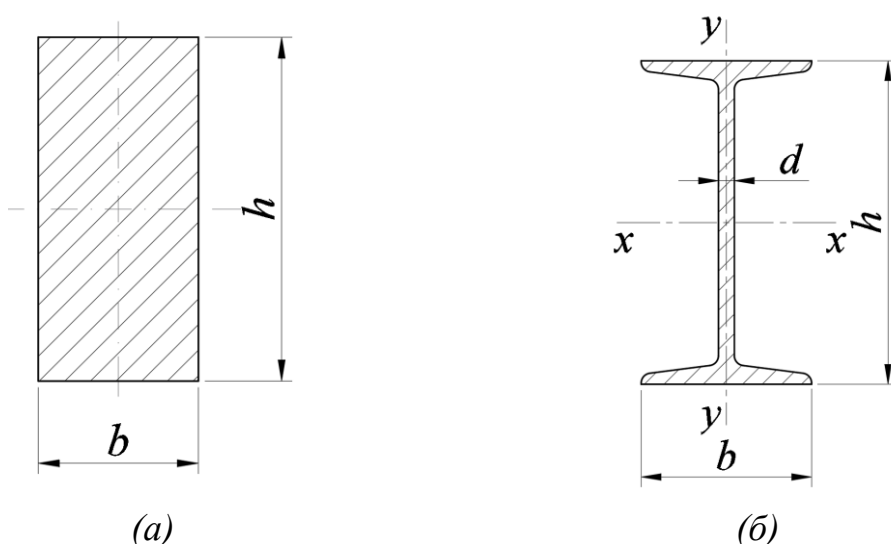


Рис. 17.1

Таблица 17.1. Исходные данные

№ строки	№ схемы	$l$ , м	$P$ , кН	Материал стойки	Расчетное сопротивление $R$ , МПа
1	2	2	450	Сталь Ст. 2	170
2	3	2,5	400	Сталь Ст. 3	185
3	5	3	350	Сталь 20	210
4	4	3,5	300	Сталь Ст. 5	225
5	1	4	250	Сталь 45	260
6	6	4,5	200	Дюралюминий Д16Т	160
7	8	5	450	Чугун	170
8	7	2	400	Сосна	15
9	9	2,5	350	Ель	15
0	10	3	300	Сталь Ст. 4	210
	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	



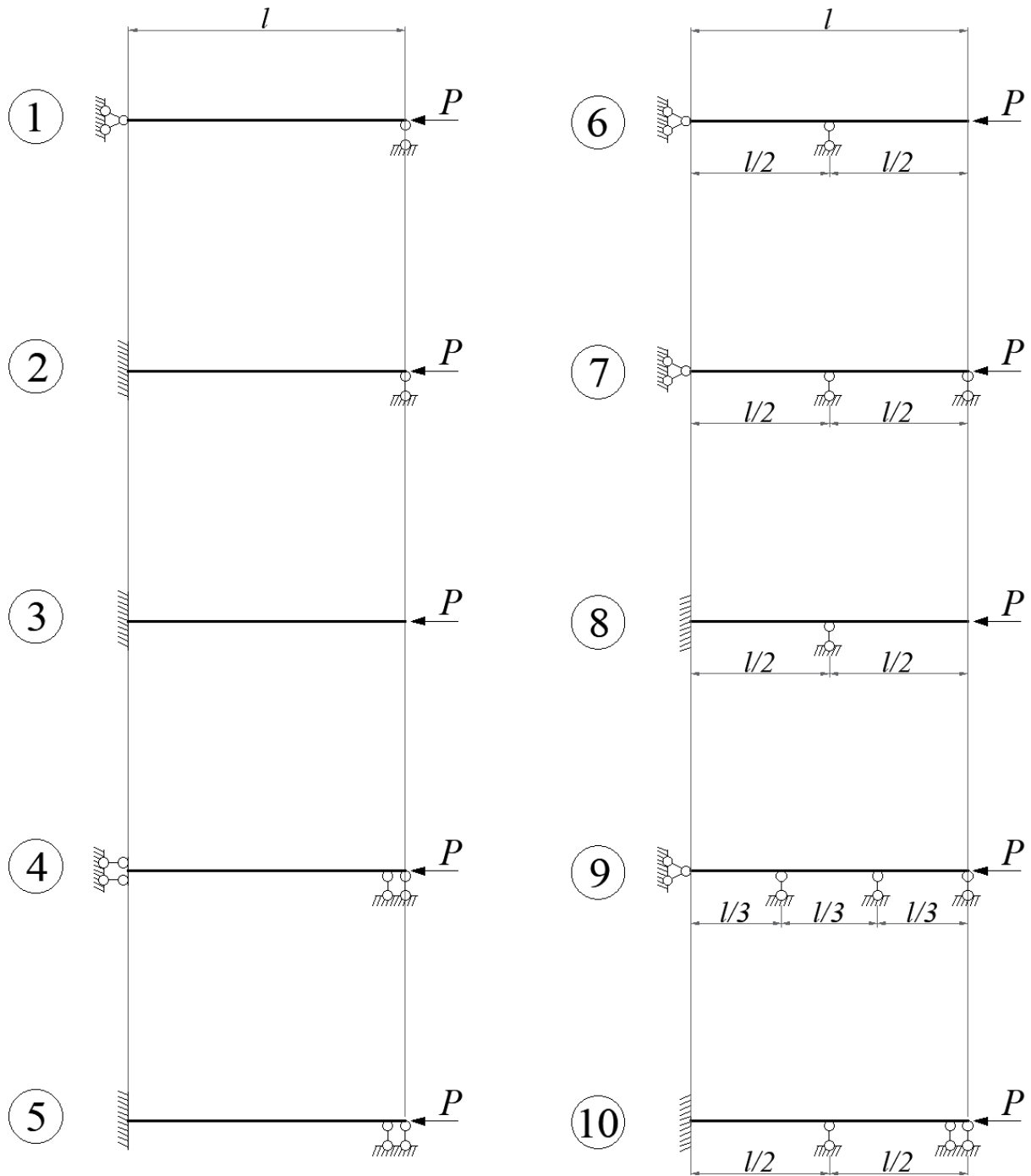


Рис. 17.2

## 18. РАСЧЕТ СТЕРЖНЯ ПРИ ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Для стержня, изображенного на рис. 18.1, требуется определить максимальное нормальное напряжение и максимальный прогиб. Поперечное сечение балки изображено на рис. 18.2, схема нагружения на рис. 18.3.

