

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Детали машин»

Н. В. Иноземцева, С. И. Прач, Н. В. Прядко

МЕХАНИКА

ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение»,
1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»
и 1-27 01 01 «Экономика и организация производства»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2016

УДК 621.01:531.8(075.8)
ББК 30.12я73
И67

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 12.01.2015 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Металлургия и литейное производство»
канд. техн. наук, доц. *Ю. Л. Бобарикин*

Иноземцева, Н. В.
И67 **Механика** : практикум по одноим. курсу для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение», 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и 1-27 01 01 «Экономика и организация производства» днев. и заоч. форм обучения / Н. В. Иноземцева, С. И. Прач, Н. В. Прядко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 59 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-299-1.

Содержит задачи по курсу «Механика» и «Прикладная механика». Основные темы заданий: растяжение–сжатие; геометрические характеристики плоских сечений; кручение и плоский изгиб.

Для студентов немашиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.01:531.8(075.8)
ББК 30.12я73

ISBN 978-985-535-299-1

© Иноземцева Н. В., Прач С. И., Прядко Н. В.,
2016
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный практикум содержит задачи по курсу «Механика» и «Прикладная механика». Основные темы заданий: растяжение–сжатие; геометрические характеристики плоских сечений; кручение; плоский изгиб. Каждая задача содержит 80 вариантов индивидуальных заданий различной степени сложности и подробный пример решения. Задачи практикума могут использоваться в различных учебных и контрольных целях, а именно: для упражнений на практических занятиях, самостоятельной работы студентов, проведения контрольных работ и опросов при приеме самостоятельно выполненных студентами домашних расчетно-графических работ, зачетов, экзаменов и др.

Приступая к выполнению задания, студент должен изучить теоретический материал по соответствующей теме [1]–[8].

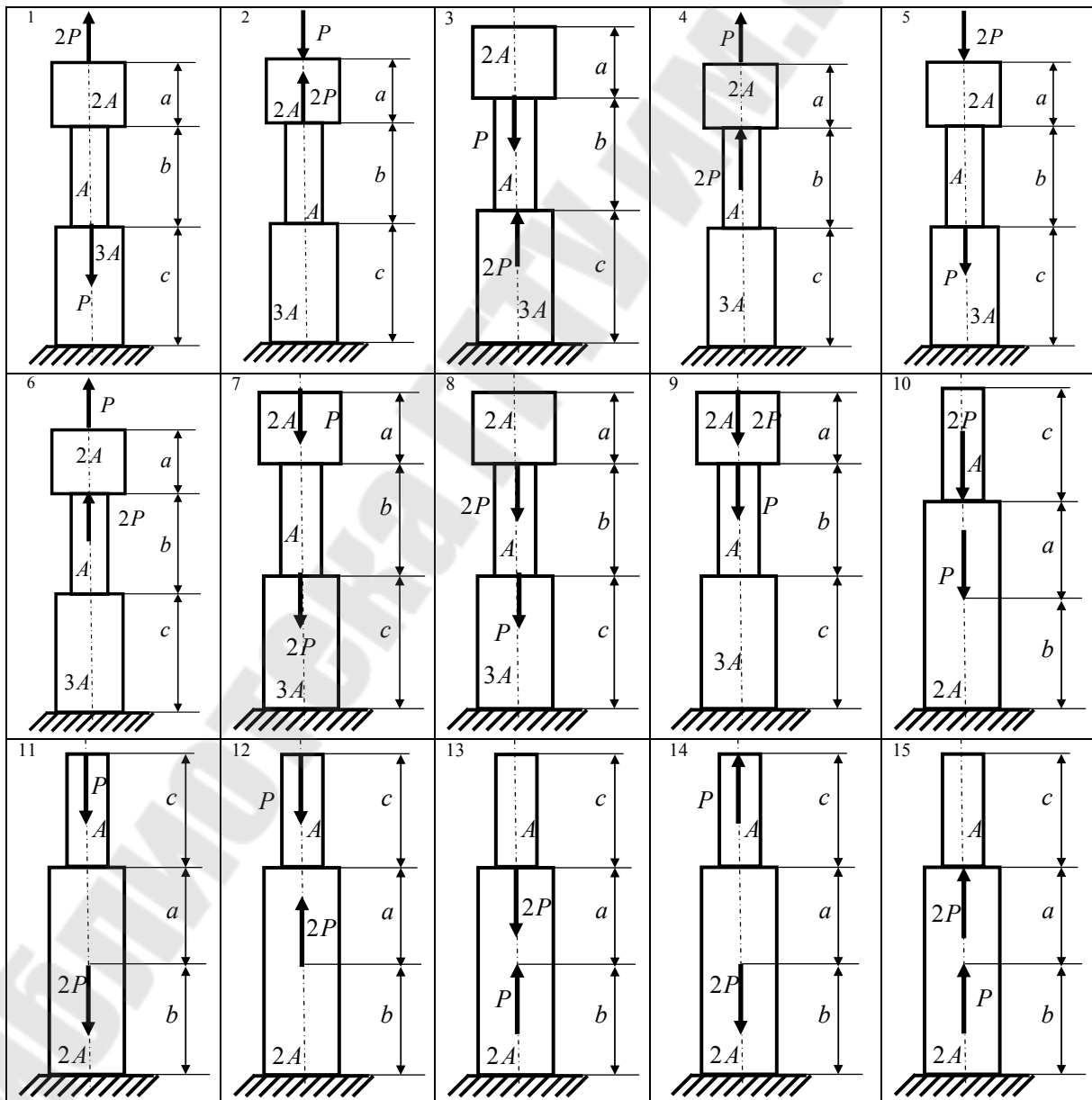
Задача № 1

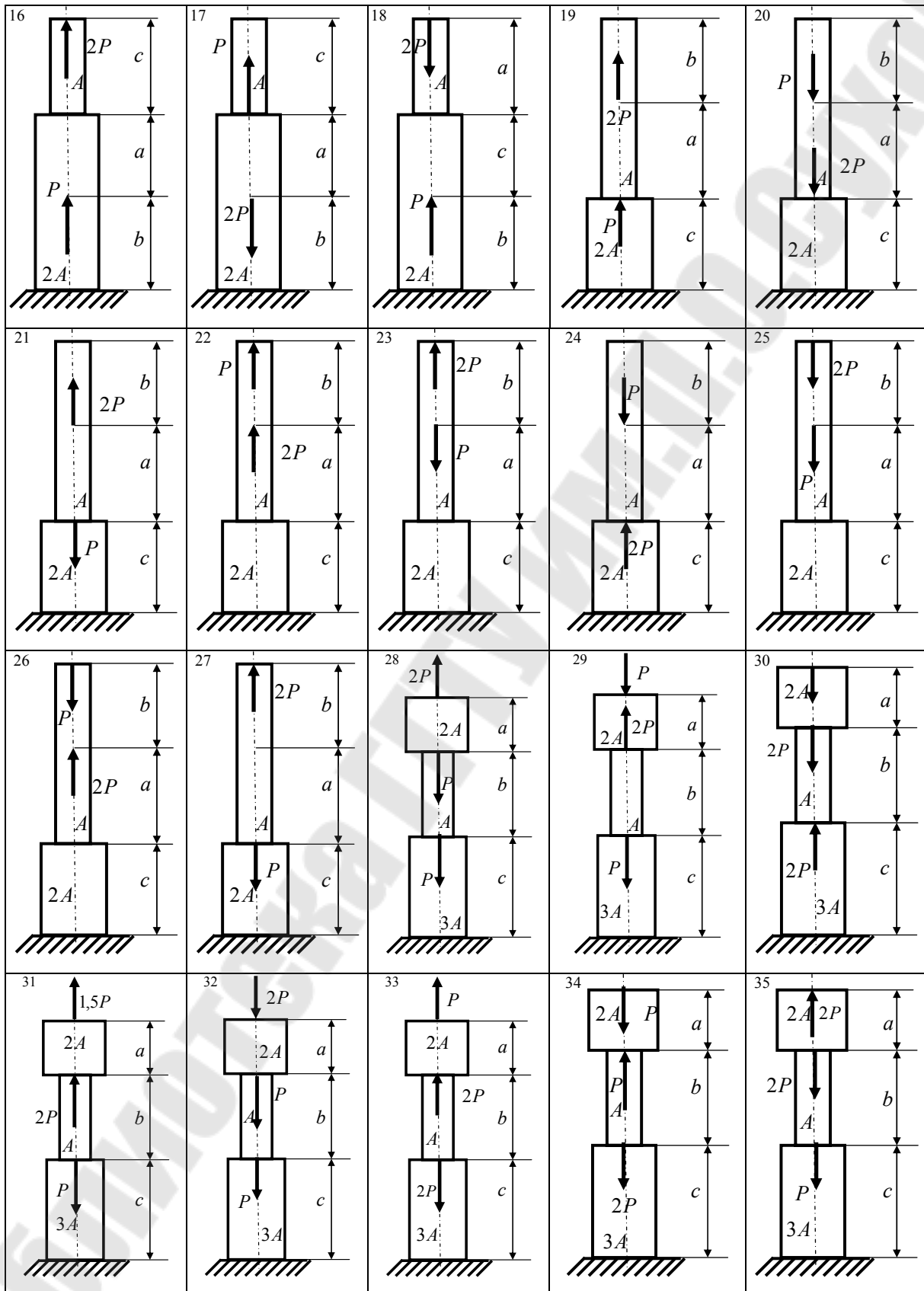
Расчет стержня на растяжение (сжатие)

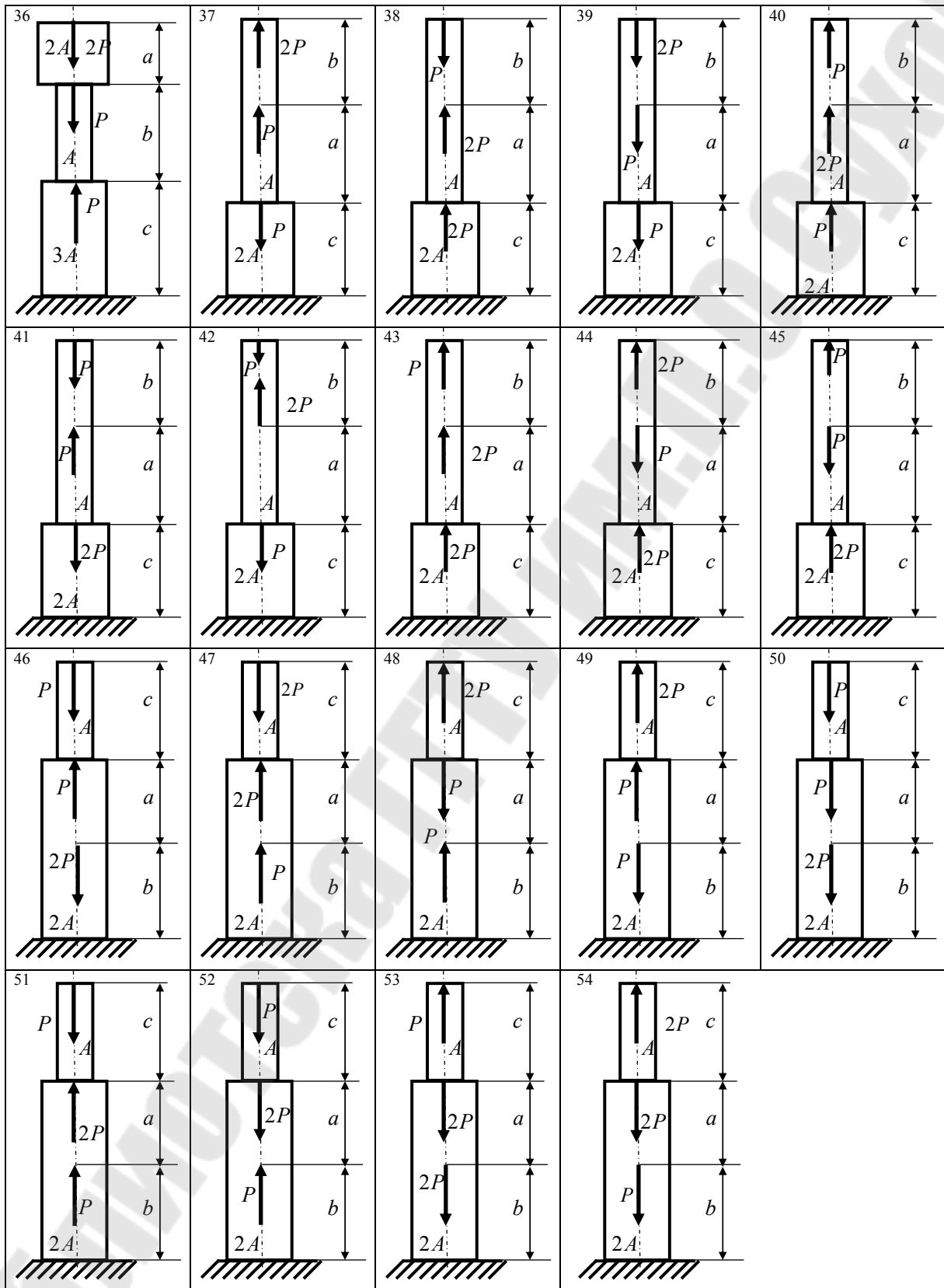
Для стержня, изображенного на рисунке (табл. 1 и 2), построить эпюры внутренних силовых факторов N , напряжений σ и перемещений W . Проверить на прочность участки стержня, если допускаемое напряжение материала стержня на растяжение–сжатие $[\sigma]$ и модуль продольной упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Другие исходные данные представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 1

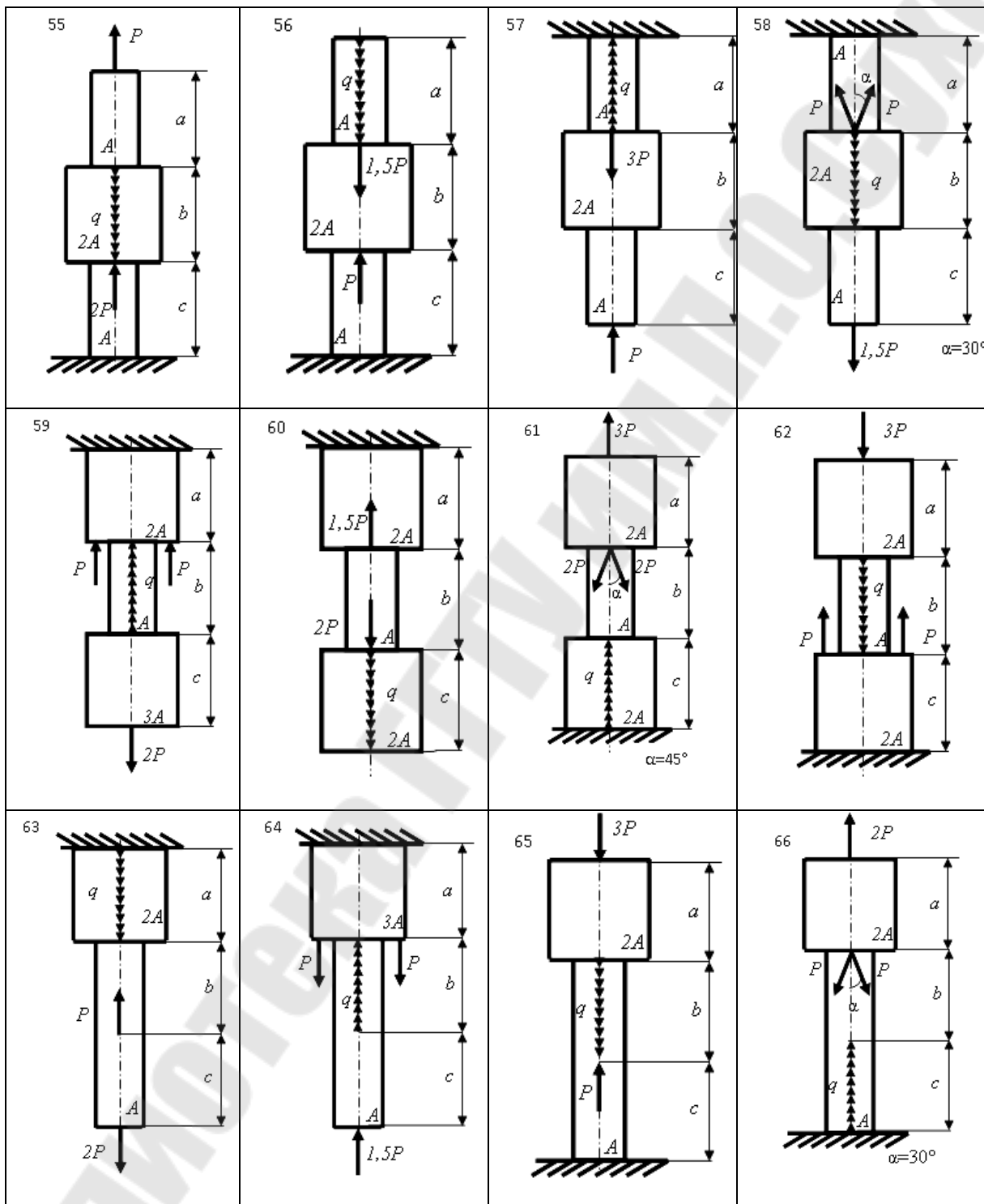
**Схемы для расчета стержней на растяжение (сжатие)
без распределенной нагрузки**







