ЗАДАНИЯ
для выполнения расчетно-графических работ

ЗАДАНИЕ С-1

Определить реакции опор конструкции. Схемы конструкций представлены на рис. 1-5 (размеры - в м), нагрузка приведена в таблице 1. При этом величины сил $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_1'$, а также $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_2'$ равны соответственно между собой $(P_1 = P_1'; P_2 = P_2')$.

Таблица 1.

№№ варианта	P_1, *кН*	P_2, *кН*	M, *кН·м*	q, *кН / м*
1	6	-	25	0,8
2	5	8	26	-
3	8	10	33	1,1
4	10	-	25	1,3
5	12	-	27	1,3
6	14	12	-	0,9
7	16	8	18	1,4
8	12	6	20	1,0
9	14	-	28	1,4
10	8	-	26	0,9
11	15	10	29	1,0
12	15	8	28	1,5
13	7	6	15	1,1
14	5	-	30	0,9
15	6	10	24	1,5
16	8	11	31	0,8
17	9	15	26	1,1
18	7	16	27	0,8
19	6	18	35	1,4
20	7	16	32	0,8
21	8	17	30	1,2
22	5	6	34	2,5
23	14	7	10	2
24	10	6	7	1,5
25	11	14	20	0,5
26	15	16	14	1
27	14	4	8	2,5
28	10	-	7	3
29	18	6	8	1
30	16	10	14	2