Данные для расчета взять из таблицы 18.1. В расчетах принять модуль упругости первого рода  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Расчет на продольно-поперечный изгиб ведется в предположении, что продольный изгиб из плоскости действия нагрузок невозможен. Максимальный прогиб вычислять по приближенным формулам продольно-поперечного изгиба.

Таблица 18.1. Исходные данные

№ строки	№ схемы балки	№ схемы нагружения	Сечение балки	Длина, м		P, кН	q, кН/м	k
				L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>			
1	1	1	Тип 1 (h = 24 см)	1,0	1,1	5	5	0,10
2	2	2	Тип 2 (Двутавр №25Б1)	1,1	1,2	6	8	0,15
3	3	3	Тип 1 (h = 27 см)	1,2	1,3	7	10	0,20
4	4	4	Тип 2 (Двутавр №25Б4)	1,3	1,4	8	15	0,25
5	1	5	Тип 1 (h = 30 см)	1,4	1,5	9	20	0,30
6	2	6	Тип 2 (Двутавр №30Б1)	1,5	1,6	10	25	0,35
7	3	7	Тип 1 (h = 33 см)	1,6	1,7	11	30	0,40
8	4	8	Тип 2 (Двутавр №30Б4)	1,7	1,8	12	5	0,45
9	1	9	Тип 1 (h = 36 см)	1,8	1,9	13	8	0,50
0	2	0	Тип 2 (Двутавр №35Б1)	1,9	2,0	14	10	0,55
	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

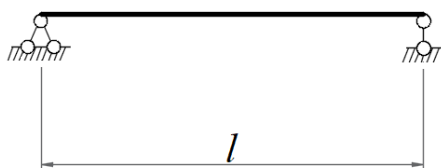


Рис. 18.1

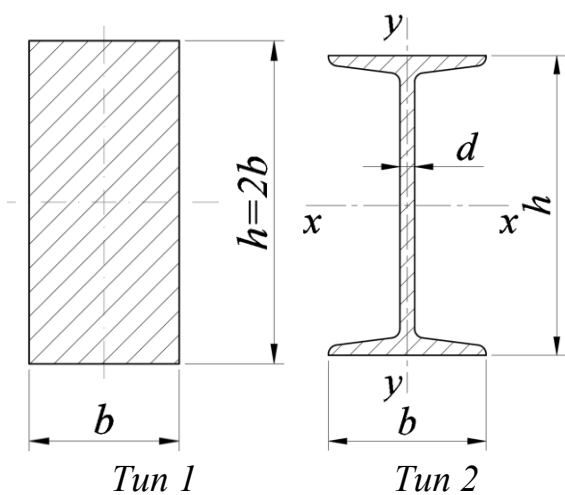


Рис. 18.2

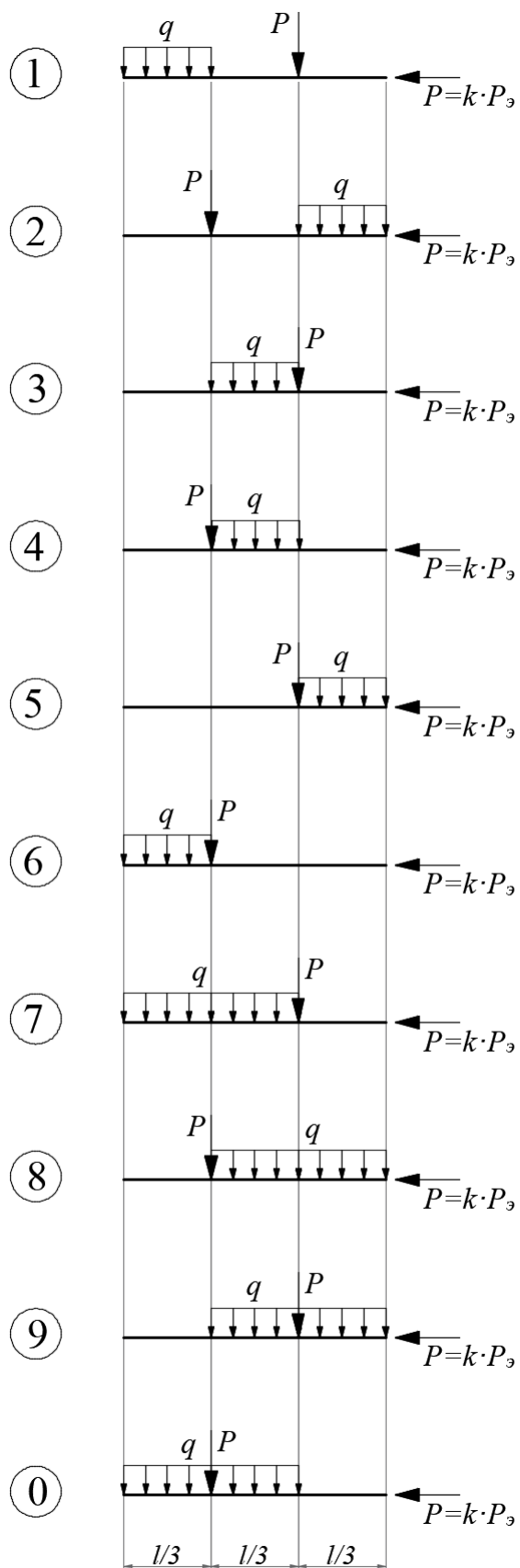


Рис. 18.3

## 19. РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРИ УДАРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Стержневая статически определимая система (рис. 19.1) подвержена ударному воздействию груза весом  $G$ , который падает с высоты  $H$  или ударяется со скоростью  $V$ . Поперечное сечение конструкции – двутавровое. Требуется:

- 1) определить перемещение в точке удара;
- 2) определить наибольшее нормальное напряжение.

Данные для расчета взять из таблицы 19.1.