Схемы для расчета стержней на растяжение (сжатие)
с распределенной нагрузкой



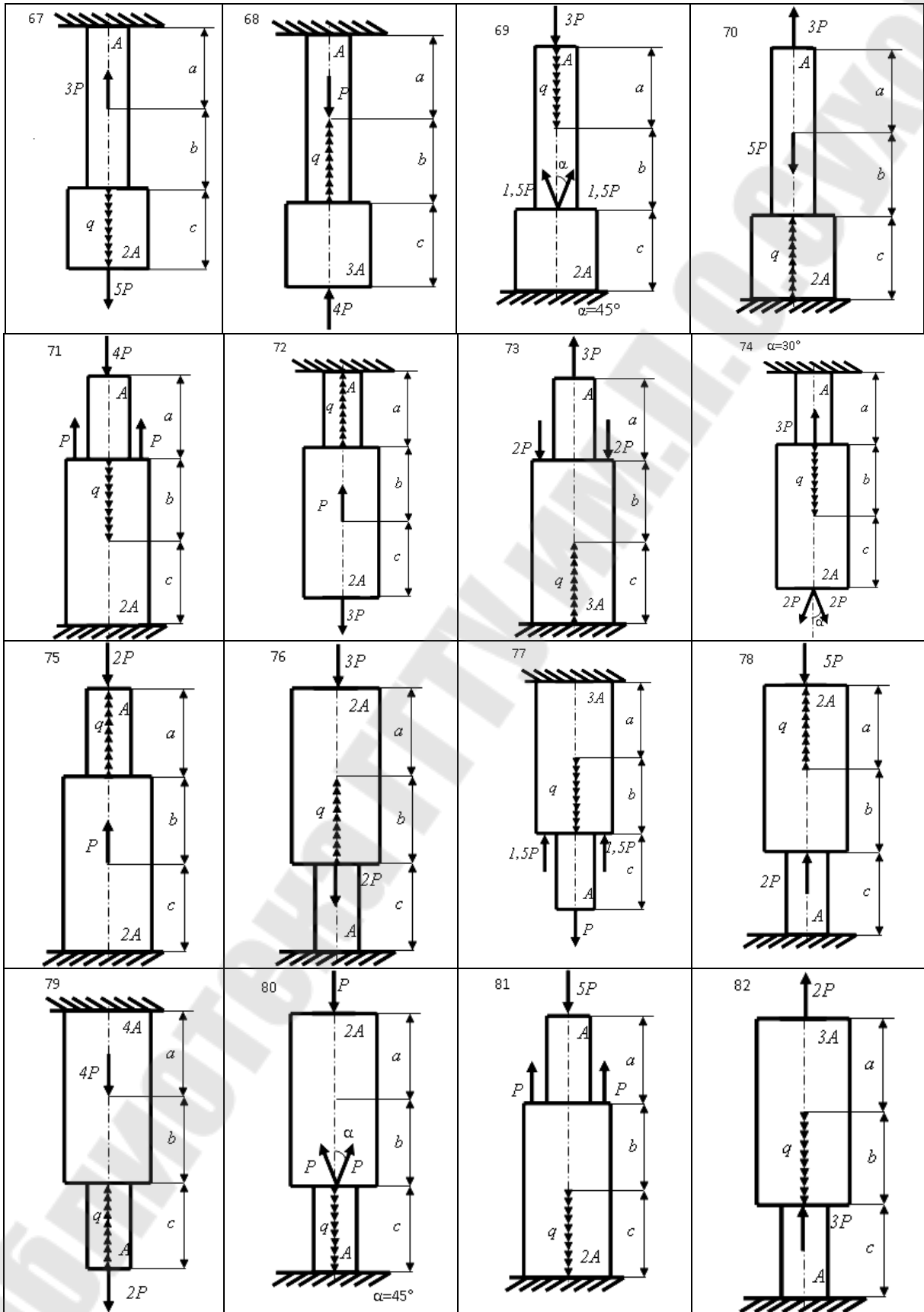


Таблица 3

**Исходные данные для расчета стержней на растяжение (сжатие)
без распределенной нагрузки**

№ п/п	<i>a</i> , м	<i>b</i> , м	<i>c</i> , м	<i>P</i> , м	<i>A</i> , см ²	[σ], МПа
1	1,0	1,5	2,0	10	2,0	180
2	2,0	2,5	1,6	15	3,6	160
3	1,5	2,2	2,0	30	2,6	190
4	1,8	2,0	2,4	35	3,0	180
5	1,2	2,2	1,5	20	2,8	190
6	1,4	1,0	1,8	45	3,8	160
7	2,2	2,6	1,6	40	4,0	180
8	2,0	2,5	2,8	65	2,4	160
9	1,8	2,0	1,7	50	3,0	190
10	2,5	1,6	2,0	75	2,2	180
11	1,6	1,5	2,2	60	3,4	160
12	1,0	1,6	2,2	35	3,2	180
13	1,8	3,0	2,4	70	2,4	190
14	2,2	2,0	1,0	45	3,4	180
15	2,0	1,8	2,4	80	2,6	160
16	2,4	3,0	2,0	55	3,6	190
17	2,6	2,0	1,5	90	3,2	160
18	1,0	2,2	3,0	85	2,8	180
19	3,0	2,6	2,2	100	3,0	160
20	2,8	1,5	1,8	25	2,8	190
21	1,2	1,4	2,0	35	3,2	180
22	1,6	2,2	1,8	95	2,6	190
23	1,4	2,0	2,4	45	3,4	160
24	1,5	1,2	2,2	55	2,2	180
25	2,0	1,6	1,8	100	2,4	190
26	2,0	1,0	2,2	65	3,6	160
27	3,0	1,8	2,0	75	2,2	180
28	2,0	1,6	3,0	15	2,0	190
29	1,6	1,5	1,0	10	3,8	160
30	1,2	2,2	2,8	20	4,0	180
31	2,2	1,4	3,0	15	3,0	160
32	1,8	1,6	2,2	25	2,8	180
33	2,0	1,8	2,6	30	2,4	190
34	1,2	2,0	2,4	80	2,2	180
35	1,6	2,2	2,8	35	2,6	160
36	2,2	2,4	3,0	75	2,0	190
37	2,4	2,6	1,0	40	3,8	180

Окончание табл. 3

№ п/п	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	$P, \text{ м}$	$A, \text{ см}^2$	$[\sigma], \text{ МПа}$
38	2,6	2,8	1,2	70	3,6	160
39	2,8	3,0	1,4	45	3,4	190
40	3,0	1,0	1,6	65	3,0	180
41	1,0	1,2	1,8	50	3,2	160
42	1,2	1,4	2,0	55	4,0	190
43	1,4	1,6	2,2	60	2,0	180
44	1,2	1,5	1,8	45	4,0	160
45	1,5	2,5	2,0	50	3,0	180
46	1,6	3,0	2,0	60	3,2	190
47	1,8	2,4	1,6	70	3,4	160
48	2,0	2,5	1,6	75	2,5	160
49	2,4	3,0	1,6	55	2,0	190
50	2,5	1,6	2,5	65	2,2	180
51	3,0	1,5	3,0	45	2,4	180
52	2,6	2,4	1,8	40	2,6	160
53	2,8	2,0	1,6	35	2,8	190
54	1,0	2,0	1,5	30	3,5	160

Таблица 4

**Исходные данные для расчета стержней на растяжение (сжатие)
с распределенной нагрузкой**

№ п/п	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	$P, \text{ м}$	$q, \text{ кН/м}$	$A, \text{ см}^2$	$[\sigma], \text{ МПа}$
55	1,0	2,0	3,0	10	10	2,0	180
56	3,0	1,0	2,0	15	20	2,1	160
57	2,0	3,0	1,0	20	30	2,2	190
58	2,0	1,0	3,0	25	40	2,3	180
59	1,0	3,0	2,0	30	50	2,4	190
60	1,0	1,0	1,0	35	40	2,5	160
61	1,5	1,5	1,0	40	30	2,6	180
62	1,5	1,5	1,5	45	20	2,7	160
63	2,0	2,0	2,0	50	10	2,8	190
64	3,0	3,0	3,0	55	10	2,9	180
65	1,1	1,2	1,3	60	30	3,0	160
66	1,5	1,1	1,6	65	40	3,1	180
67	2,0	1,6	1,1	70	50	3,2	190
68	3,0	1,5	2,0	75	15	3,3	180
69	1,5	1,0	1,5	80	50	3,4	160
70	1,8	1,3	2,6	85	40	3,5	190

№ п/п	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	$P, \text{ м}$	$q, \text{ кН/м}$	$A, \text{ см}^2$	$[\sigma], \text{ МПа}$
71	2,5	1,8	1,2	90	30	3,6	160
72	2,8	0,8	1,8	95	20	3,7	180
73	2,5	3,0	3,0	100	10	3,8	160
74	1,4	2,5	1,2	10	45	3,9	190
75	1,0	1,1	2,5	15	35	4,0	180
76	2,8	2,2	2,0	20	25	2,0	190
77	3,0	2,8	3,0	25	15	2,5	160
78	1,0	1,0	2,8	30	35	3,0	180
79	1,3	1,3	1,6	35	45	3,5	190
80	2,0	1,3	3,0	40	25	3,0	160
81	2,3	1,7	1,5	20	30	3,5	160
82	1,8	2,0	2,0	35	50	2,5	180

$$10 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2; 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}.$$

План решения задачи № 1

1. Вычертить схему в масштабе по длине, указав числовые значения нагрузок и длин участков.
2. Построить эпюры продольных сил, напряжений и перемещений.
3. Проверить прочность участков стержня по допускаемым напряжениям.
4. На участках, где прочность не обеспечена, подобрать необходимую площадь поперечного сечения.

Пример решения задачи № 1

Для стержня, изображенного на рис. 1, построить эпюры внутренних силовых факторов N , напряжений σ и перемещений W . Проверить на прочность участки стержня, если допускаемое напряжение материала стержня на растяжение-сжатие $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ и модуль продольной упругости $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Исходные данные: $a = 2,0 \text{ м}$, $b = 2,0 \text{ м}$, $c = 2,0 \text{ м}$, $P = 10 \text{ кН}$, $q = 10 \text{ кН/м}$, $A = 2,0 \text{ см}^2$.

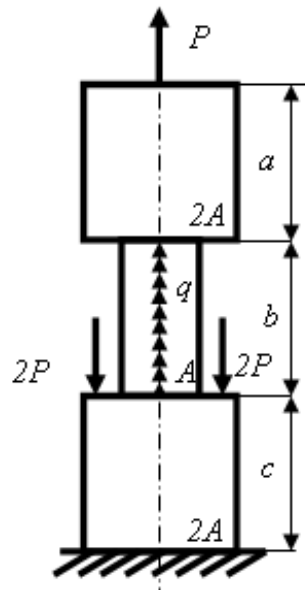


Рис. 1. Исходная схема

1. Для определения внутренних усилий разбиваем стержень на участки. Границами участков являются точки продольной оси, соответствующие изменению площади поперечного сечения и точкам приложения сосредоточенных сил. Таким образом, стержень необходимо разбить на три участка I, II, III (рис. 2).

Определяем значение продольной силы на каждом участке с помощью метода сечений. Рассматривать начинаем с незакрепленного конца стержня. Проводим сечение I – I. Отбросим нижнюю часть стержня, ее действие заменим нормальной силой N_I . Запишем уравнение равновесия, проектируя силы на ось стержня:

$$N_I - 10 = 0;$$

$$N_I = 10 \text{ кН.}$$

Аналогично находим нормальные силы в сечении II – II:

$$N_{II} - 10 - 10z = 0;$$

$$N_{II} = 10 + 10z;$$

$$N_{II}(z = 0) = 10 + 10 \cdot 0 = 10 \text{ кН;}$$

$$N_{II}(z = b = 2,0) = 10 + 10 \cdot 2 = 30 \text{ кН.}$$

И в сечении III – III:

$$N_{III} - 10 - 10b + 40 = 0;$$

$$N_{III} = 10 + 10 \cdot 2 - 40 = -10 \text{ кН.}$$

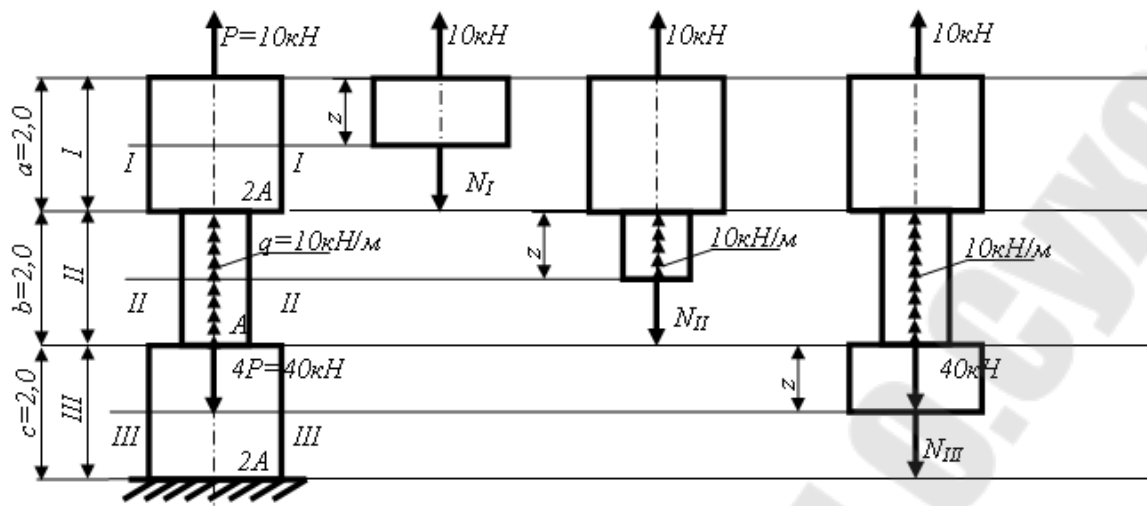


Рис. 2. Расчетная схема на растяжение (сжатие)

Откладывая в масштабе значения нормальных сил N_I , N_{II} , N_{III} в пределах соответствующих участков, строим эпюру продольных сил (рис. 3).

2. Определяем нормальные напряжения, действующие на каждом участке стержня, и проверяем прочность участков стержня по допускаемым напряжениям по формуле

$$\sigma_i = \frac{N_i}{A_i} \leq [\sigma],$$

где N_i – значение продольных сил на i -м участке стержня, Н; A_i – площадь поперечного сечения i -го участка стержня, м²; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение на растяжение (сжатие).

Получаем:

$$\sigma_I = \frac{N_I}{2A} = \frac{10 \cdot 10^3}{2 \cdot 2,0 \cdot 10^{-4}} = 25 \leq [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A} = \frac{10 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3 \cdot z}{2,0 \cdot 10^{-4}};$$

$$\sigma_{II}(z=0) = \frac{N_{II}}{A} = \frac{10 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3 \cdot 0}{2,0 \cdot 10^{-4}} = 50 \leq [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{II}(z=b=2,0) = \frac{N_{II}}{A} = \frac{10 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{2,0 \cdot 10^{-4}} = 150 \leq [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{2A} = \frac{-10 \cdot 10^3}{2 \cdot 2,0 \cdot 10^{-4}} = -25 \leq [\sigma] = 160 \text{ МПа.}$$

Условие прочности выполняется на всех участках стержня. По полученным значениям строим эпюру нормальных напряжений (рис. 3).

3. Определяем перемещения сечений стержня, отмеченных цифрами 1–4. Удлинения участков определяем по формуле

$$\Delta W_i = \frac{N_i l_i}{EA_i}$$

– для участков стержня без распределенной нагрузки;

$$\Delta W_i = \int_0^{l_i} \frac{N_i dz}{EA_i}$$

– для участков стержня с распределенной нагрузкой, где l_i – длина i -го участка стержня, м.

Рассматриваем стержень от заделки. Получаем:

$$W_1 = 0 \text{ – заделка;}$$

$$W_2 = W_1 + \Delta W_{12} = 0 + \frac{N_{III} \cdot c}{2EA} = 0 + \frac{-10 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^{-4}};$$

$$W_2 = -2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м;}$$

$$W_3 = W_2 + \Delta W_{23} = -2,5 \cdot 10^{-4} + \int_0^b \frac{N_{II} \cdot dz}{EA} = -2,5 \cdot 10^{-4} +$$

$$+ \frac{1}{EA} \int_0^b (10 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3 z) dz = -2,5 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{EA} \left(10 \cdot 10^3 \cdot z + 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{z^2}{2} \right);$$

$$W_3(z=0) = -2,5 \cdot 10^{-4};$$

$$W_3(z=b=2,0) = -2,5 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^{-4}} \left(10 \cdot 10^3 \cdot 2 + 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{2^2}{2} \right);$$

$$W_3 = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ м;}$$

$$W_4 = W_3 + \Delta W_{34} = 7,5 \cdot 10^{-4} + \frac{N_I a}{2EA} = 7,5 \cdot 10^{-4} + \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^{-4}};$$

$$W_4 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

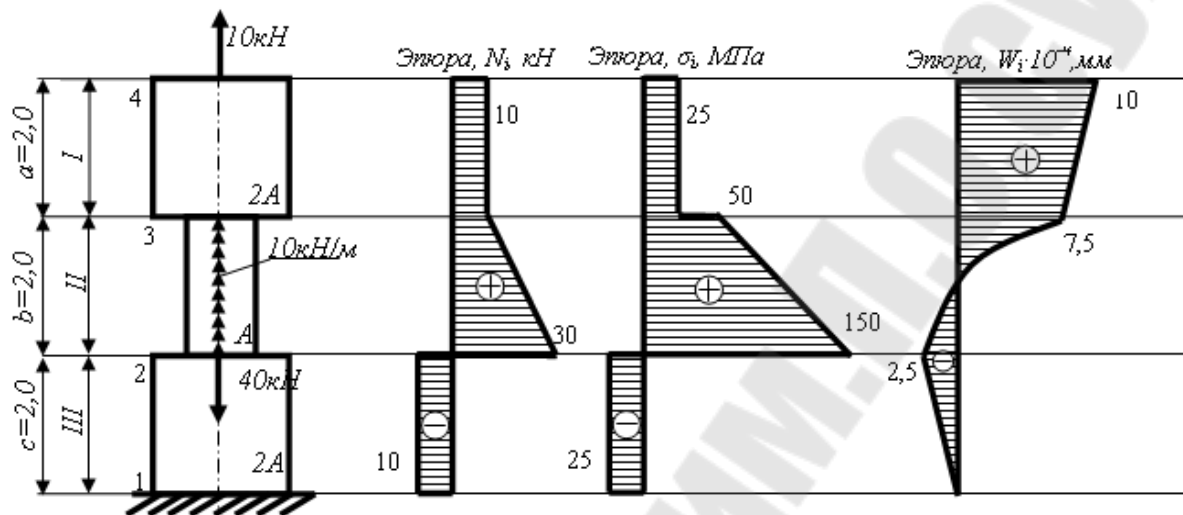


Рис. 3. Эпюры продольных сил, напряжений и перемещений стержня

По полученным значениям строим эпюру перемещений (рис. 3). Участок 2-3 строим с помощью правил дифференциальной зависимости Д. Журавского. То есть на равномерно нагруженном участке $q = \text{const}$, $N = -qz + C_1$ – прямая линия, возрастающая с ростом z , если угловой коэффициент $k = -q > 0$ ($q < 0$), и убывающая, если $k = -q < 0$ ($q > 0$).