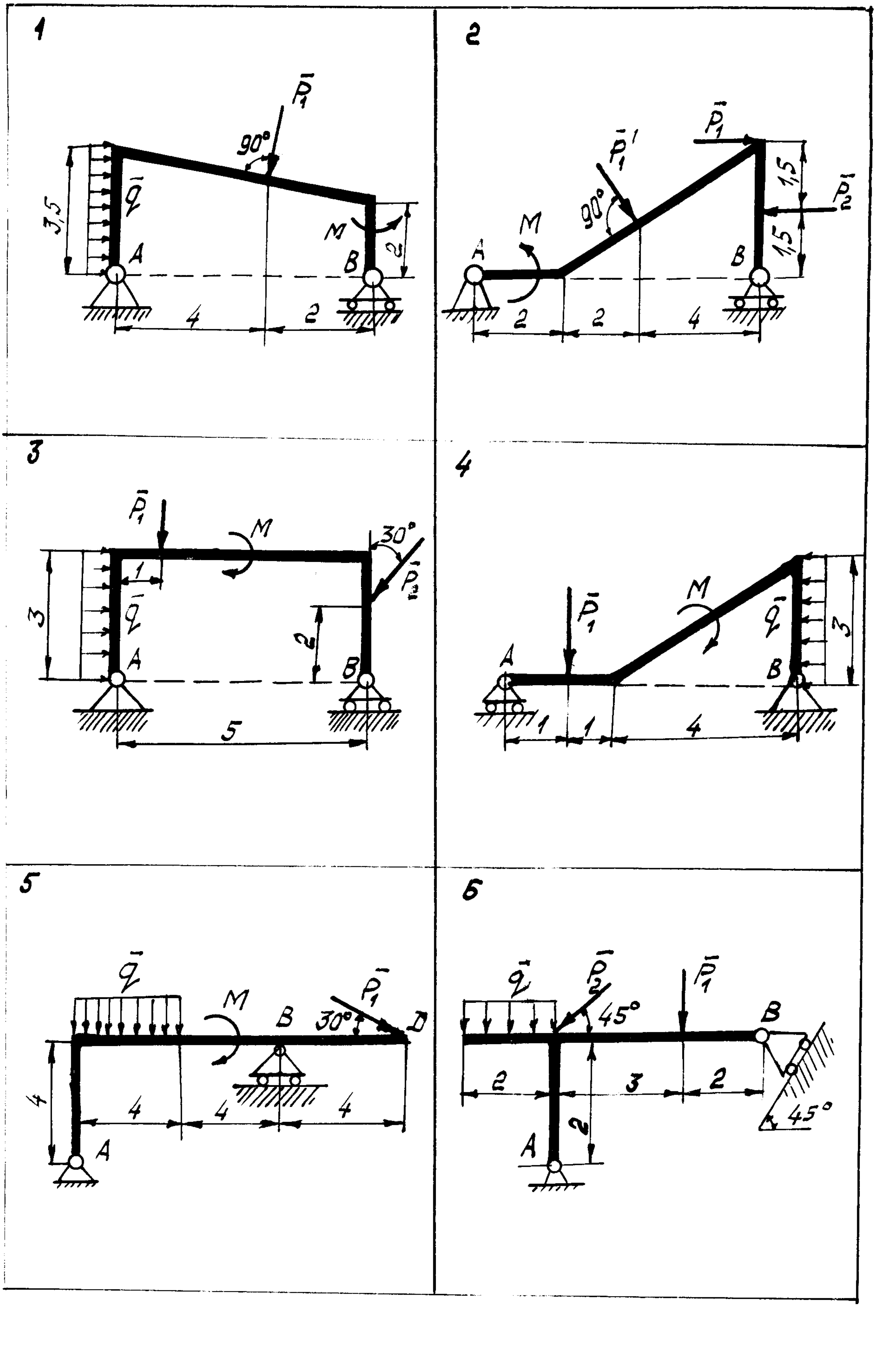


Рис. 1

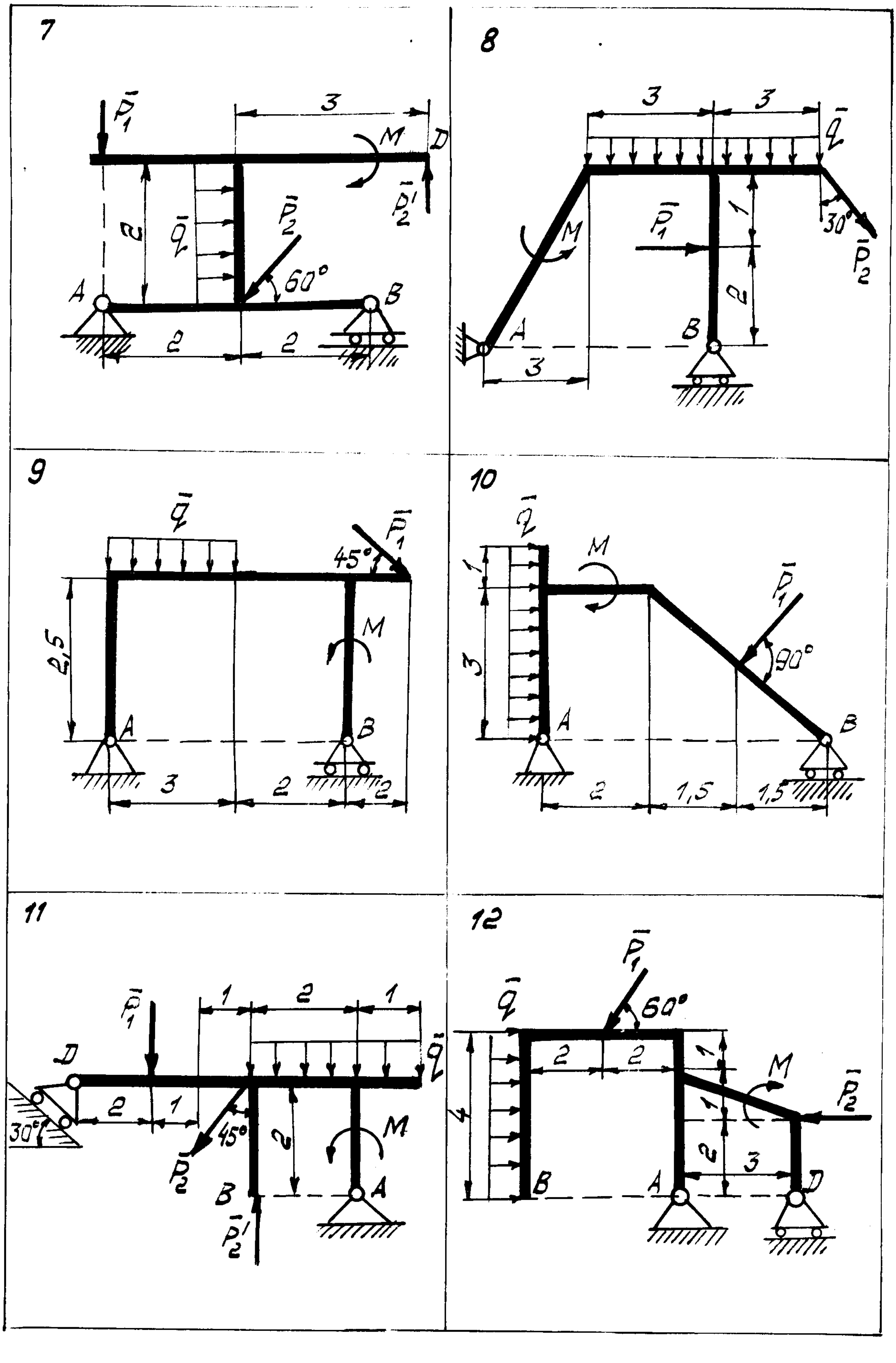