Таблица 19.1 Исходные данные

№ строки	Поперечное сечение	Длина, м			$G$ , Н	$V$ , м/с	$h$ , см
		$l_1$	$l_2$	$l_3$			
1	Двутавр №18Б1	2,0	1,5	1,0	5000	1	5,0
2	Двутавр №18Б2	3,0	2,0	1,5	6000	1,5	6,0
3	Двутавр №20Б1	3,5	2,5	2,0	9000	1,3	2,0
4	Двутавр №20Б3	4,0	3,0	2,5	7500	2,0	3,0
5	Двутавр №25Б1	4,5	3,5	3,0	8500	1,7	4,0
6	Двутавр №25Б3	5,0	4,0	3,5	5500	1,8	7,0
7	Двутавр №30Б1	5,5	4,5	4,0	6500	1,9	8,0
8	Двутавр №30Б3	2,0	1,5	1,0	7000	1,2	9,0
9	Двутавр №35Б1	3,0	2,0	1,5	9500	1,1	2,5
0	Двутавр №35Б3	3,5	2,5	2,0	10000	1,4	3,5
	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>

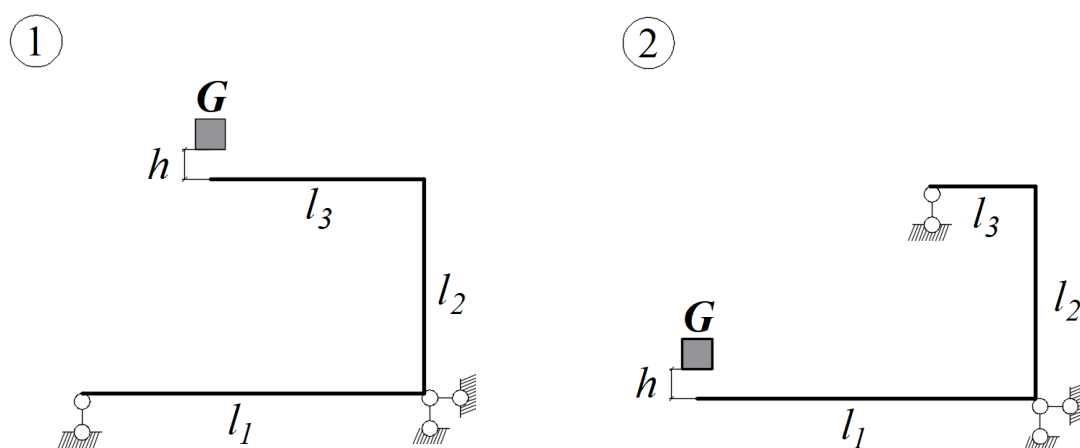


Рис. 19.1

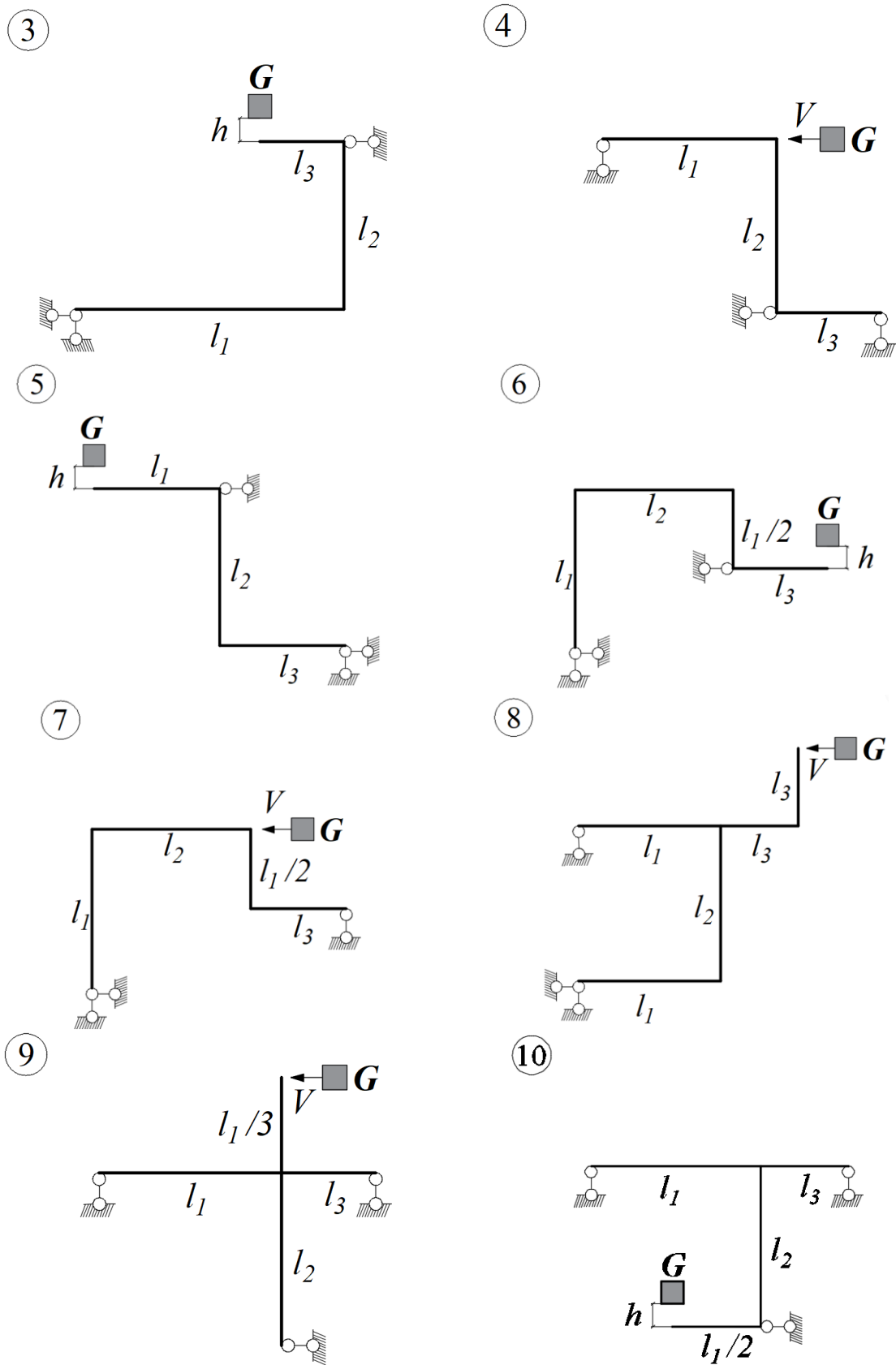


Рис. 19.1 (продолжение)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов: учебное пособие / В. И. Феодосьев. — 17-е изд. — Москва: МГТУ им. Баумана, 2018. — 542 с. — ISBN 978-5-7038-4819-7.