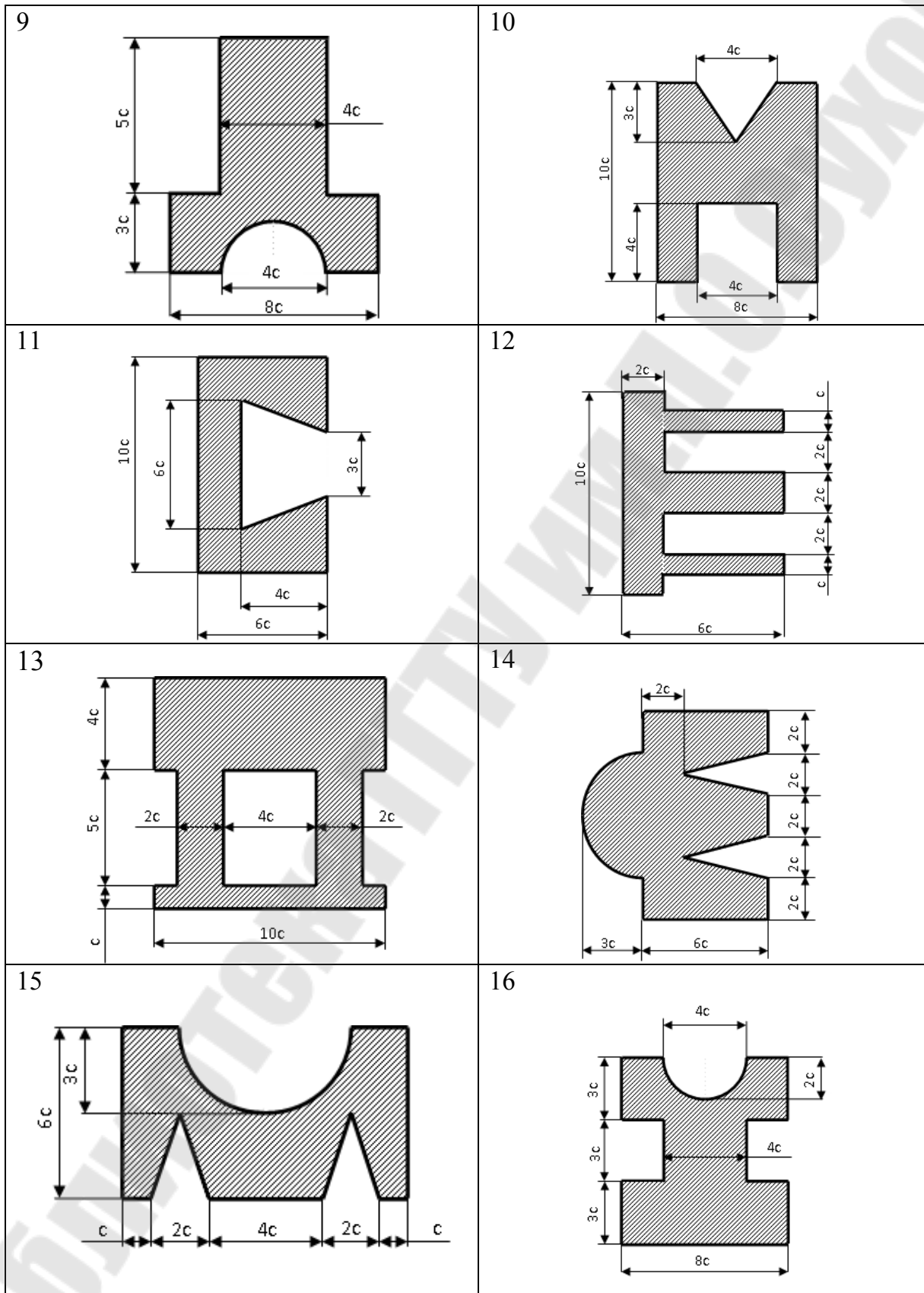
Задача № 2

Определение моментов инерции симметричного сечения

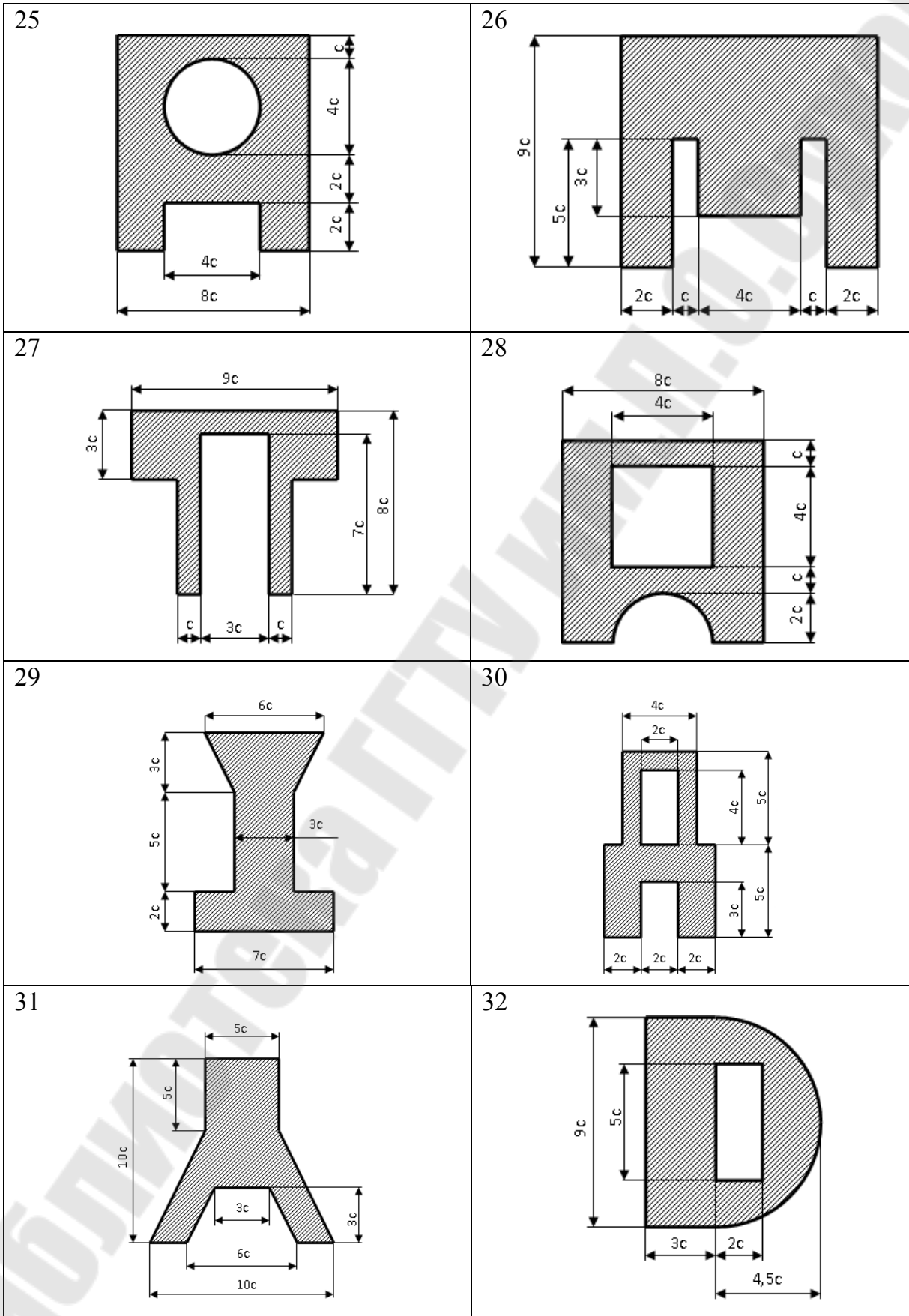
Для сечения, изображенного на рисунке (табл. 5), имеющего ось симметрии, требуется определить положение главных центральных осей сечения и величину главных центральных моментов инерции. Исходные данные в табл. 6.

Схемы сечений

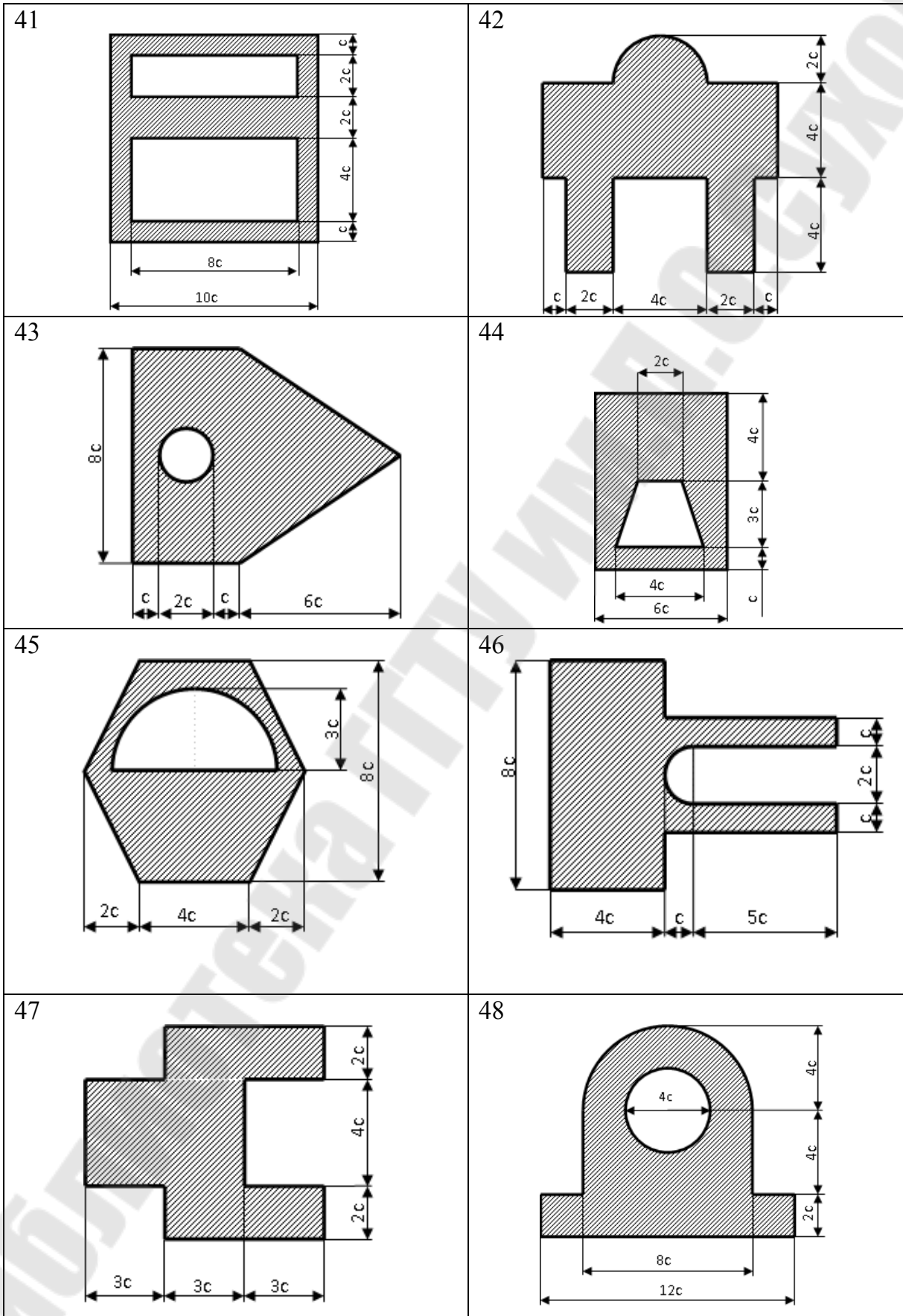
<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>4</p>
<p>5</p>	<p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p>



<p>17</p>	<p>18</p>
<p>19</p>	<p>20</p>
<p>21</p>	<p>22</p>
<p>23</p>	<p>24</p>



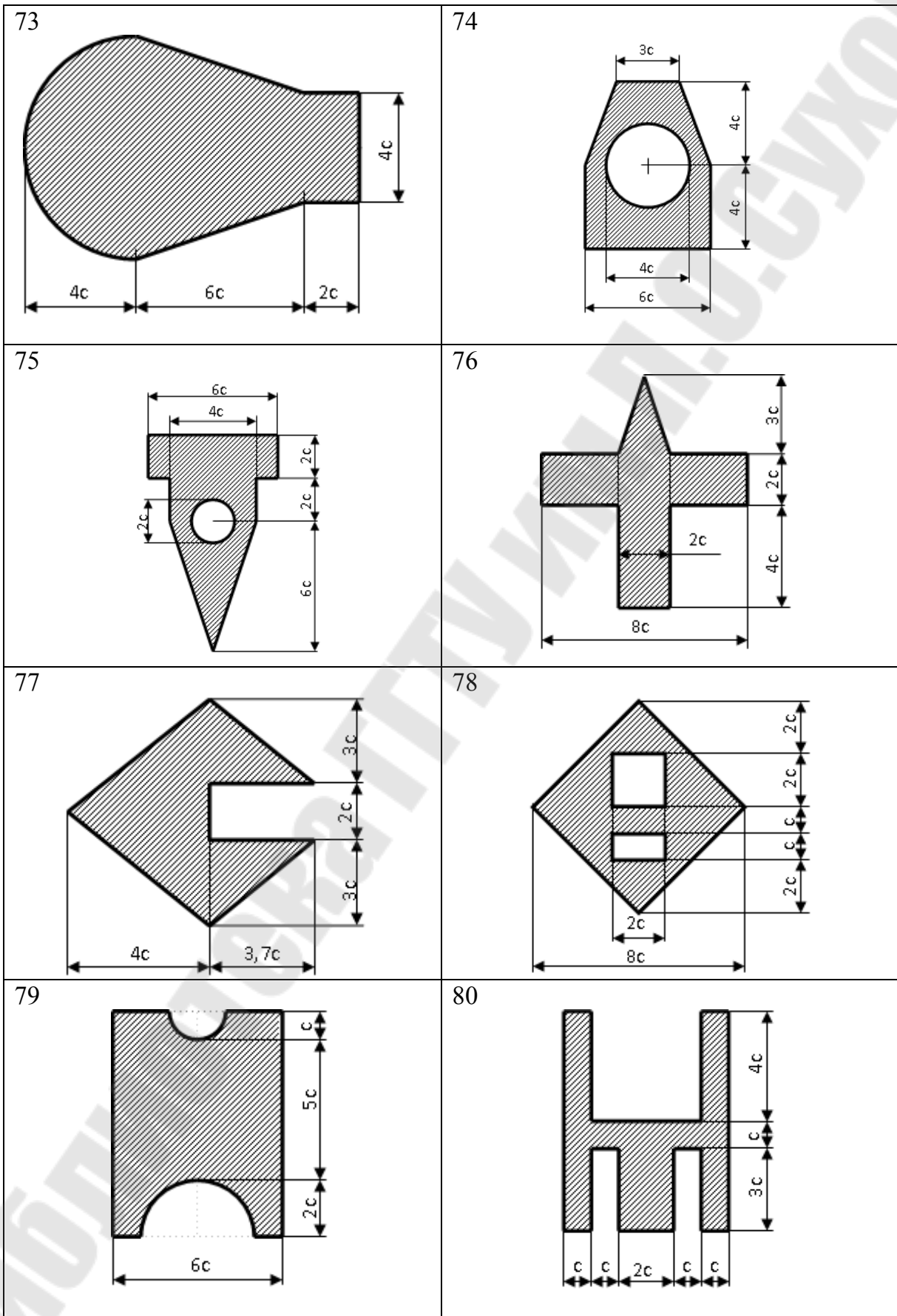
<p>33</p>	<p>34</p>
<p>35</p>	<p>36</p>
<p>37</p>	<p>38</p>
<p>39</p>	<p>40</p>



<p>49</p>	<p>50</p>
<p>51</p>	<p>52</p>
<p>53</p>	<p>54</p>
<p>55</p>	<p>56</p>

<p>57</p>	<p>58</p>
<p>59</p>	<p>60</p>
<p>61</p>	<p>62</p>
<p>63</p>	<p>64</p>

<p>65</p>	<p>66</p>
<p>67</p>	<p>68</p>
<p>69</p>	<p>70</p>
<p>71</p>	<p>72</p>



Исходные данные для расчета сечений

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
c , мм	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5
Вариант	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
c , мм	12	12,5	13	13,5	14	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5
Вариант	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
c , мм	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5	25	25,5	26	26,5
Вариант	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
c , мм	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	6	7	8	9	10	11	12
Вариант	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
c , мм	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Вариант	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
c , мм	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

План решения задачи № 2

1. Вычертить сечение в масштабе, указав все заданные размеры в числах, и выбрать вспомогательные оси x_B и y_B .

2. Определить положение центра тяжести сечения и нанести его на схеме.