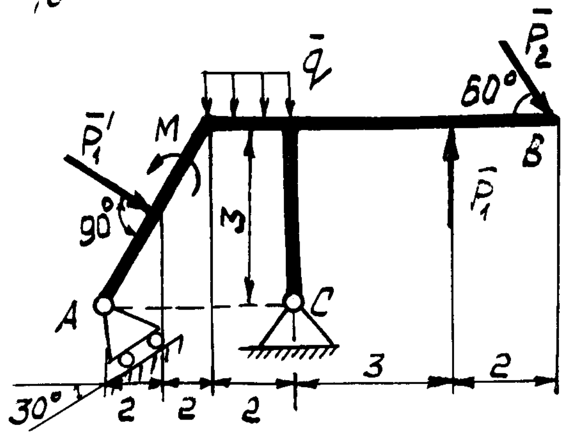
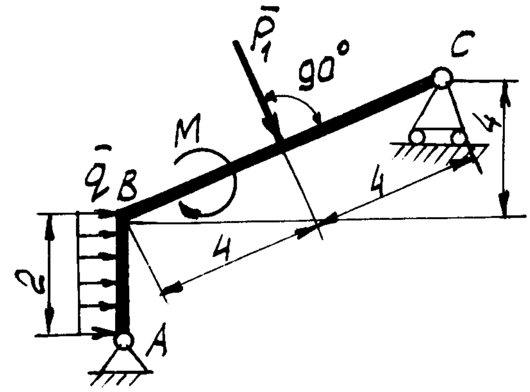