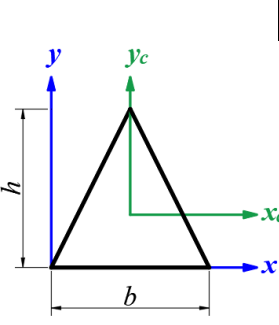
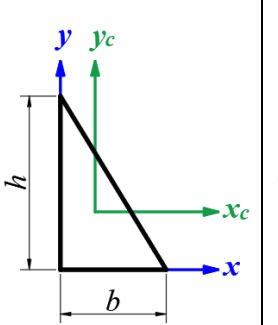
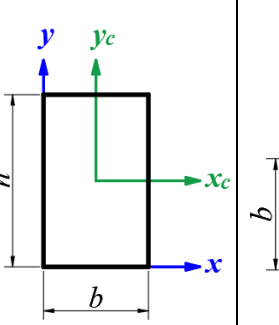
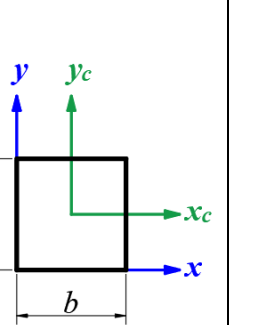
2. Сопротивление материалов (с примерами решения задач) [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению "Строительство" / Н. М. Атаров [и др.]; под ред. Н. М. Атарова. - Москва: КноРус, 2017. - 330, [1] с.: рис., табл. - (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 331. - ISBN 978-5-406-04555-8 (в пер.)

## Приложение А. Геометрические характеристики простейших фигур

В таблице А.1 приняты следующие условные обозначения:

- $A$  – площадь поперечного сечения;
- $X_c$  - центр тяжести по оси  $X$ ;
- $Y_c$  - центр тяжести по оси  $Y$ ;
- $J_{xc}$  - осевой момент инерции относительно оси  $X_c$ ;
- $J_{yc}$  - осевой момент инерции относительно оси  $Y_c$ ;
- $J_{xyc}$  - центробежный момент инерции;
- $J_p$  - полярный момент инерции.

Таблица А.1

				
$A$	$bh$	$\frac{bh}{2}$	$bh$	$b^2$
$X_c$	$\frac{b}{2}$	$\frac{b}{3}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{b}{2}$
$Y_c$	$\frac{h}{3}$	$\frac{h}{3}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{b}{2}$
$J_{xc}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{b^4}{12}$
$J_{yc}$	$\frac{hb^3}{48}$	$\frac{hb^3}{36}$	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{b^4}{12}$
$J_{xyc}$	0	$-\frac{b^2h^2}{72}$	0	0

		$\alpha = \frac{D_1}{D_2}$	$\delta \leq \frac{D}{10}$
A	$\pi R^2$	$\pi R^2 \cdot [1 - \alpha^2]$	$\pi D \delta$
$x_c$	$R$	$R$	$R$
$y_c$	$R$	$R$	$R$
$J_{x_c}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64} \cdot [1 - \alpha^4]$	$\frac{\pi D^3 \delta}{8}$
$J_{y_c}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64} \cdot [1 - \alpha^4]$	$\frac{\pi D^3 \delta}{8}$
$J_{x_{y_c}}$	0	0	0
$J_\rho$	$\frac{\pi D^4}{32}$	$\frac{\pi D^4}{32} \cdot [1 - \alpha^4]$	$\frac{\pi D^3 \delta}{4}$



## Приложение Б. Ряды нормальных линейных размеров

В таблице Б.1 приведены некоторые ряды нормальных линейных размеров в диапазоне от 10 до 400 мм в соответствии с ГОСТ 6636-69 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры, предназначенные для применения в машиностроении и рекомендуемые для использования в других отраслях промышленности.

Таблица Б.1

Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
10	10	10	10
			10,5
		11	11
			11,5
	12	12	12
			13
		14	14
			15
16	16	16	16
			17
			18
			19
	20	20	20
			21
		22	22
			24
25	25	25	25
			26
		28	28
			30
	32	32	32
			34
		36	36
			38
40	40	40	40
			42
		45	45
			48
	50	50	50
			53
		56	56
			60
63	63	63	63

Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
			67
		71	71
			75
	80	80	80
			85
		90	90
			95
100	100	100	100
			105
		110	110
			120
	125	125	125
			130
		140	140
			150
160	160	160	160
			170
		180	180
			190
	200	200	200
			210
		220	220
			240
250	250	250	250
			260
		280	280
			300
	320	320	320
			340
		360	360
			380
400	400	400	400

При выборе размеров предпочтение должно отдаваться рядам с более крупной градацией (ряд Ra5 следует предпочитать ряду Ra10; ряд Ra10 — ряду Ra20; ряд Ra20 — ряду Ra40).

## Приложение В. Расчет бруса некруглого сечения при кручении

При кручении бруса некруглого сечения наибольшие касательные напряжения на внешних волокнах посередине длинных сторон прямоугольного сечения и определяются по формуле:

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр}}{W_K}$$

Здесь момент сопротивления при кручении бруса прямоугольного сечения определяется по формуле:

$$W_K = \alpha \cdot h \cdot b^2,$$

где  $h$  – большая сторона (рис. В.1);

$b$  – меньшая сторона;

$\alpha$  – безразмерный коэффициент, зависящий от соотношения сторон.

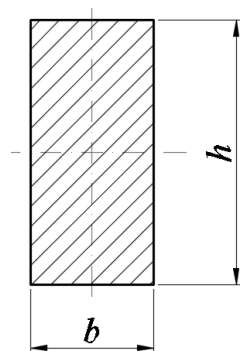


Рисунок В.1

Касательные напряжения по середине коротких сторон меньше и определяются по формуле:

$$\tau = \gamma \cdot \tau_{max}$$

Относительный угол закручивания определяется по формуле:

$$\theta = \frac{M_{кр}}{G \cdot J_K}$$

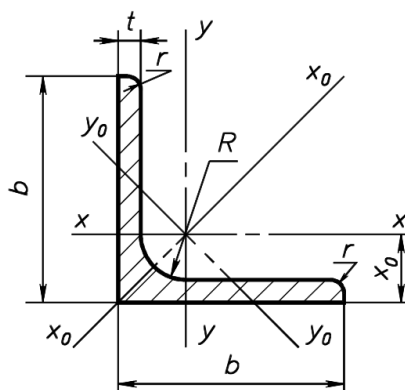
где момент инерции прямоугольного сечения при кручении  $J_K = \beta \cdot h \cdot b^3$ .

Коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  зависят от соотношения  $h/b$  и определяются по таблице В.1.