3. Обозначить на схеме главные центральные оси x_C , y_C и вычислить главные центральные моменты инерции сечения.

Все размеры, использованные в расчете, нанести на схему.

Пример решения задачи № 2

Для сечения, изображенного на рис. 4, требуется определить положение главных центральных осей сечения и величину главных центральных моментов инерции, при $c = 10$ мм.

1. Вычерчиваем сечение в масштабе (рис. 5) и указываем вспомогательные оси x_B и y_B , относительно которых определяем положение центра тяжести сечения.

В системе координат xu абсцисса центра тяжести сечения равна нулю – в связи с симметрией сечения относительно y . Определяем ординату центра тяжести сечения, разбив сечение на три прямоугольника.

$C_1(x_{c1}, y_{c1})$ – координаты центра тяжести первого прямоугольника;

$C_2(x_{c2}, y_{c2})$ – координаты центра тяжести второго прямоугольника;

$C_3(x_{c3}, y_{c3})$ – координаты центра тяжести третьего прямоугольника.

2. Ординату центра тяжести сечения определяем по формуле

$$y_c = \frac{S_{XB}}{A},$$

где S_{XB} – статический момент сопротивления сечения относительно оси x_B , равный сумме статических моментов всех частей этого сечения относительно той же оси; A – площадь всей фигуры.

$$A = \sum_{i=1}^n A_i, \quad S_{XB} = \sum_{i=1}^n S_{XB_i},$$

где S_{XB_i} – статический момент i -го сечения, равный

$$S_{XB_i} = y_{ci} A_i,$$

где y_{ci} – расстояние от вспомогательной оси x_B до оси центра тяжести первого прямоугольника x_{ci} , $y_{c1} = 45$ мм, $y_{c2} = 120$ мм, $y_{c3} = 130$ мм; A_i – площадь i -го сечения.

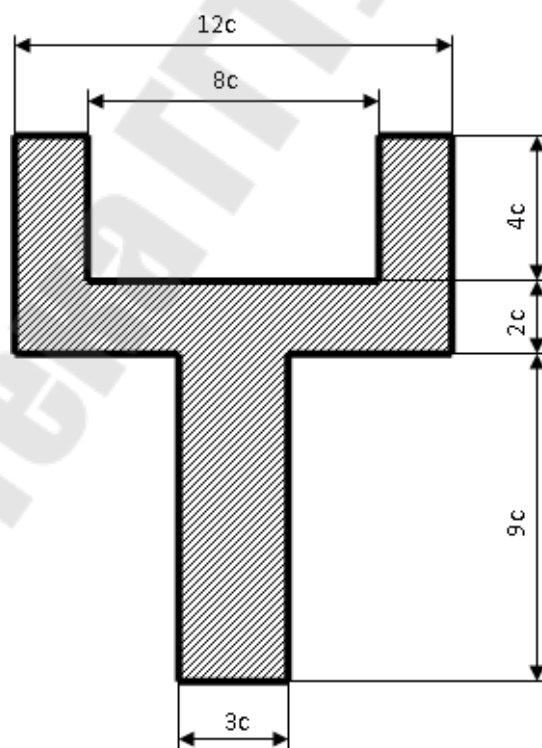


Рис. 4. Исходная схема сечения

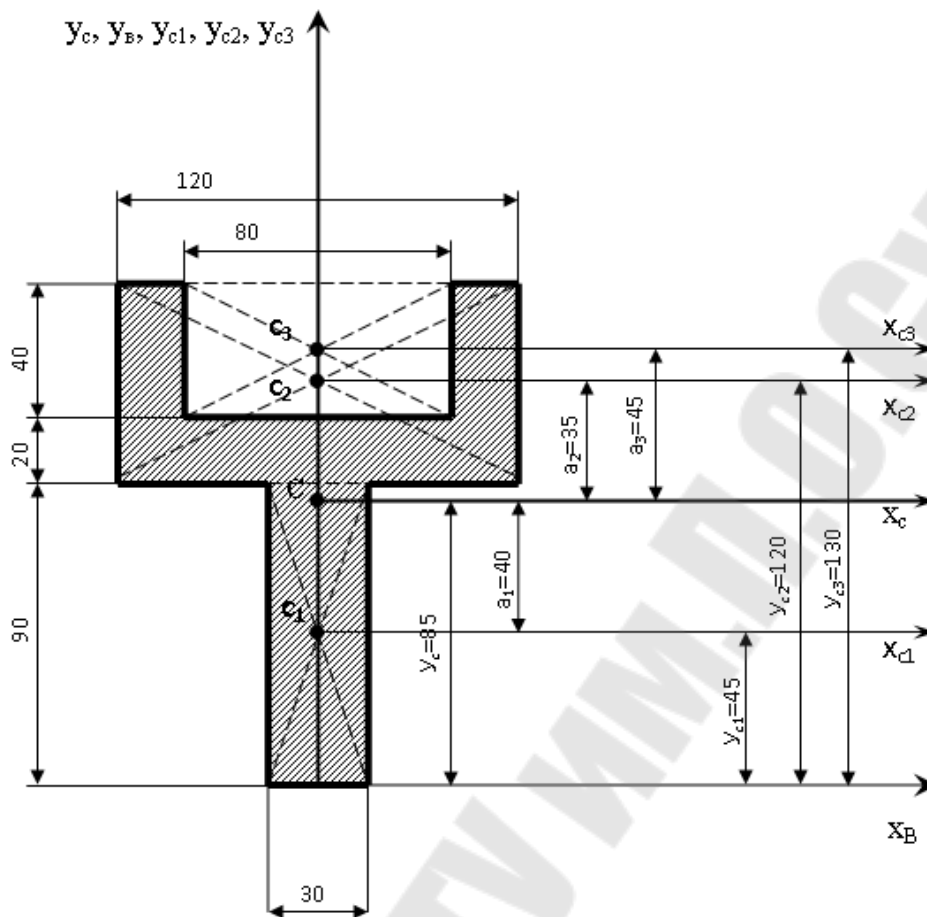


Рис. 5. Расчетная схема сечения

Для рис. 5: $A_1 = 90 \cdot 30 = 2700 \text{ мм}^2$, $A_2 = 60 \cdot 120 = 7200 \text{ мм}^2$,
 $A_3 = 40 \cdot 80 = 3200 \text{ мм}^2$.

$$S_{x_B} = S_{x_{B1}} + S_{x_{B2}} - S_{x_{B3}} = 45 \cdot 2700 + 120 \cdot 7200 - 130 \cdot 3200 = 569500 \text{ мм}^3.$$

$$A = A_1 + A_2 - A_3 = 2700 + 7200 - 3200 = 6700 \text{ мм}^2.$$

$$y_c = \frac{569500}{6700} = 85 \text{ мм}.$$

Откладываем на рис. 5 расстояние y_c от вспомогательной оси x_B и обозначаем центр тяжести всего сечения точкой C .

3. Главные центральные моменты инерции сечения относительно оси x_c и y_c определяем по формулам:

$$I_{x_c} = \sum_{i=1}^n I_{x_{ci}}; \quad I_{y_c} = \sum_{i=1}^n I_{y_{ci}}$$

где I_{xci} – момент инерции i -го сечения относительно оси x_c ; I_{yci} – момент инерции i -го сечения относительно оси y_c .

$$I_{xci} = I_{xci}^{(i)} + a_i^2 A_i;$$

$$I_{yci} = I_{yci}^{(i)} + d_i^2 A_i,$$

где $I_{xci}^{(i)}$ – осевой момент инерции i -го сечения относительно оси x_c ; $I_{yci}^{(i)}$ – осевой момент инерции i -го сечения относительно оси y_c ; a_i – расстояние от оси центра тяжести всего сечения x_c до оси центра тяжести i -го участка сечения x_{ci} ; d_i – расстояние от оси центра тяжести всего сечения y_c до оси центра тяжести i -го участка сечения y_{ci} .

Для прямоугольного сечения:

$$I_{xci}^{(i)} = \frac{b_i h_i^3}{12}, \quad I_{yci}^{(i)} = \frac{h_i b_i^3}{12};$$

$$I_{xc1}^{(1)} = \frac{30 \cdot 90^3}{12} = 1822500 \text{ мм}^4;$$

$$I_{xc2}^{(2)} = \frac{120 \cdot 60^3}{12} = 2160000 \text{ мм}^4;$$

$$I_{xc3}^{(3)} = \frac{80 \cdot 40^3}{12} = 426667 \text{ мм}^4;$$

$$I_{yc1}^{(1)} = \frac{90 \cdot 30^3}{12} = 202500 \text{ мм}^4;$$

$$I_{yc2}^{(2)} = \frac{60 \cdot 120^3}{12} = 8640000 \text{ мм}^4; \quad I_{yc3}^{(3)} = \frac{40 \cdot 80^3}{12} = 1706667 \text{ мм}^4.$$

$$a_1 = 40 \text{ мм}, \quad a_2 = 35 \text{ мм}, \quad a_3 = 45 \text{ мм};$$

$$d_1 = d_2 = d_3 = 0 \text{ мм}.$$

Получаем

$$I_{xc} = I_{xc1} + I_{xc2} - I_{xc3} = (I_{xc1}^{(1)} + a_1^2 A_1) + (I_{xc2}^{(2)} + a_2^2 A_2) - (I_{xc3}^{(3)} + a_3^2 A_3);$$

$$I_{xc} = (1822500 + 40^2 \cdot 2700) + (2160000 + 35^2 \cdot 7200) - (426667 + 45^2 \cdot 3200);$$

$$I_{xc} = 10215833 \text{ мм}^4;$$

$$I_{yc} = I_{yc1} + I_{yc2} - I_{yc3} = (I_{yc1}^{(1)} + d_1^2 A_1) + (I_{yc2}^{(2)} + d_2^2 A_2) - (I_{yc3}^{(3)} + d_3^2 A_3);$$

$$I_{yc} = 202500 + 8640000 - 1706667 = 7135833 \text{ мм}^4.$$

Задача № 3 Расчет вала на кручение

Вал закреплен на одном из участков в муфте, которая вызывает на этом участке равномерно распределенный момент m . На валу закреплены два шкива 1 и 2. На шкиве 1, передающем момент m_1 , должна быть обеспечена мощность N_1 при постоянной частоте вращения n_1 . Требуется определить диаметр поперечного сечения вала из условия на прочность. Исходные данные в табл. 7 и 8.

План решения задачи

1. Определить момент, передаваемый валу шкивом 1:

$$m_1 = 9,55 \frac{N_1}{n_1},$$

где m_1 – крутящий момент, кНм; N_1 – мощность, кВт; n – частота вращения вала, об./мин.

2. Из условия равновесия определить значение и направление крутящего момента на шкиве 2.

3. Вычертить схему в масштабе по длине, с указанием нагрузок и размеров участков вала.

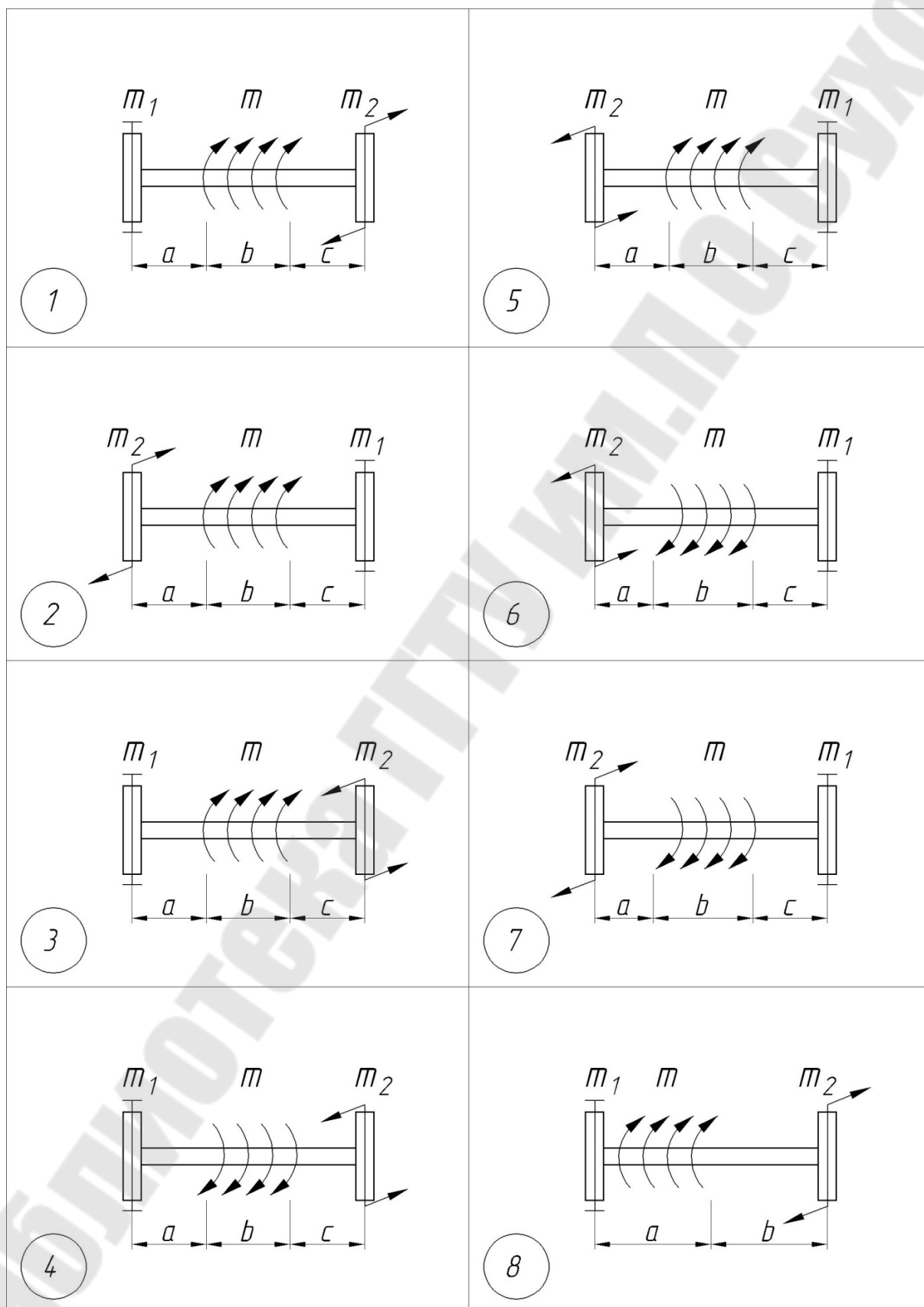
4. Построить эпюру крутящих моментов.

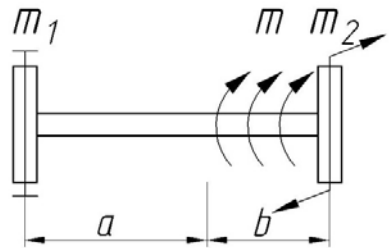
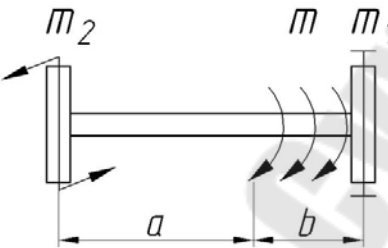
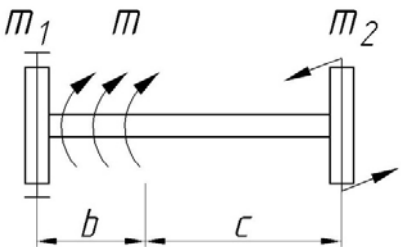
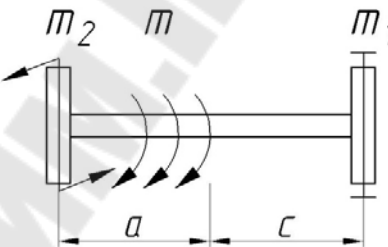
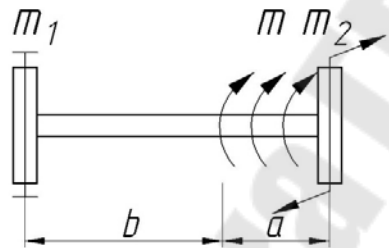
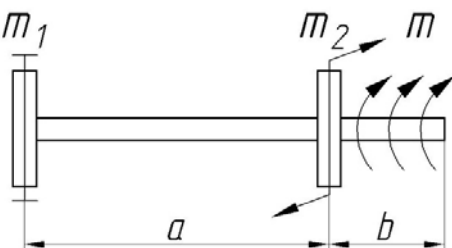
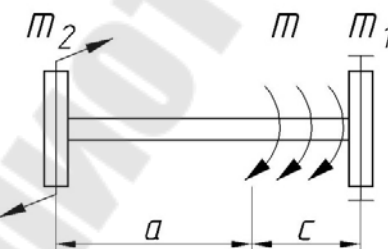
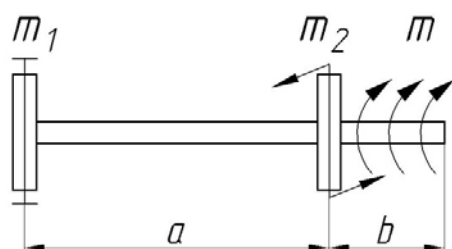
5. Найти опасное сечение.