Рис. 2

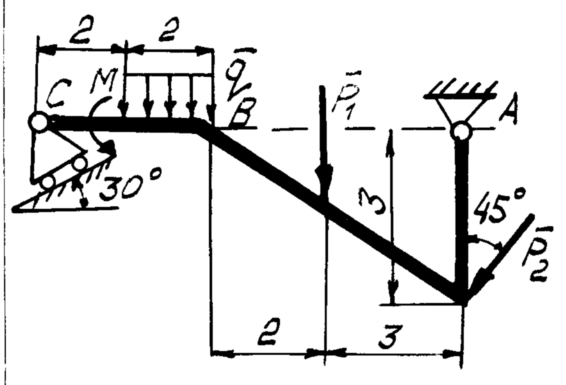
13



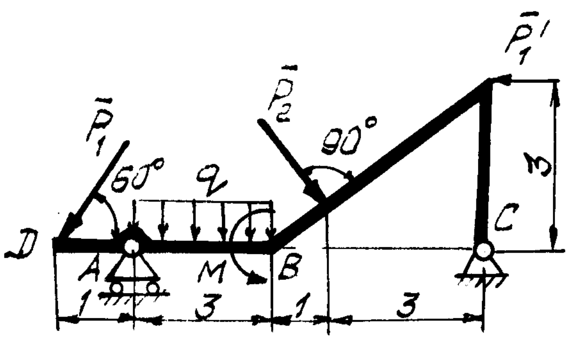
14



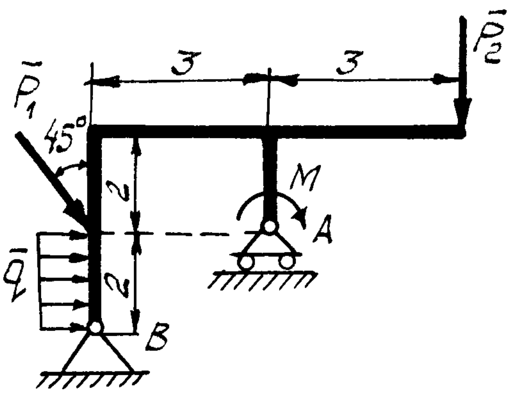
15



16



17



18

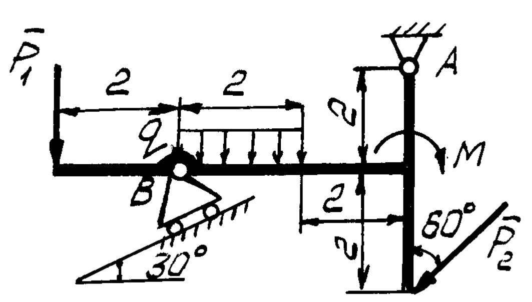


Рис. 3

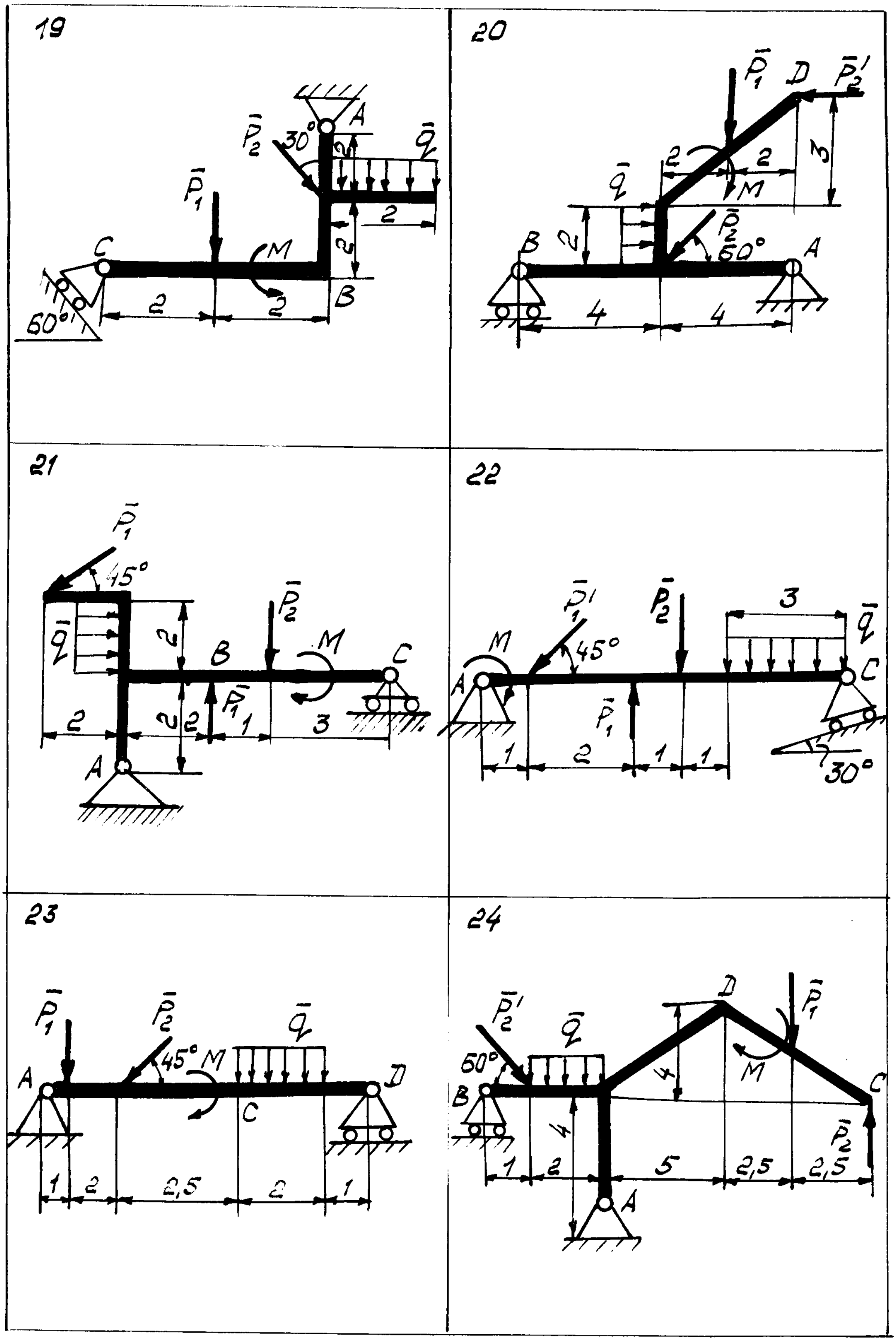


Рис. 4