Таблица В.1

h/b	1,0	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	4,0
$\alpha$	0,208	0,231	0,239	0,246	0,258	0,267	0,282
$\beta$	0,141	0,196	0,214	0,229	0,249	0,263	0,281
$\gamma$	1,000	0,859	0,820	0,795	0,766	0,753	0,745

**Приложение Г. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент.**



$b$  – ширина полки,  $t$  – толщина полки,  $s$  – толщина стенки,  $r$  – радиус закругления,  $R$  – радиус внутреннего закругления

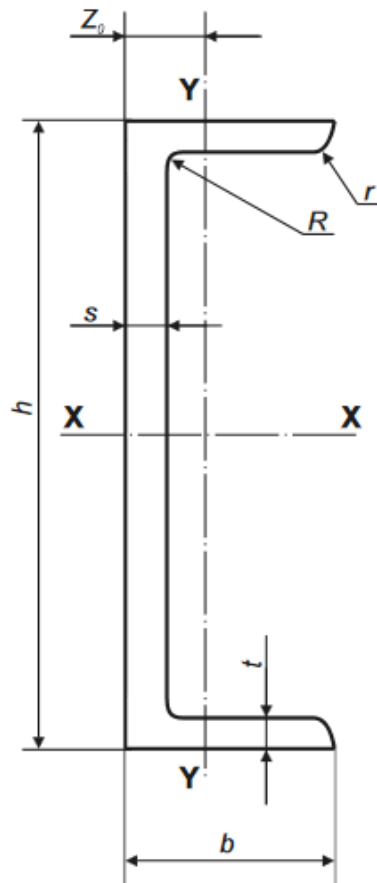
Рисунок Г.1.

Таблица Г.1

Номер уголка	b	t	R	r	Площадь попер. сечения A, см <sup>2</sup>	Справочные значения величин для осей										Масса lм, кг
						x - x			x <sub>0</sub> - x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> - y <sub>0</sub>			I <sub>xy</sub> , см <sup>4</sup>	x <sub>0</sub> , см	
						I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>x0</sub> max, см <sup>4</sup>	i <sub>x0</sub> max, см	I <sub>y0</sub> min, см <sup>4</sup>	W <sub>y0</sub> min, см <sup>3</sup>	i <sub>y0</sub> min, см			
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,40	0,28	0,59	0,63	0,75	0,17	0,20	0,39	0,23	0,60	0,89
		4	3,5	1,2	1,46	0,50	0,37	0,88	0,78	0,73	0,22	0,24	0,38	0,28	0,64	1,15
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	0,81	0,46	0,75	1,29	0,95	0,34	0,33	0,49	0,47	0,73	1,12
		4	3,5	1,2	1,86	1,03	0,59	0,74	1,62	0,93	0,44	0,41	0,48	0,59	0,76	1,46
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,16	0,58	0,85	1,84	1,07	0,48	0,42	0,55	0,68	0,80	1,27
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,45	0,67	0,91	2,30	1,15	0,60	0,53	0,59	0,85	0,85	1,36
		4	4,0	1,3	2,27	1,84	0,87	0,90	2,92	1,13	0,77	0,61	0,58	1,08	0,89	1,78
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,77	0,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,59	0,63	1,03	0,89	1,46
		4	4,5	1,5	2,43	2,26	1,00	0,96	3,58	1,21	0,94	0,71	0,62	1,32	0,94	1,91
3,5	35	3	4,5	1,5	2,04	2,35	0,93	1,07	3,72	1,35	0,97	0,71	0,69	1,37	0,97	1,60
		4	4,5	1,5	2,67	3,01	1,21	1,06	4,76	1,33	1,25	0,88	0,68	1,75	1,01	2,10
		5	4,5	1,5	3,28	3,61	1,47	1,05	5,71	1,32	1,52	1,02	0,68	2,10	1,05	2,58
4	40	3	5,0	1,7	2,35	3,55	1,22	1,23	5,63	1,55	1,47	0,95	0,79	2,08	1,09	1,85
		4	5,0	1,7	3,08	4,58	1,60	1,22	7,26	1,53	1,90	1,19	0,78	2,68	1,13	2,42
		5	5,0	1,7	3,79	5,53	1,95	1,21	8,75	1,52	2,30	1,39	0,78	3,22	1,17	2,98
4,5	45	3	5,0	1,7	2,65	5,13	1,56	1,39	8,13	1,75	2,12	1,24	0,89	3,00	1,21	2,08
		4	5,0	1,7	3,48	6,63	2,04	1,38	10,52	1,74	2,74	1,54	0,89	3,89	1,26	2,73
		5	5,0	1,7	4,29	8,03	2,51	1,37	12,74	1,72	3,33	1,81	0,88	4,71	1,30	3,37
5	50	3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,94	1,55	11,27	1,95	2,95	1,57	1,00	4,16	1,33	2,32
		4	5,5	1,8	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	5,42	1,38	3,05
		5	5,5	1,8	4,80	11,20	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	6,57	1,42	3,77
		6	5,5	1,8	5,69	13,07	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	7,65	1,46	4,47
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	13,10	3,21	1,73	20,79	2,18	5,41	2,52	1,11	7,69	1,52	3,44
		5	6,0	2,0	5,41	15,97	3,96	1,72	25,36	2,16	6,59	2,97	1,10	9,41	1,57	4,25
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	18,86	4,09	1,95	29,90	2,45	7,81	3,26	1,25	11,00	1,69	3,90
		5	7,0	2,3	6,13	23,10	5,05	1,94	36,80	2,44	9,52	3,87	1,25	13,70	1,74	4,81
		6	7,0	2,3	7,28	27,06	5,98	1,93	42,91	2,43	11,18	4,44	1,24	15,90	1,78	5,72
7	70	4,5	8,0	2,7	6,20	29,04	5,61	2,16	46,03	2,72	12,04	4,53	1,39	17,00	1,88	4,87
		5	8,0	2,7	6,86	31,94	6,27	2,16	50,61	2,72	13,22	4,92	1,39	18,70	1,90	5,38
		6	8,0	2,7	8,15	37,58	7,43	2,15	59,64	2,71	15,52	5,66	1,38	22,10	1,94	6,39
		7	8,0	2,7	9,42	42,98	8,57	2,14	68,19	2,69	17,77	6,31	1,37	25,20	1,99	7,39
		8	8,0	2,7	10,67	48,16	9,68	2,12	76,35	2,68	19,97	6,99	1,37	28,20	2,02	8,37