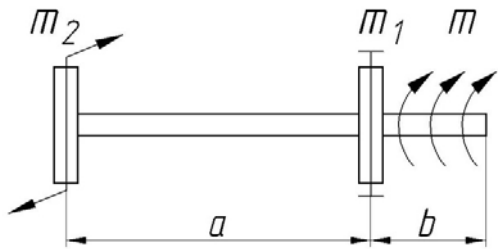
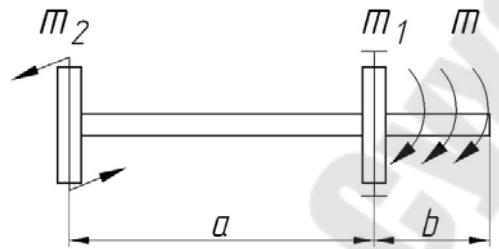
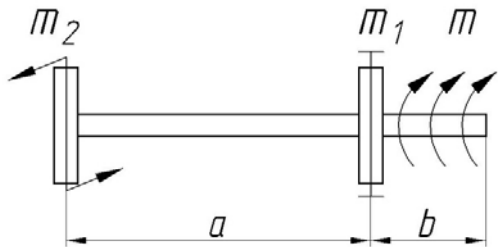
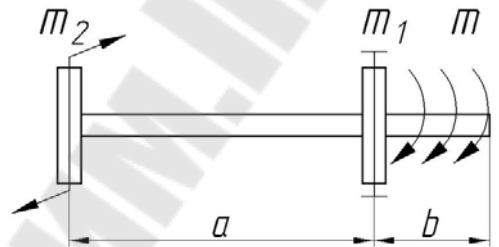
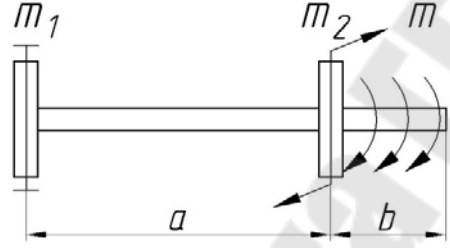
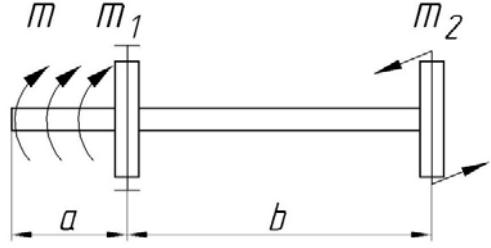
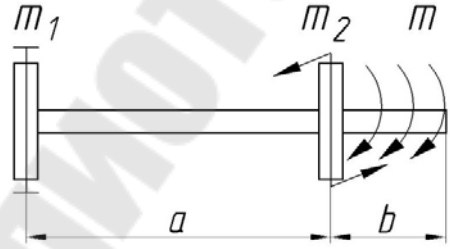
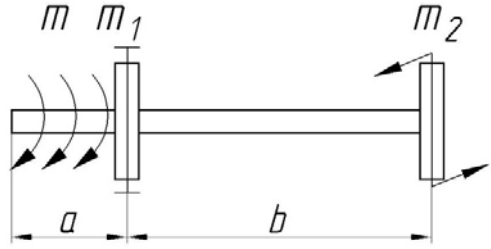
6. Из условия прочности по касательным напряжениям, определить диаметр вала d , мм:

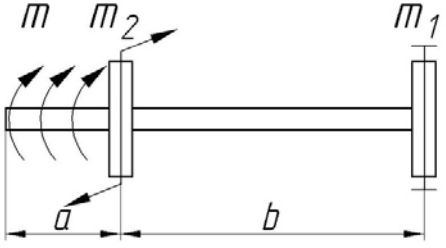
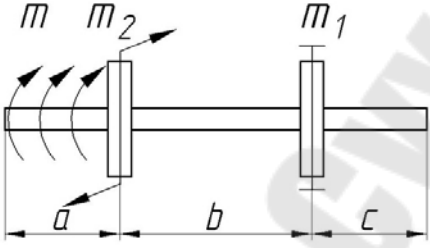
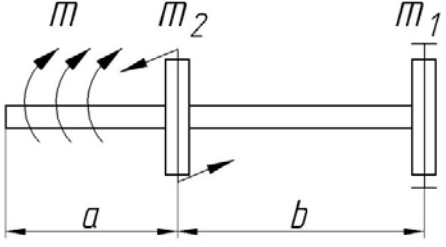
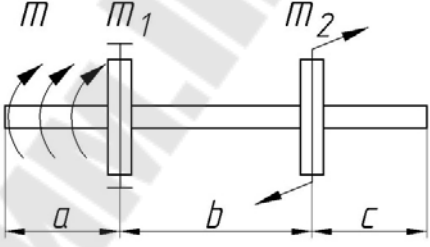
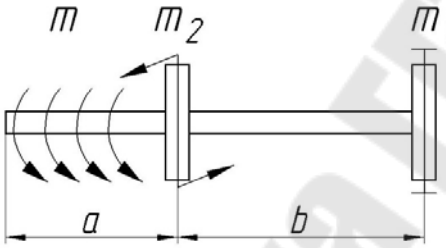
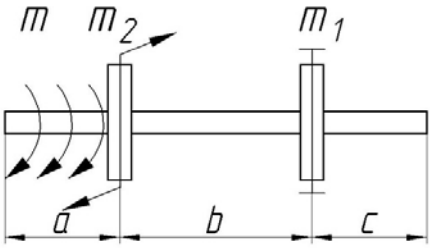
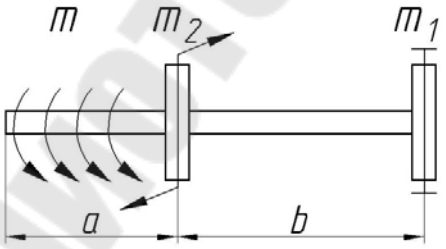
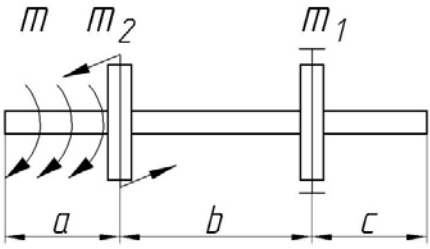
$$\tau = \frac{M_{\max}}{W_{\rho}} \leq [\tau], \text{ для круглого поперечного сечения } W_{\rho} = \frac{\pi d^3}{16}.$$

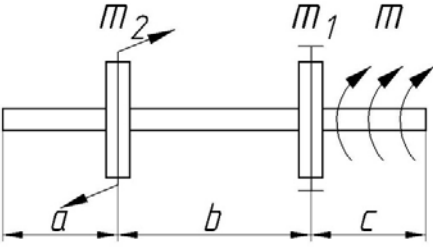
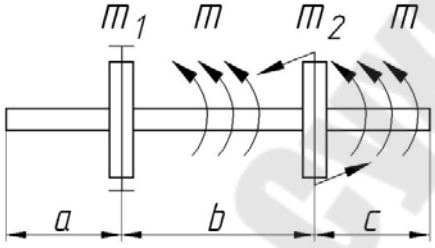
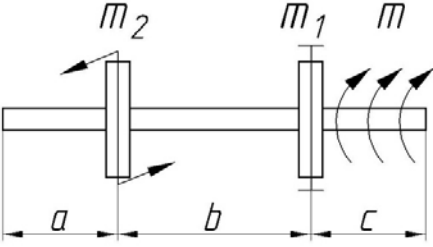
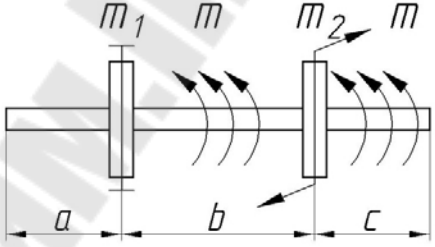
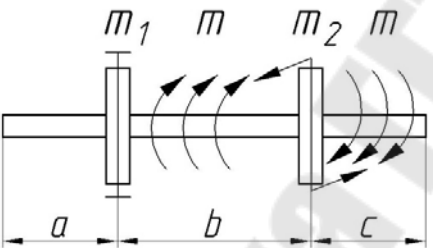
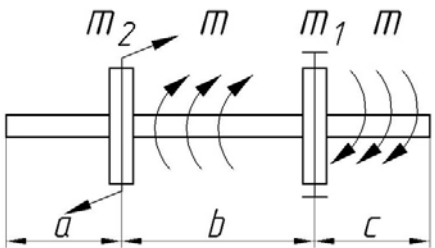
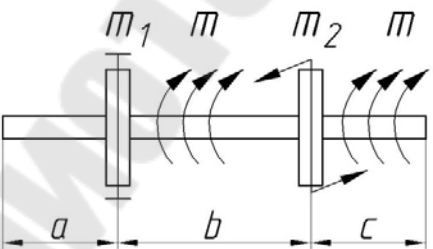
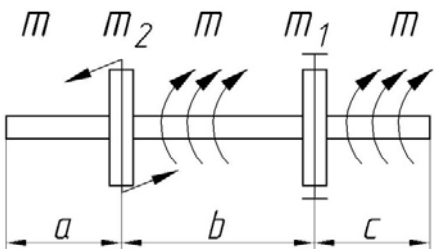
Расчетные схемы на кручение

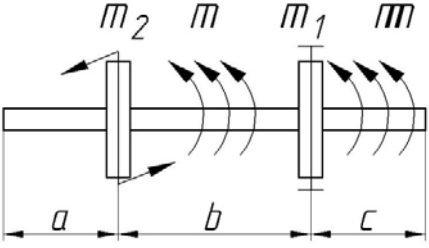
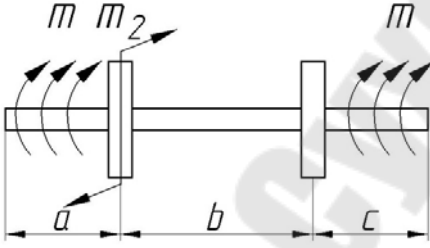
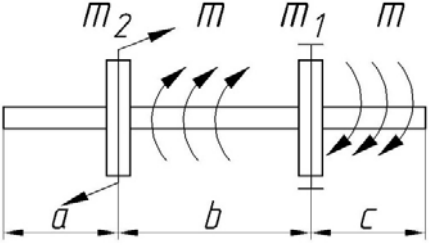
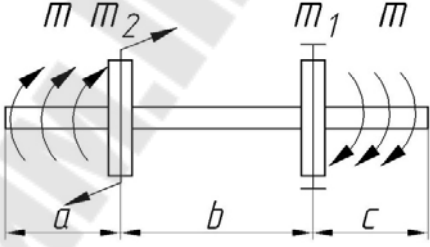
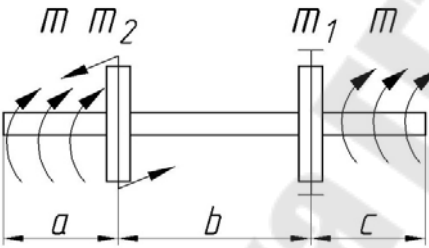
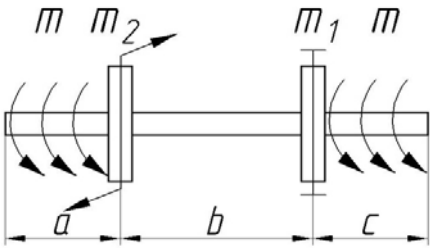
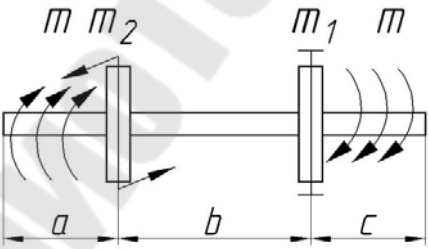
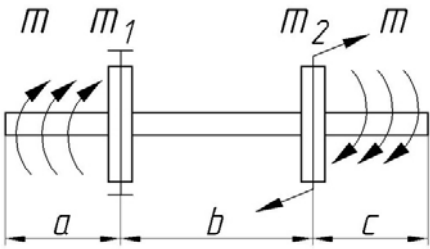


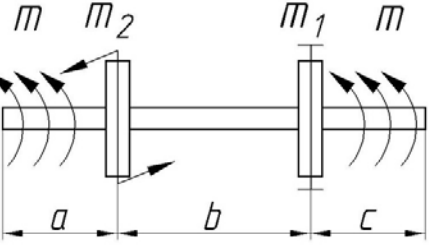
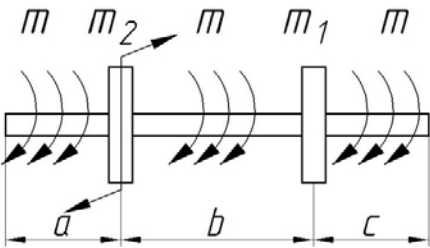
 <p>9</p>	 <p>13</p>
 <p>10</p>	 <p>14</p>
 <p>11</p>	 <p>15</p>
 <p>12</p>	 <p>16</p>

 <p>17</p>	 <p>21</p>
 <p>18</p>	 <p>22</p>
 <p>19</p>	 <p>23</p>
 <p>20</p>	 <p>24</p>

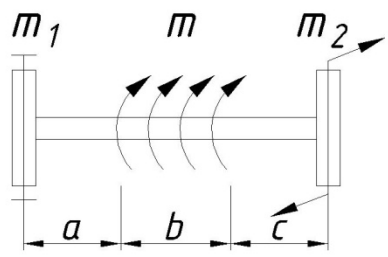
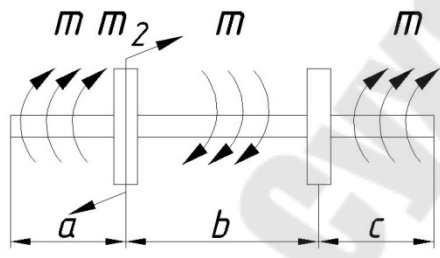
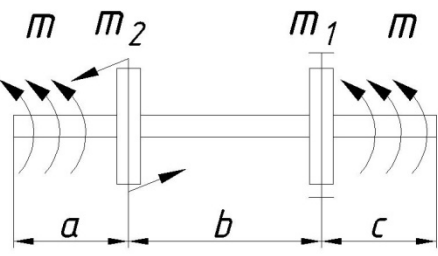
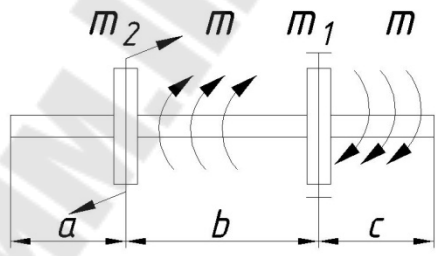
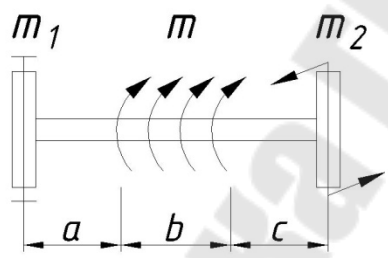
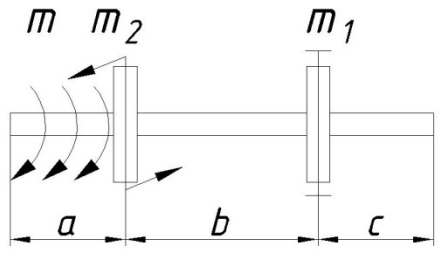
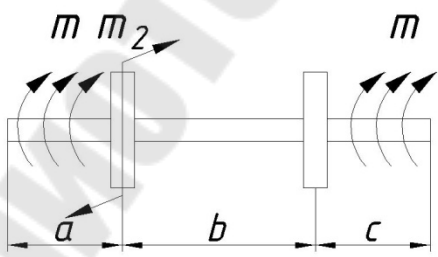
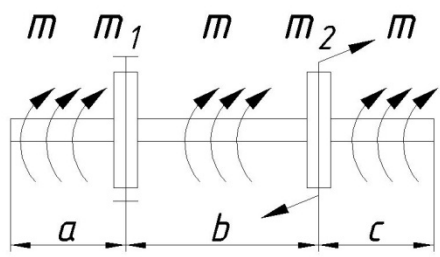
 <p>25</p>	 <p>29</p>
 <p>26</p>	 <p>30</p>
 <p>27</p>	 <p>31</p>
 <p>28</p>	 <p>32</p>

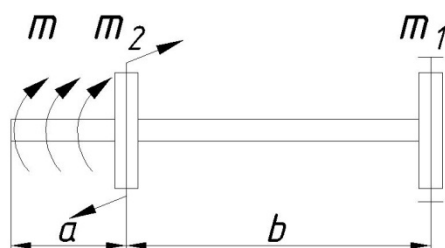
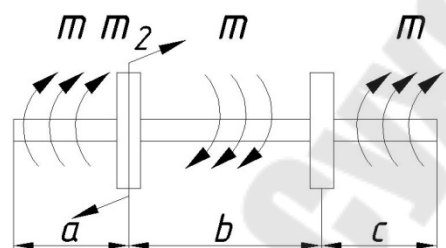
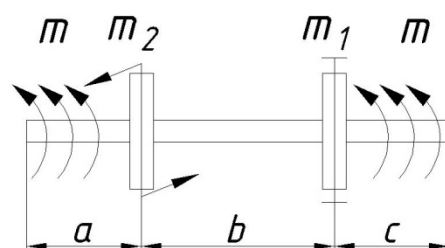
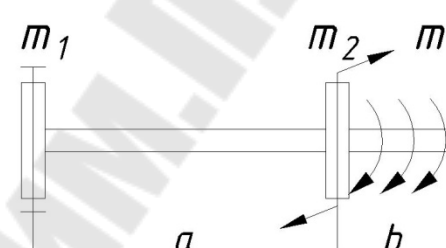
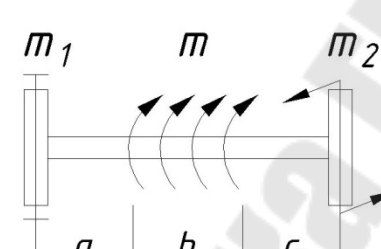
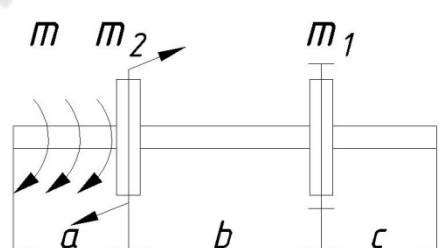
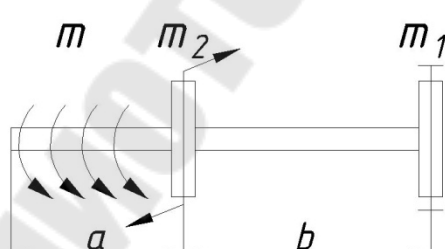
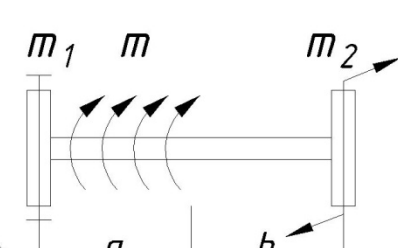
 <p>33</p>	 <p>37</p>
 <p>34</p>	 <p>38</p>
 <p>35</p>	 <p>39</p>
 <p>36</p>	 <p>40</p>