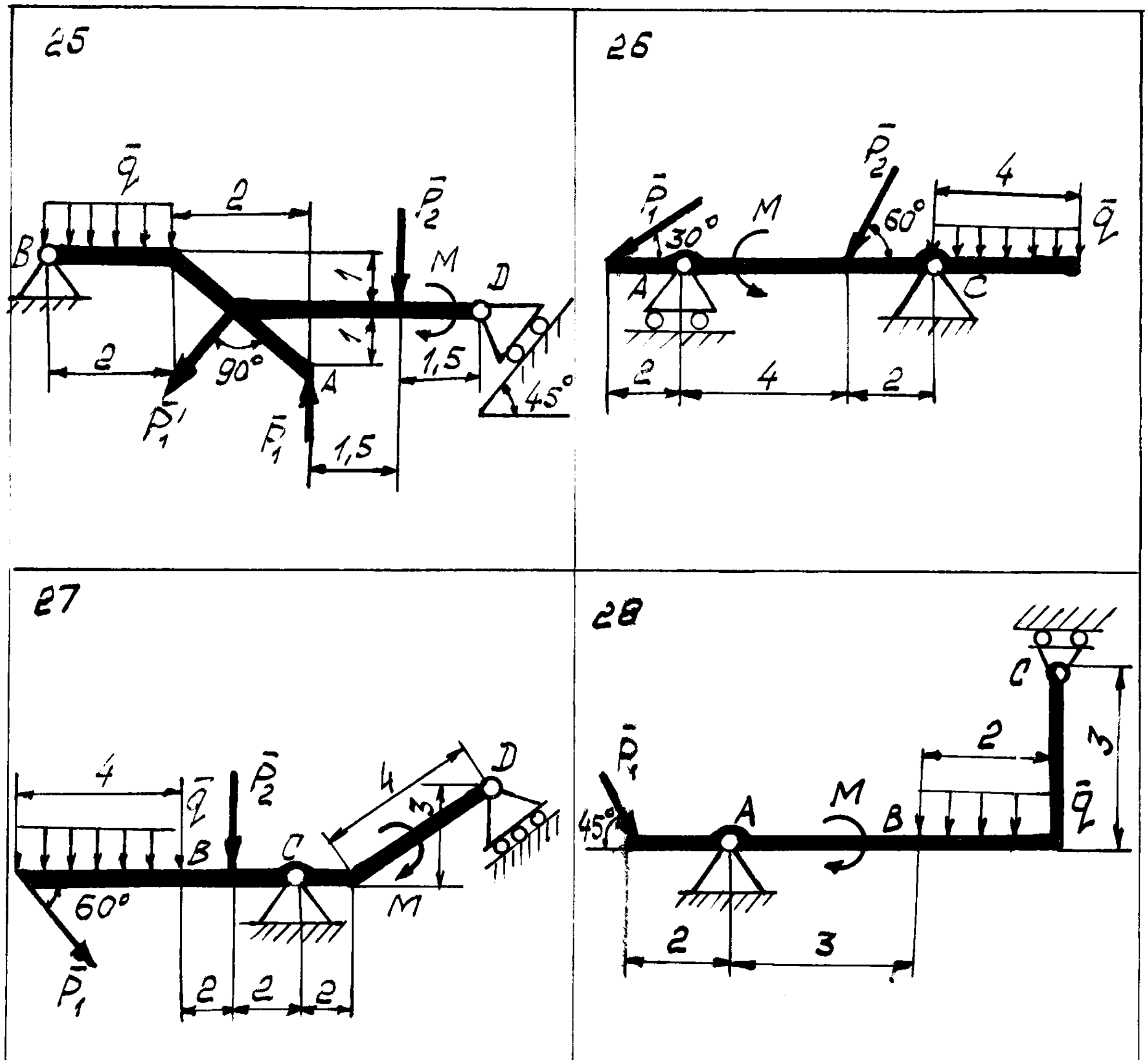


Рис. 5

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Дано: схема конструкции (рис.6); G = 10 *кН*; P = 5 *кН*; q = 0,5 *кН/м*; $\alpha = 30^{o}$, размеры – в *м*. Определить реакцию опоры A и реакцию стержня CD.