Номер уголка	b	t	R	r	Площадь попер. сечения A, см <sup>2</sup>	Справочные значения величин для осей									Масса 1м, кг	
						x - x			x <sub>0</sub> - x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> - y <sub>0</sub>			I <sub>xy</sub> , см <sup>4</sup>		x <sub>0</sub> , см
						I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>x0</sub> max, см <sup>4</sup>	i <sub>x0</sub> max, см	I <sub>y0</sub> min, см <sup>4</sup>	W <sub>y0</sub> min, см <sup>3</sup>	i <sub>y0</sub> min, см			
мм																
7,5	15	5	9,0	3,0	7,39	39,53	7,21	2,31	62,65	2,91	16,41	5,74	1,49	23,10	2,02	5,80
		6	9,0	3,0	8,78	46,57	8,57	2,30	73,87	2,90	19,28	6,62	1,48	27,30	2,06	6,89
		7	9,0	3,0	10,15	53,34	9,89	2,29	84,61	2,89	22,07	7,43	1,47	31,20	2,10	7,96
		8	9,0	3,0	11,50	59,84	11,18	2,28	94,89	2,87	24,80	8,16	1,47	35,00	2,15	9,02
		9	9,0	3,0	12,83	66,10	12,43	2,27	104,72	2,86	27,48	8,91	1,46	38,60	2,18	10,07
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	52,68	9,03	2,47	83,56	3,11	21,80	7,10	1,59	30,90	2,17	6,78
		6	9,0	3,0	9,38	56,97	9,80	2,47	90,40	3,11	23,54	7,60	1,58	33,40	2,19	7,36
		7	9,0	3,0	10,85	65,31	11,32	2,45	103,60	3,09	26,97	8,55	1,58	38,30	2,23	8,51
		8	9,0	3,0	12,30	73,36	12,80	2,44	116,39	3,08	30,32	9,44	1,57	43,00	2,27	9,65
9	90	6	10,0	3,3	10,61	82,10	12,49	2,78	130,00	3,50	33,97	9,88	1,79	48,10	2,43	8,33
		7	10,0	3,3	12,28	94,30	14,45	2,77	149,67	3,49	38,94	11,15	1,78	55,40	2,47	9,64
		8	10,0	3,3	13,93	106,11	16,36	2,76	168,42	3,48	43,80	12,34	1,77	62,30	2,51	10,93
		9	10,0	3,3	15,60	118,00	18,29	2,75	186,00	3,46	48,60	13,48	1,77	68,00	2,55	12,20
10	100	6,8	12,0	4,0	12,82	122,10	16,69	3,09	193,46	3,89	50,73	13,38	1,99	71,40	2,68	10,06
		7	12,0	4,0	13,75	130,59	17,90	3,08	207,01	3,88	54,16	14,13	1,98	76,40	2,71	10,79
		8	12,0	4,0	15,60	147,19	20,30	3,07	233,46	3,87	60,92	15,66	1,98	86,30	2,15	12,25
		10	12,0	4,0	19,24	178,95	24,97	3,05	283,83	3,84	74,08	18,51	1,96	110,00	2,83	15,10
		12	12,0	4,0	22,80	208,90	29,47	3,03	330,98	3,81	86,84	21,10	1,95	122,00	2,91	17,90
		14	12,0	4,0	26,28	237,15	33,83	3,00	374,98	3,78	99,32	23,49	1,94	138,00	2,99	20,63
		16	12,0	4,0	29,68	263,82	38,04	2,98	416,04	3,74	111,61	25,79	1,94	152,00	3,06	23,30
11	110	7	12,0	4,0	15,15	175,61	21,83	3,40	278,54	4,29	72,68	17,36	2,19	106,00	2,96	11,89
		8	12,0	4,0	17,20	198,17	24,77	3,39	314,51	4,28	81,83	19,29	2,18	116,00	3,00	13,50
12,5	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	32,20	3,87	466,76	4,87	121,98	25,67	2,49	172,00	3,36	15,46
		9	14,0	4,6	22,00	327,48	36,00	3,86	520,00	4,86	135,88	28,26	2,48	192,00	3,40	17,30
		10	14,0	4,6	24,33	359,82	39,74	3,85	571,04	4,84	148,59	30,45	2,47	211,00	3,45	19,10
		12	14,0	4,6	28,89	422,23	47,06	3,82	670,02	4,82	174,43	34,94	2,46	248,00	3,53	22,68
		14	14,0	4,6	33,37	481,76	54,17	3,80	763,90	4,78	199,62	39,10	2,45	282,00	3,61	26,20
14	140	16	14,0	4,6	37,77	538,56	61,09	3,78	852,84	4,75	224,29	43,10	2,44	315,00	3,68	29,65
		9	14,0	4,6	24,72	465,72	45,55	4,34	739,42	5,47	192,03	35,92	2,79	274,00	3,76	19,41
		10	14,0	4,6	27,33	512,29	50,32	4,33	813,62	5,46	210,96	39,05	2,78	301,00	3,82	21,45
16	160	12	14,0	4,6	32,49	602,49	59,66	4,31	956,98	5,43	248,01	44,97	2,76	354,00	3,90	25,50
		10	16,0	5,3	31,43	774,24	66,19	4,96	1229,10	6,25	319,33	52,52	3,19	455,00	4,30	24,67
		11	16,0	5,3	34,42	844,21	72,44	4,95	1340,06	6,24	347,77	56,53	3,18	496,00	4,35	27,02
		12	16,0	5,3	37,39	912,89	78,62	4,94	1450,00	6,23	375,78	60,53	3,17	537,00	4,39	29,35
		14	16,0	5,3	43,57	1046,47	90,77	4,92	1662,13	6,20	430,81	68,15	3,16	615,00	4,47	34,20
		16	16,0	5,3	49,07	1175,19	102,64	4,89	1865,73	6,17	484,64	75,92	3,14	690,00	4,55	38,52
		18	16,0	5,3	54,79	1290,24	114,24	4,87	2061,03	6,13	537,46	82,08	3,13	771,00	4,63	43,01
		20	16,0	5,3	60,40	1418,85	125,60	4,85	2248,26	6,10	589,43	90,02	3,12	830,00	4,70	47,41

Приложение Д. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные.  
Сортамент