 <p>41</p>	 <p>45</p>
 <p>42</p>	 <p>46</p>
 <p>43</p>	 <p>47</p>
 <p>44</p>	 <p>48</p>

 <p>49</p>	 <p>53</p>
 <p>50</p>	 <p>54</p>
 <p>51</p>	 <p>55</p>
 <p>52</p>	 <p>56</p>

<p>57</p>	<p>61</p>
<p>58</p>	<p>62</p>
<p>59</p>	<p>63</p>
<p>60</p>	<p>64</p>

 <p>65</p>	 <p>69</p>
 <p>66</p>	 <p>70</p>
 <p>67</p>	 <p>71</p>
 <p>68</p>	 <p>72</p>

 <p>73</p>	 <p>77</p>
 <p>74</p>	 <p>78</p>
 <p>75</p>	 <p>79</p>
 <p>76</p>	 <p>80</p>

Исходные данные для расчета вала на кручение

Вариант	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	$N_1, \text{ кВт}$	$m_2, \text{ кН} \cdot \text{ м}$	$m, \text{ кН} \cdot \text{ м/м}$	$n_1, \text{ об/мин}$	$[\tau], \text{ МПа}$
1	0,2	0,5	0,35	100	15	5	50	100
2	0,5	0,7	0,55	200	20	14	100	120
3	0,55	1,2	1,3	180	25	13	87	110
4	0,5	0,8	1,0	130	30	10	123	120
5	0,7	0,85	1,3	115	35	9	95	130
6	1,3	1,5	1,0	123	40	15	88	100
7	0,96	1,2	0,95	200	45	20	70	110
8	1,1	1,2	0,9	190	50	15	60	165
9	1,2	1,6	0,7	130	55	11	170	90
10	0,5	0,5	0,6	120	50	6	100	100
11	0,45	0,25	0,45	95	45	4,5	87	150
12	0,7	0,9	0,5	80	40	4,0	60	100
13	0,9	0,8	0,4	50	35	7	90	120
14	1,5	1,6	2	60	30	8	100	150
15	1,0	1,0	1,25	55	25	6,5	92	120
16	0,75	0,25	0,8	65	20	7	50	100
17	0,6	0,7	0,5	60	15	9	60	110
18	0,3	0,4	0,2	30	10	5	40	150
19	0,5	0,1	0,2	45	5	9	70	130
20	1,3	0,9	0,7	64	10	10	50	110
21	0,4	0,6	0,4	100	15	9	100	120
22	0,45	0,5	0,45	95	20	8,5	85	150
23	0,5	0,4	0,5	90	25	8,0	80	120
24	0,55	0,3	0,6	85	30	7	95	110
25	0,6	0,2	0,7	80	35	6	90	100
26	0,65	0,1	0,75	75	40	6,5	92	110
27	0,7	0,2	0,8	70	45	5	70	120
28	0,75	0,25	0,9	65	50	5,5	75	150
29	0,8	0,3	1,0	60	55	4	60	130
30	0,85	0,35	1,1	55	60	5	55	120
31	0,9	0,4	1,2	50	55	10	50	110
32	1,0	0,45	1,25	120	50	9	40	100
33	1,1	0,5	1,3	110	45	7,5	70	150
34	1,2	0,55	1,4	100	40	7,0	60	130
35	1,3	0,6	2,0	50	35	8	50	120
36	1,4	0,65	1,5	60	30	8,5	100	110
37	1,5	0,7	1,6	70	25	9,5	90	100
38	1,4	0,75	0,1	80	20	9	60	110
39	1,3	0,8	0,2	90	15	6	70	120

Вариант	a , м	b , м	c , м	N_1 , кВт	m_2 , кН·м	m , кН·м/м	n_1 , об/мин	$[\tau]$, МПа
40	1,2	0,85	0,2	30	10	5	80	130
41	1,1	0,9	0,3	45	5	10	70	150
42	1,0	1,0	0,4	55	10	9	50	130
43	0,9	1,2	0,5	120	15	6	100	110
44	0,8	1,25	0,45	95	20	5,5	85	120
45	0,7	1,3	0,6	80	25	5,0	65	100
46	0,6	1,4	0,7	55	30	7	90	110
47	0,5	1,5	0,75	65	35	8	80	120
48	0,4	1,6	0,8	50	40	6,5	85	130
49	0,3	1,5	0,9	60	45	7	70	150
50	0,2	1,4	1,0	70	50	8	60	130
51	0,1	1,3	0,1	40	55	6	50	120
52	0,25	1,2	0,25	45	60	9	40	110
53	0,3	1,1	0,2	30	50	10	60	100
54	0,5	1,0	0,3	120	40	9	100	110
55	0,45	0,9	0,45	95	30	6,5	95	120
56	0,6	0,8	0,4	85	20	6,0	90	130
57	0,9	0,7	0,5	80	10	7	80	150
58	1,0	0,6	0,6	60	5	8	70	130
59	1,1	0,5	0,7	65	15	6,5	60	120
60	1,2	0,4	0,8	75	20	8	50	110
61	2,1	1,3	2,1	5,0	25	10	30	150
62	3,1	1,4	1,3	5,84	30	5	45	110
63	2,5	2,5	2,5	2,0	35	11	60	120
64	3	2,1	1,6	3,5	40	3	23	160
65	1,2	2	2	4,5	45	5	52	130
66	1,5	1,5	3,5	6,4	20	4,2	45	150
67	1,2	1,75	1,8	3,5	30	9	26	100
68	1	2	4	2,1	15	3,2	35	120
69	3,2	1,65	1,45	7,0	10	6,5	36	135
70	3,4	3,1	3,1	8,0	5	8	39	120
71	1,5	1,7	5,2	6,5	10	9	56	100
72	2,4	1,6	3,6	6,3	15	7	70	160
73	1,8	2,1	2,4	4,3	20	3	50	170
74	3,6	1,56	2,0	2,5	25	12	90	150
75	1,7	1,3	1	3,8	30	6	23	120
76	2,5	2,0	2,3	6	35	13	56	100
77	4	3	1,0	3,6	40	15	90	130
78	5	4	5	4,3	45	14	23	140
79	4,5	2,4	3,2	8	50	9	36	150
80	3,6	3,6	1,2	3,5	10	6	45	170

Пример решения задачи № 3

Дано: $m_2 = 5$ кН·м, $m = 10$ кН·м/м, $a = 1$ м, $b = 2$ м,
 $N_1 = 100$ кВт, $n_1 = 50$ об./мин, $[\tau] = 150$ МПа.

Решение:

1. Определяем момент, передаваемый валу шкивом 1:

$$m_1 = 9,55 \frac{100}{50} = 19,1 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2. Из условия равновесия определяем значение и направление крутящего момента на шкиве 2.

$$\sum M_i = 0,$$

$$m_1 - m_2 - mb = 0,$$

$$m_1 = m_2 + mb = 5 + 19,1 \cdot 2 = 43,1 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Так как момент m_1 по расчетам получился положительным, значит направлен по часовой стрелке. Проставляем направление момента на схеме.

3. Вычертим схему в масштабе по длине, с указанием нагрузок и размеров участков вала.

4. Построим эпюру крутящих моментов. Для этого разбиваем вал на характерные сечения и в каждом из сечений определяем величину и направление крутящего момента.

$$M_1 = 43,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = M_1 = 43,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = m_1 - m_2 = 43,2 - 5 = 38,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = m_1 - m_2 - mb = 43,2 - 5 - 19,1 \cdot 2 = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

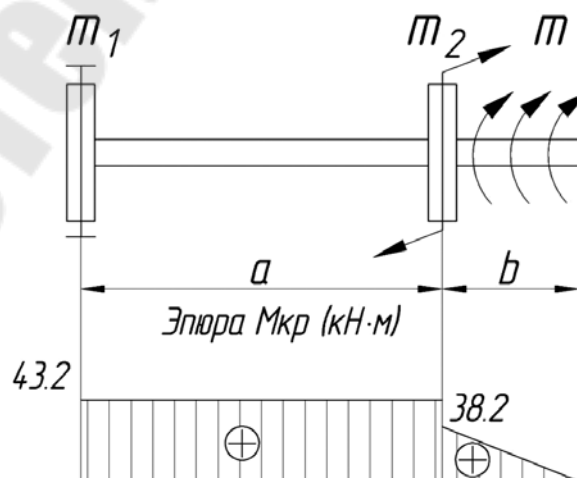


Рис. 6. Эпюра крутящих моментов

5. Опасное сечение это максимальное значение момента по модулю, в данном случае это момент $M_1 = M_2 = 43,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

6. Из условия прочности по касательным напряжениям определяем диаметр вала d , мм:

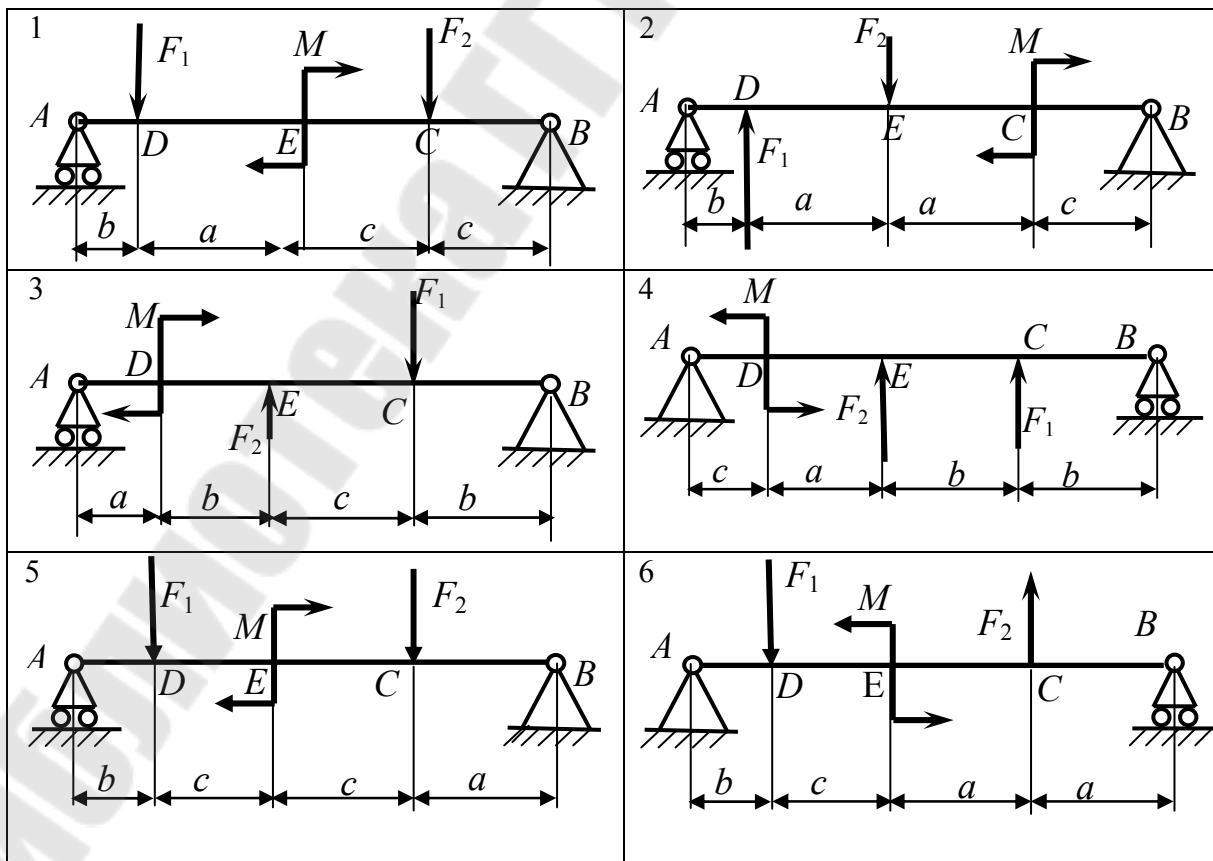
$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_1}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 43,2 \cdot 10^6}{\pi \cdot 150}} = 81,94 \text{ мм.}$$