РЕШЕНИЕ

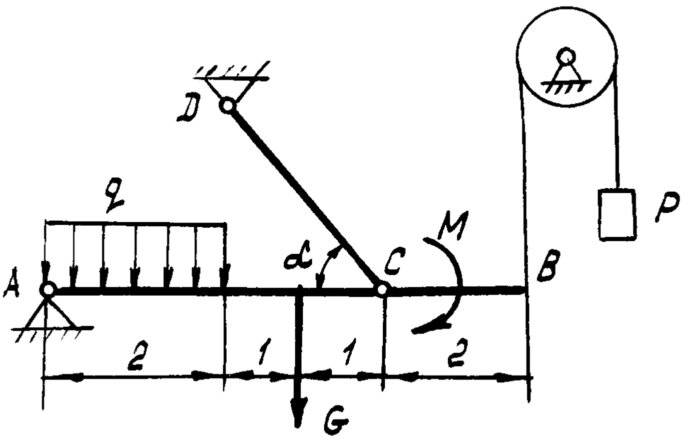


Рис. 6

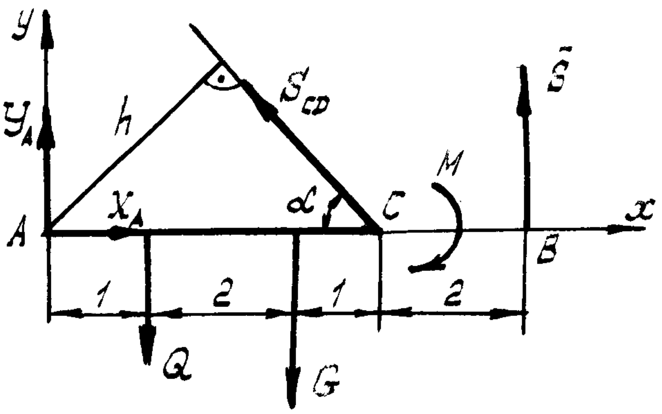


Рис. 7

Рассмотрим систему уравновешивающихся сил, приложенных к балке AB. Отбрасываем связи: шарнирно-неподвижную опору A, стержень CD и нить. Действие связей на балку заменяем их реакциями (рис.7). Так как направление реакции шарнирно-неподвижной опоры A неизвестно, то определяем ее составляющие $\bar{X}_A$ и $\bar{Y}_A$. Покажем также реакцию $\bar{S}_{CD}$ стержня и реакцию $\bar{S}$ нити, модуль которой равен P. Равномерно распределенную нагрузку интенсивностью q заменяем сосредоточенной силой $\bar{Q}$ с модулем $Q = 2q = 2{\cdot}0{,}5 = 1$ *кН* и приложенной в центре тяжести эпюры этой нагрузки.

Для плоской системы сил, приложенных к балке, составляем три уравнения равновесия:

$$\sum_K F_{Kx} = 0; \qquad X_A - S_{CD}\cos 30^o = 0; \qquad (1)$$

$$\sum_K F_{Ky} = 0; \qquad Y_A - Q - G + S_{CD}\cos 60^o + S = 0; \qquad (2)$$

$$\sum_K m_A(\bar{F}_K) = 0; \qquad -Q\cdot 1 - G\cdot 3 + S_{CD}\cdot 4\cdot\sin 30^o - M + S\cdot 6 = 0; \qquad (3)$$

Из уравнения (3)

$$S_{CD} = \frac{Q \cdot 1 + G \cdot 3 + M - S \cdot 6}{4 \cdot \sin 30^o} = \frac{1 \cdot 1 + 10 \cdot 3 + 8 - 5 \cdot 6}{4 \cdot 0,5} = 4,5 кH.$$

Из уравнения (1)

$$X_A = S_{CD} \cos 30^o = 4,5 \cdot 0,866 = 3,90 кH.$$

Из уравнения (2)

$$Y_A = Q + G - S_{CD} \cos 60^o - S = 1 + 10 - 4,5 \cdot 0,5 - 5 = 3,75 кH.$$

Значения X_A , Y_A , S_{CD} получаются положительными, это указывает на то, что принятые направления этих сил совпадают с их действительными направлениями.

ЗАДАНИЕ С-2

Определение реакций опор составной конструкции.

Определить реакции опор и давление в промежуточном шарнире С заданной составной конструкции. Схемы конструкции представлены на рис. 8–12, а необходимые данные - в таблице 2.

Таблица 2

№№ п/п	P, кН	M, кН·м	q, кН/м	a, м	α, град.	β, град.
1	10	5	1,4	1,0	45	30
2	12	8	1,0	2,0	60	15
3	15	4	0,8	1,5	30	15
4	14	6	1,8	1,0	75	30
5	20	4	1,4	2,0	60	15
6	16	10	1,2	1,0	30	15
7	18	8	1,6	1,5	60	30
8	20	12	2,2	1,0	75	30
9	22	6	1,2	2,0	45	30
10	30	8	2,4	1,5	30	15
11	10	5	1,4	1,0	45	30
12	12	8	1,0	2,0	60	15
13	15	4	0,8	1,5	30	15
14	14	6	1,8	1,0	75	30
15	20	4	1,4	2,0	60	15
16	16	10	1,2	1,0	30	15
17	18	8	1,6	1,5	60	30
18	20	12	2,2	1,0	75	30
19	22	6	1,2	2,0	45	30
20	30	8	2,4	1,5	30	15
21	10	5	1,4	1,0	45	30
22	12	8	1,0	2,0	60	15
23	15	4	0,8	1,5	30	15
24	14	6	1,8	1,0	75	30
25	20	4	1,4	2,0	60	15
26	16	10	1,2	1,0	30	15
27	18	8	1,6	1,5	60	30
28	20	12	2,2	1,0	75	30
29	22	6	1,2	2,0	45	30
30	30	8	2,4	1,5	30	15