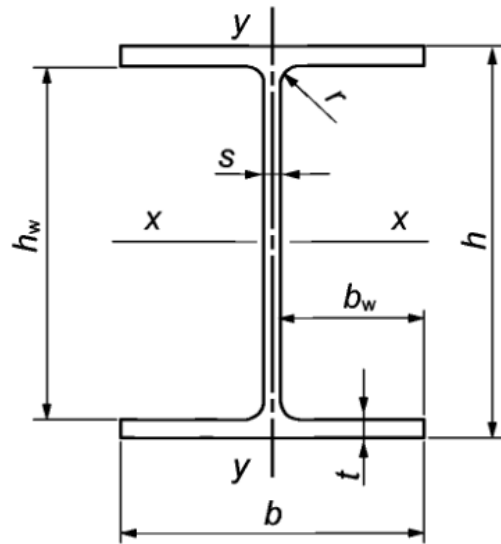
$h$  – высота,  $b$  – ширина полки,  $t$  – толщина полки,  $s$  – толщина стенки,  $r$  – радиус закругления полки,  $R$  – радиус внутреннего закругления

Рисунок Д.1

Таблица Д.1

Номер швеллера	Размеры						Площадь попер. сечения $A$ , $\text{см}^2$	Масса $l$ м, кг	Справочные данные для осей							$Z_0$ , см
	$h$	$b$	$s$	$t$	$R$	$r$			X - X				Y - Y			
	мм								$I_x$ , $\text{см}^4$	$W_x$ , $\text{см}^3$	$i_x$ , см	$S_x$ , $\text{см}^3$	$I_y$ , $\text{см}^4$	$W_y$ , $\text{см}^3$	$i_y$ , см	
5П	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,61	5,95	2,99	0,98	1,21
6,5П	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	7,51	5,90	48,8	15	2,55	9,02	9,35	4,06	1,12	1,29
8П	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	8,98	7,05	89,8	22,5	3,16	13,3	13,9	5,31	1,24	1,38
10П	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90	8,59	175	34,9	3,99	20,5	22,6	7,37	1,44	1,53
12П	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30	10,40	305	50,8	4,79	29,7	34,9	9,84	1,62	1,66
14П	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60	12,30	493	70,4	5,61	40,9	51,5	12,9	1,81	1,82
16П	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,10	14,20	750	93,8	6,44	54,3	72,8	16,4	2,00	1,97
16аП	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50	15,30	827	103	6,51	59,5	90,5	19,6	2,15	2,19
18П	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70	16,30	1090	121	7,26	70	100	20,6	2,20	2,14
18аП	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20	17,40	1200	133	7,34	76,3	123	24,3	2,35	2,36
20П	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40	18,40	1530	153	8,08	88	134	25,2	2,39	2,30
22П	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70	21,00	2120	193	8,90	111	178	31,0	2,58	2,47
24П	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60	24,00	2910	243	9,75	139	248	39,5	2,85	2,72
27П	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20	27,70	4180	310	10,9	178	314	46,7	2,99	2,78
30П	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50	31,80	5830	389	12,0	224	393	54,8	3,12	2,83
33П	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50	36,50	8010	486	13,1	281	491	64,6	3,25	2,90
36П	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40	41,90	10850	603	14,3	350	611	76,3	3,38	2,99
40П	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50	48,30	15260	763	15,8	445	760	89,9	3,51	3,05

**Приложение Е. ГОСТ Р 57837-2017. Двутавры стальные  
горячекатаные с параллельными гранями полки. Технические  
условия.**



$h$  – высота двутавра,  $h_w$  – высота стенки двутавра в свету,  $b$  – ширина полки,  $b_w$  – свес полки,  $t$  – толщина полки,  $s$  – толщина стенки,  $r$  – радиус скругления

Рисунок Е.1

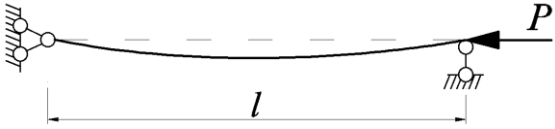
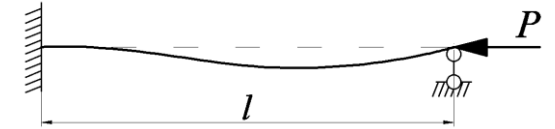
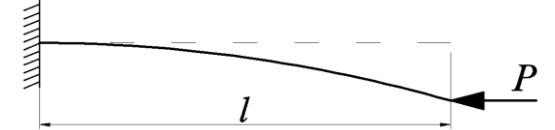
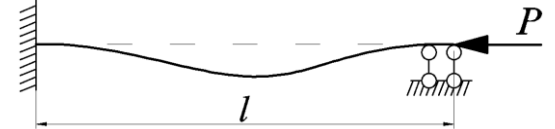
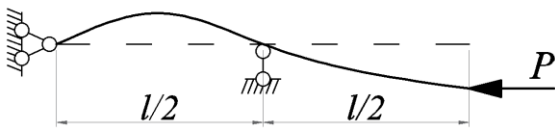
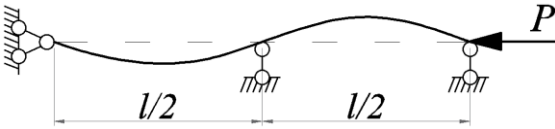
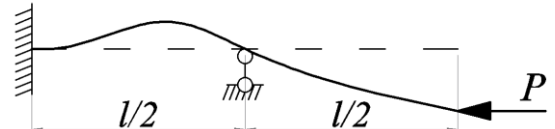
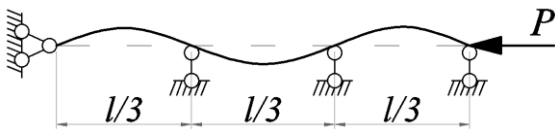
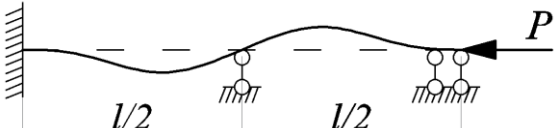
Таблица Е.1