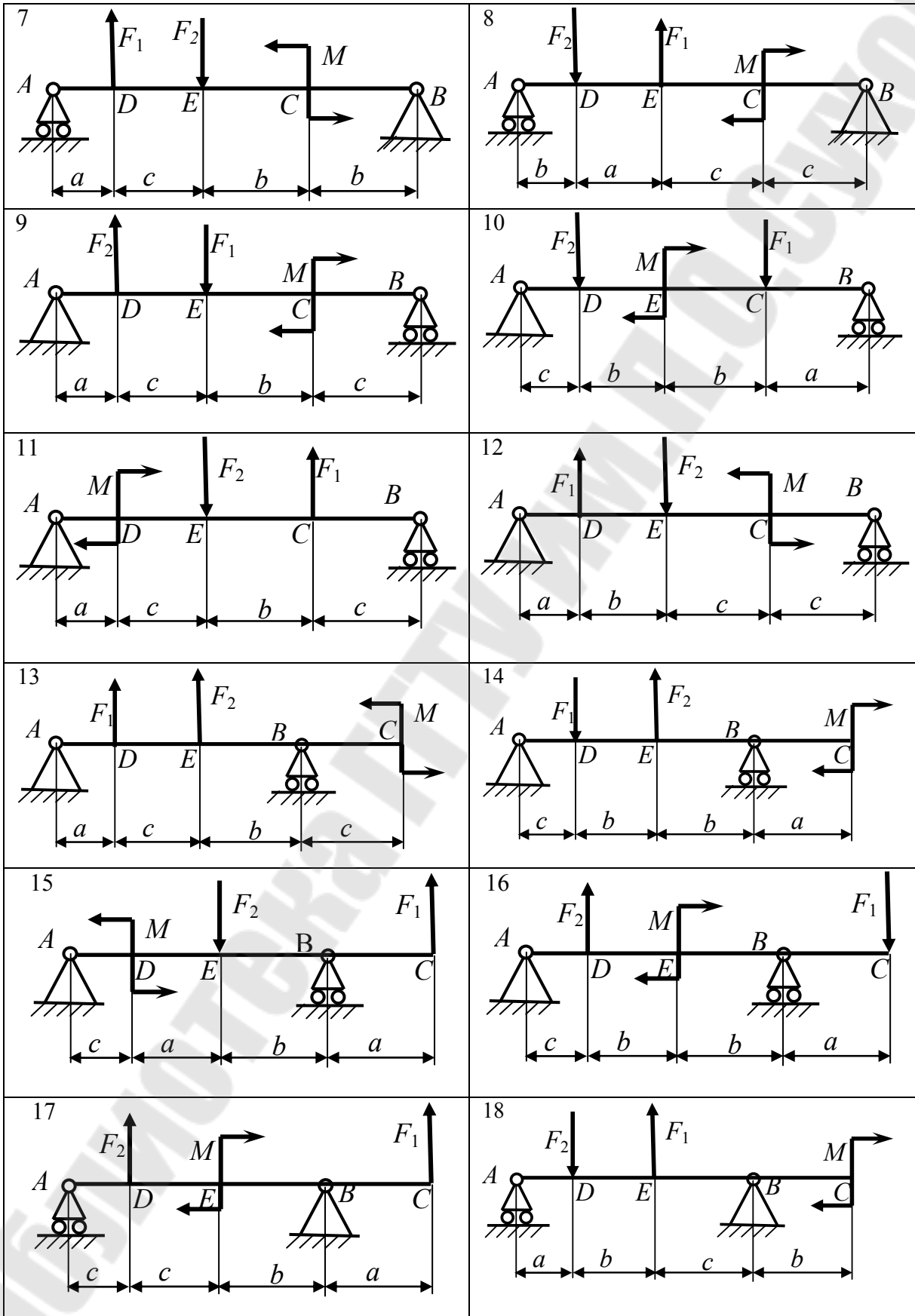
Задача № 4 Расчет стержня на изгиб

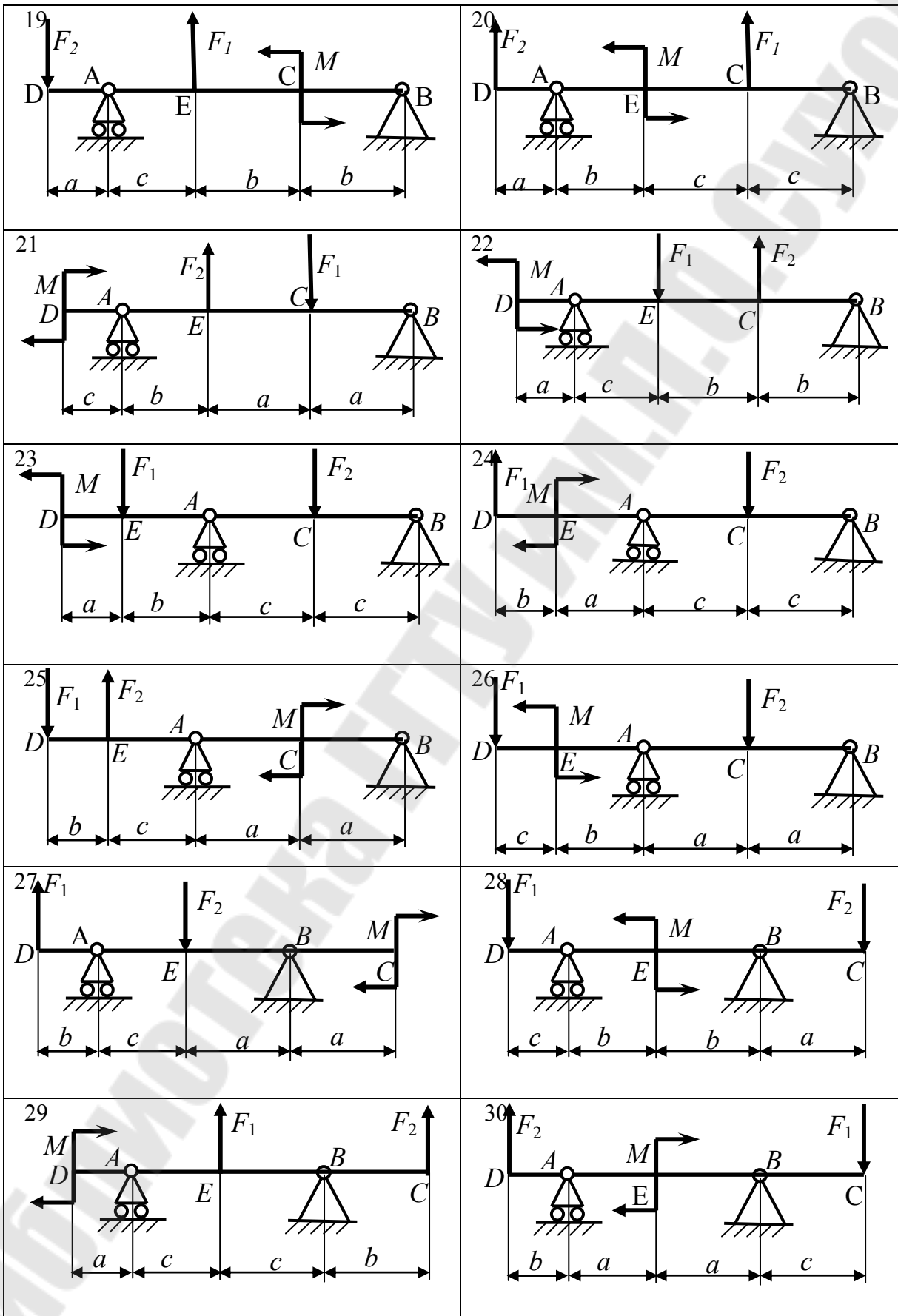
Для балки, изображенной на рисунке (табл. 9), построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M . Подобрать размеры круглого, прямоугольного и таврового сечения, если отношение сторон в прямоугольном сечении $\frac{h}{b} = 3$, допускаемое напряжение для материала балки $[\sigma] = 210 \text{ МПа}$. Исходные данные в табл. 10.

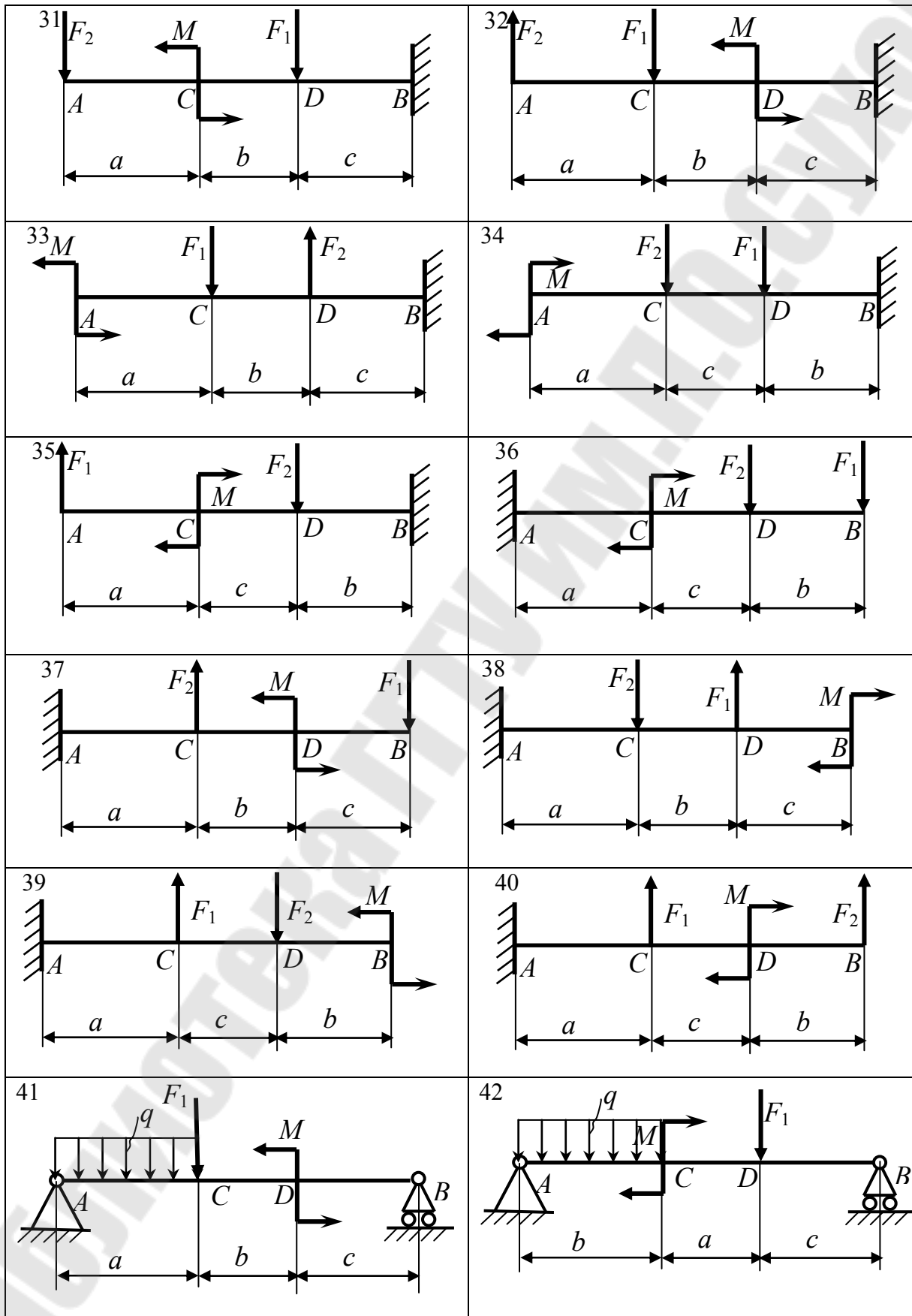
Таблица 9

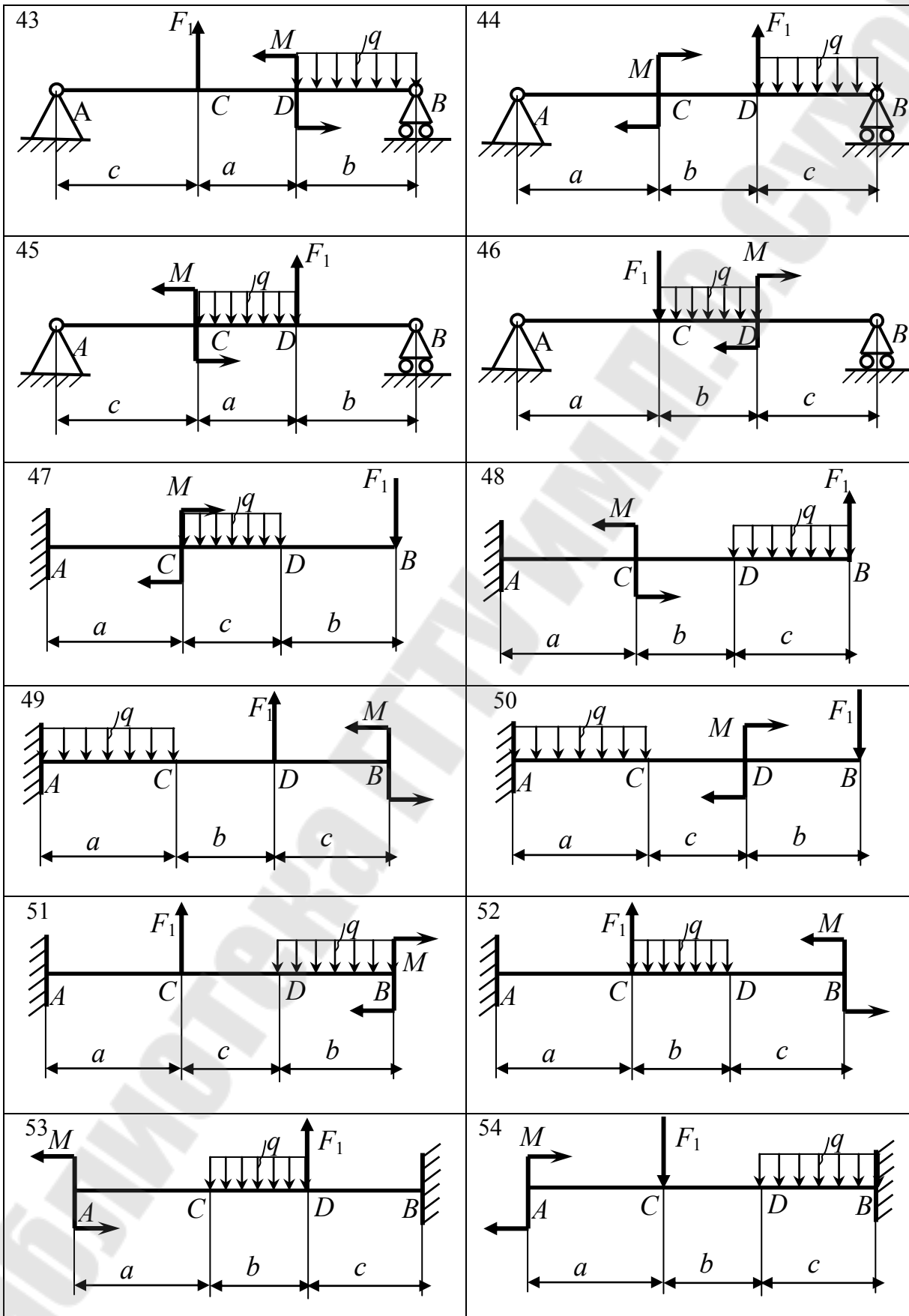
Расчетные схемы для балок на изгиб

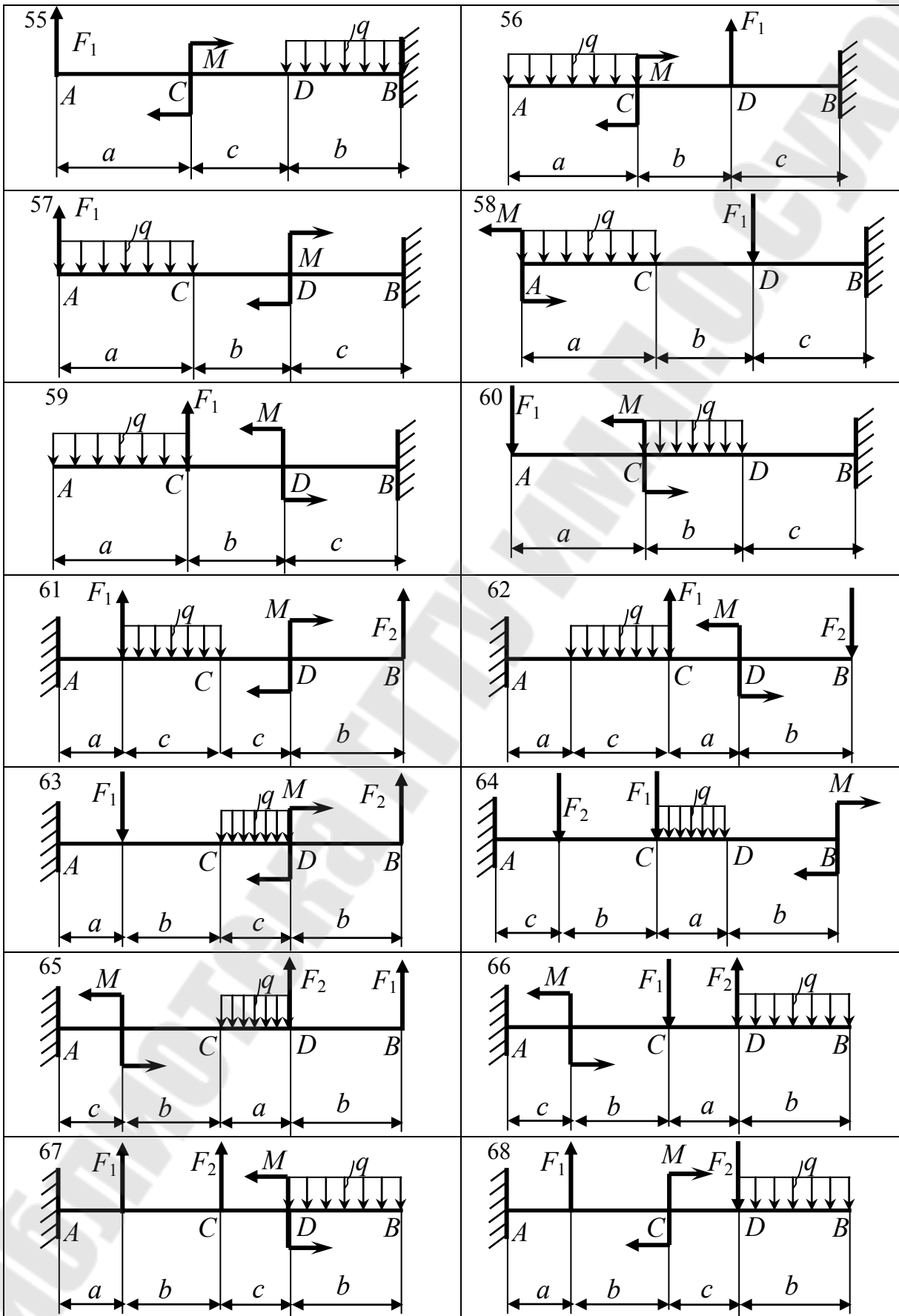


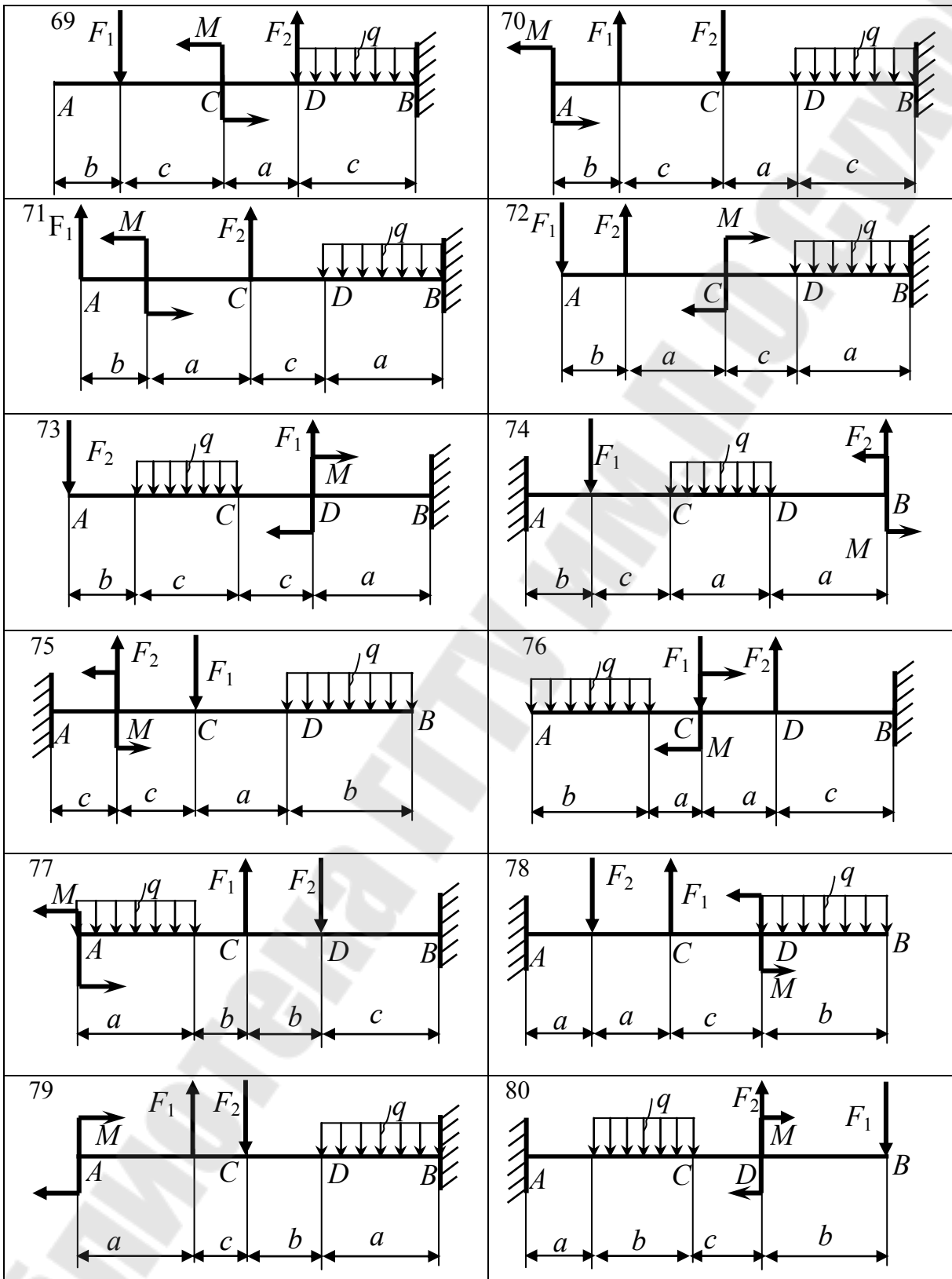












Исходные данные для расчета балок на изгиб

Вариант	Внешние нагрузки				Длина участка		
	F_1 , кН	F_2 , кН	M , кНм	q , кН/м	a , м	b , м	c , м
1	20	30	15	10	2	1	3
2	30	40	20	12	3	2	4
3	40	50	25	15	4	3	5
4	50	45	10	10	1	4	2
5	55	25	40	12	3	5	1
6	60	30	35	15	4	3	5
7	45	35	45	8	2	1	4
8	35	55	25	10	1	4	3
9	25	15	20	12	3	1	4
10	15	10	30	14	4	2	5
11	20	20	40	16	2	3	1
12	25	25	45	15	1	4	3
13	50	30	50	12	4	5	2
14	40	35	60	10	3	1	2
15	45	40	25	8	2	3	4
16	35	50	30	9	1	3	5
17	30	45	35	7	3	4	1
18	60	55	30	5	4	5	2
19	15	60	40	11	2	3	4
20	30	15	25	9	3	2	1
21	15	25	35	10	4	1	5
22	20	30	40	8	1	4	3
23	25	40	50	7	3	5	2
24	45	50	60	12	4	1	2
25	30	60	20	6	2	3	5
26	15	25	20	5	1	5	2
27	20	35	40	10	2	4	3
28	25	45	30	8	3	2	4
29	35	55	15	9	4	1	2
30	30	15	30	7	1	2	3
31	45	20	35	6	2	3	5
32	40	20	40	10	3	4	5
33	35	25	50	9	4	5	1
34	30	15	60	8	5	4	3
35	25	10	20	7	1	3	4
36	20	15	25	6	3	2	1
37	15	20	30	5	2	1	4
38	10	25	40	4	4	2	5
39	15	30	45	3	5	3	2