Номер профиля	Номинальные размеры								Площадь попер. сечения $A_w$ , $см^2$	Масса 1м двугавра, кг	Справочные величины для осей профиля						
	$h$	$b$	$s$	$t$	$h_w$	$b_w$	$r$	$мм$									
								$I_x$ , $см^4$			$W_x$ , $см^3$	$S_x$ , $см^3$	$i_x$ , $мм$	$I_y$ , $см^4$	$W_y$ , $см^3$	$S_y$ , $см^3$	$i_y$ , $мм$
Тип Б – Балочные нормальные двугавры																	
10Б1	100,0	55,0	4,1	5,7	88,6	25,45	7,0	10,32	8,10	171,01	34,20	19,70	40,70	15,92	5,79	4,57	12,42
12Б1	117,6	64,0	3,8	5,1	107,4	30,10	7,0	11,03	8,70	257,36	43,80	24,94	48,30	22,39	7,00	5,49	14,25
12Б2	120,0	64,0	4,4	6,3	107,4	29,80	7,0	13,21	10,40	317,75	53,00	30,36	49,04	27,67	8,65	6,79	14,47
14Б1	137,4	73,0	3,8	5,6	126,2	34,60	7,0	13,39	10,50	434,86	63,30	35,80	56,98	36,42	9,98	7,76	16,49
14Б2	140,0	73,0	4,7	6,9	126,2	34,15	7,0	16,43	12,90	541,22	77,30	44,17	57,40	44,92	12,31	9,62	16,54
16Б1	157,0	82,0	4,0	5,9	145,2	39,00	9,0	16,18	12,70	689,28	87,80	49,55	65,27	54,43	13,27	10,35	18,34
16Б2	160,0	82,0	5,0	7,4	145,2	38,50	9,0	20,09	15,80	869,29	108,70	61,93	65,78	68,31	16,66	13,05	18,44
18Б1	177,0	91,0	4,3	6,5	164,0	43,35	9,0	19,58	15,40	1062,74	120,10	67,66	73,68	81,89	18,00	13,98	20,45
18Б2	180,0	91,0	5,3	8,0	164,0	42,85	9,0	23,95	18,80	1316,96	146,30	83,21	74,16	100,85	22,16	17,30	20,52
20Б0	198,0	99,0	4,5	7,0	184,0	47,25	11,0	23,18	18,20	1581,56	159,80	89,88	82,60	113,62	22,95	17,86	22,14
20Б1	200,0	100,0	5,5	8,0	184,0	47,25	11,0	27,16	21,30	1844,26	184,40	104,73	82,41	133,91	26,78	20,97	22,21
20Б2	203,0	101,0	6,5	9,5	184,0	47,25	11,0	32,19	25,30	2218,49	218,60	124,99	83,02	163,93	32,46	25,50	22,57
20Б3	208,0	102,0	8,0	12,0	184,0	47,00	11,0	40,24	31,60	2852,62	274,30	158,46	84,20	213,50	41,86	33,02	23,03
25Б1	248,0	124,0	5,0	8,0	232,0	59,50	12,0	32,68	25,70	3537,11	285,30	159,68	104,04	254,85	41,11	31,80	27,93
25Б2	250,0	125,0	6,0	9,0	232,0	59,50	12,0	37,66	29,60	4051,73	324,10	182,93	103,73	293,85	47,02	36,55	27,93
25Б3	255,0	126,0	7,5	11,5	232,0	59,25	12,0	47,62	37,40	5238,16	410,80	233,88	104,88	384,79	61,08	47,67	28,43
25Б4	260,0	127,0	9,0	14,0	232,0	59,00	12,0	57,68	45,30	6481,01	498,50	286,25	106,00	480,07	75,60	59,24	28,85
30Б1	298,0	149,0	5,5	8,0	282,0	71,75	13,0	40,80	32,00	6318,22	424,00	237,53	124,44	442,00	59,33	45,88	32,91
30Б2	300,0	150,0	6,5	9,0	282,0	71,75	13,0	46,78	36,70	7209,26	480,60	271,06	124,14	507,53	67,67	52,56	32,94
30Б3	305,0	151,0	8,0	11,5	282,0	71,50	13,0	58,74	46,10	9254,92	606,90	344,37	125,52	661,88	87,67	68,31	33,57
30Б4	310,0	152,0	9,5	14,0	282,0	71,25	13,0	70,80	55,60	11381,41	734,30	419,40	126,79	822,37	108,21	84,60	34,08
35Б1	346,0	174,0	6,0	9,0	328,0	84,00	14,0	52,68	41,40	11094,49	641,30	358,09	145,12	791,54	90,98	70,11	38,76
35Б2	350,0	175,0	7,0	11,0	328,0	84,00	14,0	63,14	49,60	13559,01	774,80	433,96	146,54	984,34	112,50	86,79	39,48
35Б3	355,0	176,0	8,5	13,5	328,0	83,75	14,0	77,08	60,50	16797,02	946,30	533,54	147,62	1229,36	139,70	108,13	39,94
35Б4	361,0	177,0	10,0	16,5	328,0	83,50	14,0	92,89	72,90	20719,71	1147,90	651,07	149,35	1528,90	172,76	134,02	40,57



## Приложение Ж. Коэффициенты приведения длины

Таблица Ж.1

Способ закрепления	Коэффициент приведения длины $\beta$
	1
	0,7
	2
	0,5
	1,35
	0,5
	1,26
	0,33
	0,35

**Приложение 3. Зависимость коэффициента снижения допускаемого  
напряжения от гибкости стержня**

Таблица 3.1

$\lambda$	Сталь Ст. 2 Ст. 3 Ст. 4	Ст. 5	Чугун	Дерево
0	1	1	1	1
10	0,99	0,98	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,91	0,97
30	0,94	0,91	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,57	0,8
60	0,86	0,82	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,34	0,6
80	0,75	0,7	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,2	0,38
100	0,6	0,51	0,16	0,31
110	0,52	0,43	-	0,25
120	0,45	0,36	-	0,22
130	0,4	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	-	0,1
190	0,21	0,17	-	0,09
200	0,19	0,16	-	0,08
210	0,17	0,14	-	-
220	0,16	0,13	-	-

## Приложение II. Характеристики материала

Таблица И.1

Материал	E, МПа	$\sigma_{\text{пл}}$ , МПа	a, МПа	b, МПа	c, МПа	$\lambda_0$	$\lambda_{\text{пред}}$
Сталь Ст. 2	$2 \cdot 10^5$	180	264	0,7	-	60	105
Сталь Ст. 3	$2 \cdot 10^5$	200	310	1,14	-	60	100
Сталь Ст. 4 Сталь 20	$2 \cdot 10^5$	217	328	1,15	-	60	96
Сталь Ст. 5	$2 \cdot 10^5$	240	343	1,13	-	57	61
Сталь 45	$2 \cdot 10^5$	270	449	1,67	-	52	85
Дюралюминий Д16Т	$0,7 \cdot 10^5$	170	406	2,83	-	30	65
Чугун	$1,2 \cdot 10^5$	180	773	12	0,053	-	80
Сосна, ель	$0,1 \cdot 10^5$	20	29,3	0,194	-	-	70

Учебное издание

БАЛАКИРЕВА Евгения Андреевна

ГРУЗДЕВ Александр Сергеевич

НАДЕЖДИН Владимир Сергеевич

ТИТОВ Олег Вадимович

СБОРНИК ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ  
ПО КУРСУ «ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