Вариант	Внешние нагрузки				Длина участка		
	F_1 , кН	F_2 , кН	M , кНм	q , кН/м	a , м	b , м	c , м
40	20	35	50	2	1	4	2
41	25	40	55	1	3	5	4
42	30	45	60	2	2	4	5
43	35	50	40	3	4	3	1
44	40	55	30	4	5	2	1
45	45	60	20	5	4	1	3
46	50	10	25	6	3	2	5
47	55	15	30	7	2	3	4
48	60	20	40	8	1	4	5
49	20	25	35	9	2	5	3
50	30	40	50	10	3	4	5
51	40	30	20	9	4	3	2
52	50	35	45	8	5	2	1
53	60	45	30	7	4	1	5
54	45	50	25	6	3	2	4
55	55	10	35	5	2	3	5
56	35	15	45	4	1	4	3
57	25	20	55	3	2	5	3
58	15	25	60	2	3	1	2
59	10	30	40	1	4	2	5
60	20	40	35	2	5	3	2
61	30	20	45	3	4	3	1
62	40	30	15	4	3	2	4
63	50	15	35	5	2	1	5
64	60	25	45	6	1	2	4
65	15	30	10	7	2	3	1
66	25	35	50	8	3	4	5
67	35	40	10	9	4	5	3
68	45	60	50	10	5	4	2
69	55	15	35	1	4	3	1
70	20	30	50	2	3	2	4
71	15	35	10	3	2	1	5
72	35	45	60	4	1	3	5
73	40	50	45	3	2	1	6
74	55	35	50	10	5	6	4
75	45	40	35	8	3	2	1,5
76	35	60	45	5	1	2	3
77	45	55	60	10	3	4	2
78	55	45	35	8	4	3	1
79	60	40	50	6	5	3	2
80	40	60	30	7	4	1	3

План решения задачи № 4

1. Вычертить схему в масштабе по длине, указав числовые значения нагрузок и длин участков.

2. Разбить балку на характерные участки. Границами участков являются сечения, где приложены внешние сосредоточенные нагрузки, сечения начала и конца распределенной нагрузки, а также опоры балки.

3. Определить опорные реакции и осуществить проверку правильности их нахождения.

4. Используя метод сечений, определить значения поперечных сил и изгибающих моментов в характерных сечениях балки и построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

5. Определить необходимый момент сопротивления сечения балки:

$$W \geq \frac{M_x}{[\sigma]}.$$

6. Определить размеры прямоугольного, круглого и двутаврового сечения:

$$W_{\text{пр}} = \frac{bh^2}{6}; \quad W_{\text{кр}} = \frac{\pi d^3}{32}; \quad W_{\text{дв}} - \text{ по ГОСТ 8239-72.}$$

Пример решения задачи № 4

Пусть на двухопорную балку (рис. 7) действует внешний изгибающий момент $M = 15 \text{ кН} \cdot \text{м}$, внешняя сила $F = 20 \text{ кН}$, а также равномерно распределенная нагрузка интенсивностью $q = 10 \text{ кН/м}$. Длины участков $a = 4 \text{ м}$, $b = 2 \text{ м}$, $c = 1 \text{ м}$. Для прямоугольного сечения $\frac{h}{b} = 3$, $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$.

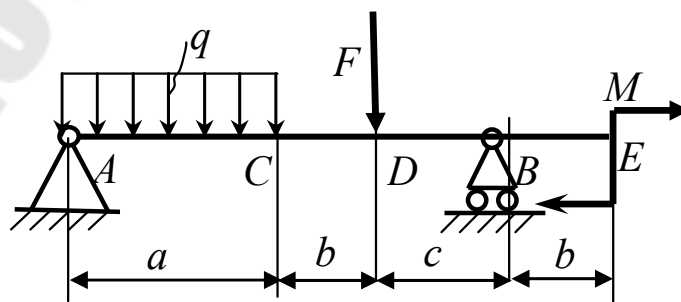


Рис. 7. Исходная схема балки

1. Вычерчиваем схему в масштабе по длине, указав числовые значения нагрузок и длин участков.

2. Разбиваем балку на характерные участки, границами участков являются сечения, где приложены внешние сосредоточенные нагрузки, сечения начала и конца распределенной нагрузки, а также опоры балки.

3. Определяем реакции в опорах A и B . Составим уравнения равновесия моментов всех внешних сил относительно опор A и B :

$$\sum M_A = 0; \quad qa \cdot a/2 + F(a+b) + M - R_B(a+b+c) = 0,$$

$$R_B = \frac{80 + 120 + 15}{4 + 2 + 1} = \frac{215}{7} \text{ кН.}$$

$$\sum M_B = 0; \quad M - Fc - qa(a/2 + b + c) + R_A(a+b+c) = 0,$$

$$R_A = \frac{20 - 15 + 40 \cdot (2 + 1 + 2)}{4 + 2 + 1} = \frac{205}{7} \text{ кН.}$$

Проверяем правильность нахождения опорных реакций:

$$R_A - qa - F + R_B = 0, \quad \frac{215}{7} - 10 \cdot 4 - 20 + \frac{215}{7} = 0, \quad 0 = 0 \text{ (верно).}$$

4. Определяем значения поперечных сил для каждого участка балки. На первом участке произвольно выберем сечение на расстоянии z_1 от опоры A .

Поперечная сила в этом сечении

$$Q_I(z_1) = +R_A - qz_1.$$

Из уравнения следует, что поперечная сила на первом участке изменяется по закону прямой линии:

$$\text{при } z_1 = 0; \quad Q_I(z_1 = 0) = +R_A - q \cdot 0 = \frac{205}{7} \text{ кН;}$$

$$\text{при } z_1 = a; \quad Q_I(z_1 = a) = +R_A - qa = \frac{205}{7} - 10 \cdot 4 = -75/7 \text{ кН.}$$

Поперечную силу на втором участке определяем, рассматривая часть балки слева от сечения $II - II$:

$$Q_{II} = +R_A - qa = \frac{205}{7} - 40 = -75/7 \text{ кН.}$$

Аналогично находим поперечные силы на третьем и четвертом участках:

$$Q_{III} = +R_A - qa - F = \frac{205}{7} - 40 - 20 = -\frac{215}{7} \text{ кН};$$

$$Q_{IV} = +R_A - qa - F = \frac{205}{7} - 40 - 20 = -\frac{215}{7} \text{ кН}.$$

Определяем значения изгибающих моментов для каждого участка балки. Для этого воспользуемся теми же участками балки и сечениями, которые были выбраны ранее. На первом участке балки изгибающий момент равен

$$M_I(z_1) = +R_A z_1 - qz_1 \cdot z_1 / 2.$$

Изгибающий момент на этом участке изменяется по закону квадратной параболы, для построения которой достаточно знать три его значения:

$$\text{при } z_1 = 0; M_I(z_1 = 0) = +R_A \cdot 0 - q \cdot 0 \cdot 0 = 0;$$

$$\text{при } z_1 = a;$$

$$M_I(z_1 = a) = +R_A a - qa \cdot a / 2 = \frac{205}{7} 4 - 10 \cdot 4 \cdot 2 = \frac{260}{7} \text{ кНм}.$$

Третье значение изгибающего момента можно определить для любого промежуточного сечения, расположенного в пределах рассматриваемого участка.

В нашем случае третье значение изгибающего момента определим для сечения, в котором поперечная сила равна нулю, а, следовательно, изгибающий момент будет иметь свое наибольшее (экстремальное) значение. Находим значение z_1 , при котором поперечная сила будет равна нулю:

$$Q_I(z_1) = +R_A - qz_1 = 0.$$

Тогда

$$z_1 = \frac{R_A}{q} = \frac{205}{7 \cdot 10} = 2,928 \text{ м}.$$

Наибольший изгибающий момент

$$M_I^{\max}(z_1 = 2,928) = R_A z_1 - qz_1^2 / 2 = \frac{205}{7} 2,928 - 10 \cdot 2,928^2 / 2 = 42,866 \text{ кНм}.$$

Уравнение изгибающего момента на втором участке балки для сечения $II - II$ на расстоянии z_2 запишется так:

$$M_{II}(z_2) = +R_A(a + z_2) - qa(a/2 + z_2).$$

На этом участке изгибающий момент изменяется по закону прямой линии, для построения которой достаточно знать два его значения:
при $z_2 = 0$

$$M_I(z_2 = 0) = +R_A a - qa \cdot a/2 = \frac{205}{7} \cdot 4 - 10 \cdot 4 \cdot 2 = \frac{260}{7} \text{ кНм};$$

при $z_2 = b$

$$M_{II}(z_2 = b) = +R_A(a + b) - qa(a/2 + b) = \frac{205}{7} \cdot 6 - 40 \cdot 4 = \frac{110}{7} \text{ кНм}.$$

Аналогично находим значения изгибающих моментов для третьего и четвертого участков.

Уравнение изгибающего момента на третьем участке балки для сечения $III - III$:

$$M_{III}(z_3) = +R_A(a + b + z_3) - qa(a/2 + b + z_3) - Fz_3;$$

при $z_3 = 0$

$$\begin{aligned} M_{III}(z_3 = 0) &= +R_A(a + b + 0) - qa(a/2 + b + 0) - F \cdot 0 = \\ &= \frac{205}{7} \cdot 6 - 40 \cdot 4 = 110/7 \text{ кНм}; \end{aligned}$$

при $z_3 = c$

$$\begin{aligned} M_{III}(z_3 = c) &= +R_A(a + b + c) - qa(a/2 + b + c) - Fc = \\ &= \frac{205}{7} \cdot 7 - 40 \cdot 5 - 20 = -15 \text{ кНм}. \end{aligned}$$

Уравнение изгибающего момента на четвертом участке балки для сечения $IV - IV$ на расстоянии z_4 или $z'_4 = b - z_4$ запишется так:

$$M_{IV}^{спл}(z_4) = +R_A(a + b + c + z_4) - qa(a/2 + b + c + z_4) - F(c + z_4) + R_B z_4$$

или $M_{IV}^{спл}(z'_4) = -M = -15 \text{ кНм};$

при $z_4 = 0$

$$M_{IV}^{сл}(z_4 = 0) = +R_A(a + b + c + 0) - qa(a/2 + b + c + 0) - \\ - F(c + 0) + R_B \cdot 0 = \frac{205}{7} \cdot 7 - 40 \cdot 5 - 20 = -15 \text{ кНм};$$

при $z_4 = b$

$$M_{IV}^{сл}(z_4 = b) = +R_A(a + b + c + b) - qa(a/2 + b + c + b) - \\ - F(c + b) + R_B \cdot 2 = \frac{205}{7} \cdot 9 - 40 \cdot 7 - 20 \cdot 3 + \frac{215}{7} \cdot 2 = -15 \text{ кНм}.$$

По найденным числовым значениям строим эпюру поперечных сил и изгибающих моментов (рис. 8).

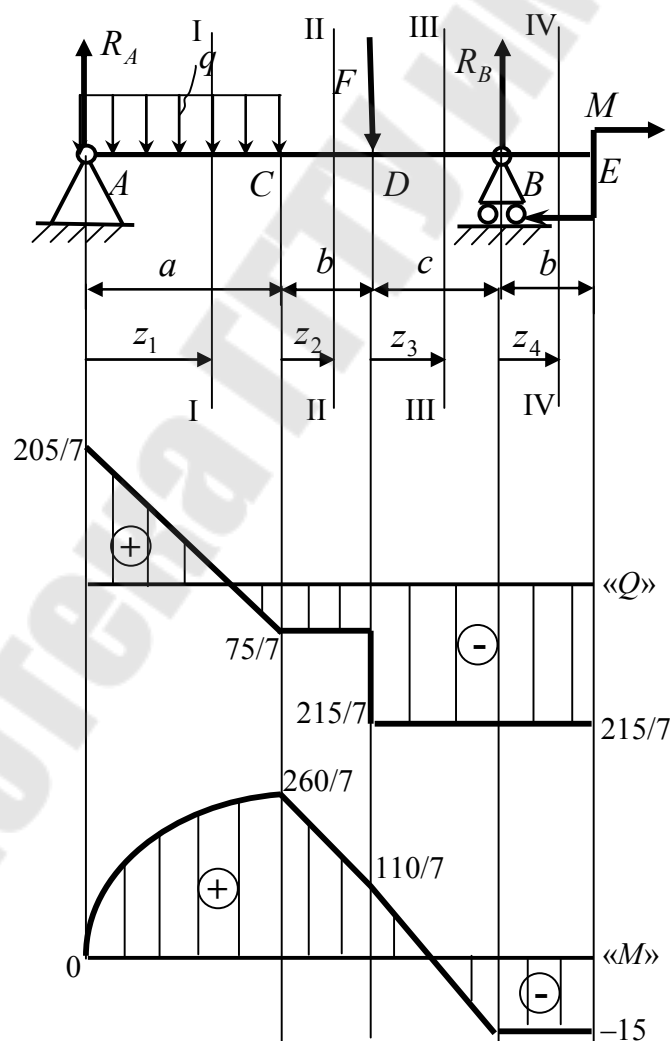


Рис. 8. Расчетная схема с эпюрами

5. Определяем необходимый момент сопротивления сечения балки:

$$W \geq \frac{M_{x\max}}{[\sigma]} = \frac{260 \cdot 10^3}{7 \cdot 150 \cdot 10^6} = 0,247 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

6. Определяем размеры круглого, прямоугольного и двутаврового сечения.

Для круглого сечения $W_{\text{кр}} = \frac{\pi d^3}{32}$; откуда

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{x\max}}{\pi[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,247 \cdot 10^{-3}}{3,14}} = 0,136 \text{ м} = 136 \text{ мм}.$$

Для прямоугольного сечения $W_{\text{пр}} = \frac{bh^2}{6}$, при $\frac{h}{b} = 3$ $W_{\text{пр}} = \frac{3b^3}{2}$;

находим $b = \sqrt[3]{\frac{2M_{x\max}}{3[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 0,247 \cdot 10^{-3}}{3}} = 0,0548 \text{ м} = 54,8 \text{ мм},$

$$h = 3b = 164,4 \text{ мм}.$$

Принимаем $b = 55 \text{ мм}, h = 165 \text{ мм}.$

Для двутаврового сечения находим $W_{\text{дв}}$ – по ГОСТ 8239–72 $W_{\text{дв}} = 289,0 \text{ см}^3$ и подбираем двутавр № 24 с размерами: $h = 240 \text{ мм}, b = 115 \text{ мм}, s = 5,6 \text{ мм}.$

Литература

1. Иосилевич, Г. Б. Прикладная механика : учеб. для машиностр. специальностей вузов / Г. Б. Иосилевич, Г. Б. Строганов, Г. С. Маслов ; под ред. Г. Б. Иосилевича. – М. : Высш. шк., 1989. – 348 с.
2. Прикладная механика : учеб. пособие для машиностр. специальностей вузов / под общ. ред. А. Т. Скойбеды. – Минск : Выш. шк., 1997. – 524 с.
3. Сопротивление материалов : пособие к решению задач / сост.: Д. Н. Пирожков, Л. В. Якименко. – Барнаул : Изд-во АГАУ, 2005. – 96 с.
4. Винокуров, А. И. Сборник задач по сопротивлению материалов : учеб. пособие / А. И. Винокуров. – М. : Высш. шк., 1990. – 383 с.
5. Дарков, А. В. Сопротивление материалов : учеб. для техн. вузов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – М. : Высш. шк., 1989. – 624 с.
6. Кочетов, В. Т. Сопротивление материалов : учеб. пособие для вузов / В. Т. Кочетов, М. В. Кочетов, А. Д. Павленко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 544 с.
7. Соколовская, В. П. Механика. Практикум по решению задач : учеб. пособие / В. П. Соколовская. – Минск : Новое знание, 2006. – 316 с.

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Иноземцева Наталья Владимировна
Прач Светлана Игоревна
Прядко Наталья Владимировна

МЕХАНИКА

Практикум
по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение»,
1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»
и 1-27 01 01 «Экономика и организация производства»
дневной и заочной форм обучения

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. Г. Мансурова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 21.03.16.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,87.

Изд. № 11.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48