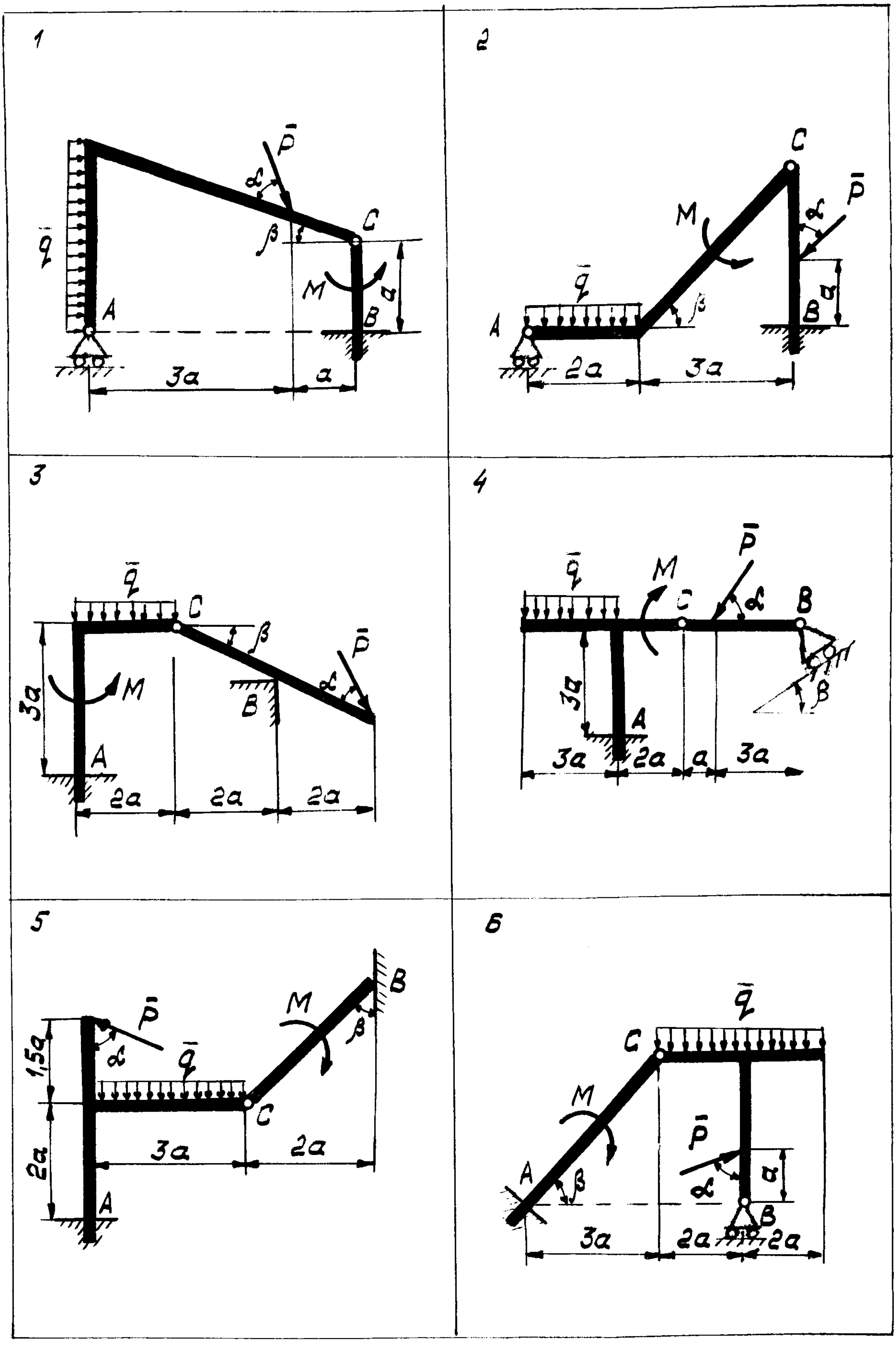
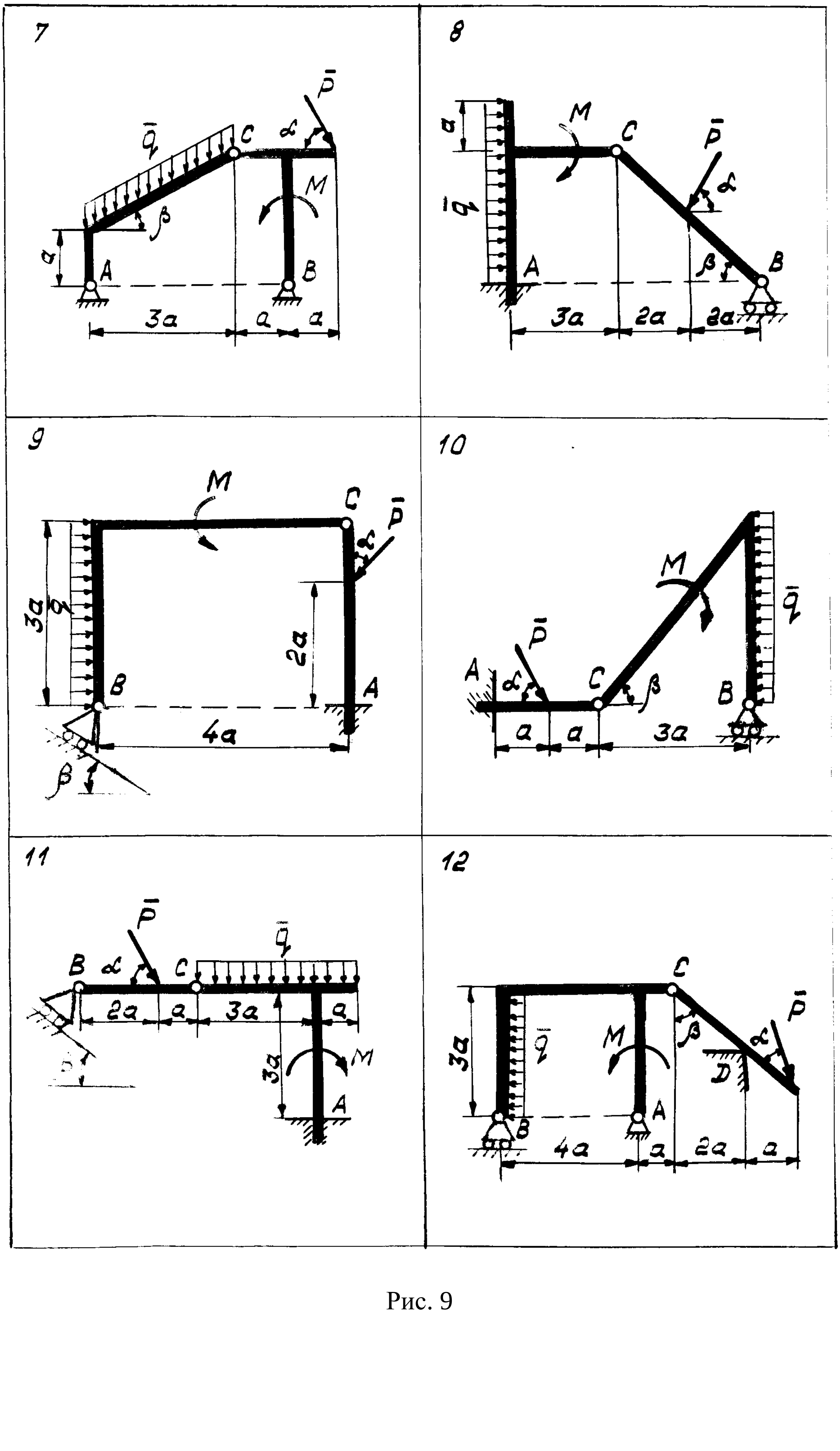


Рис. 8



7
A
B
C
M
3a
a
a
a
8
A
B
C
M
a
3a
2a
2a
9
A
B
C
M
3a
2a
4a
10
A
B
C
M
a
a
3a
11
A
B
C
M
2a
a
3a
a
3a
12
A
B
C
D
M
3a
4a
a
2a
a

Рис. 9

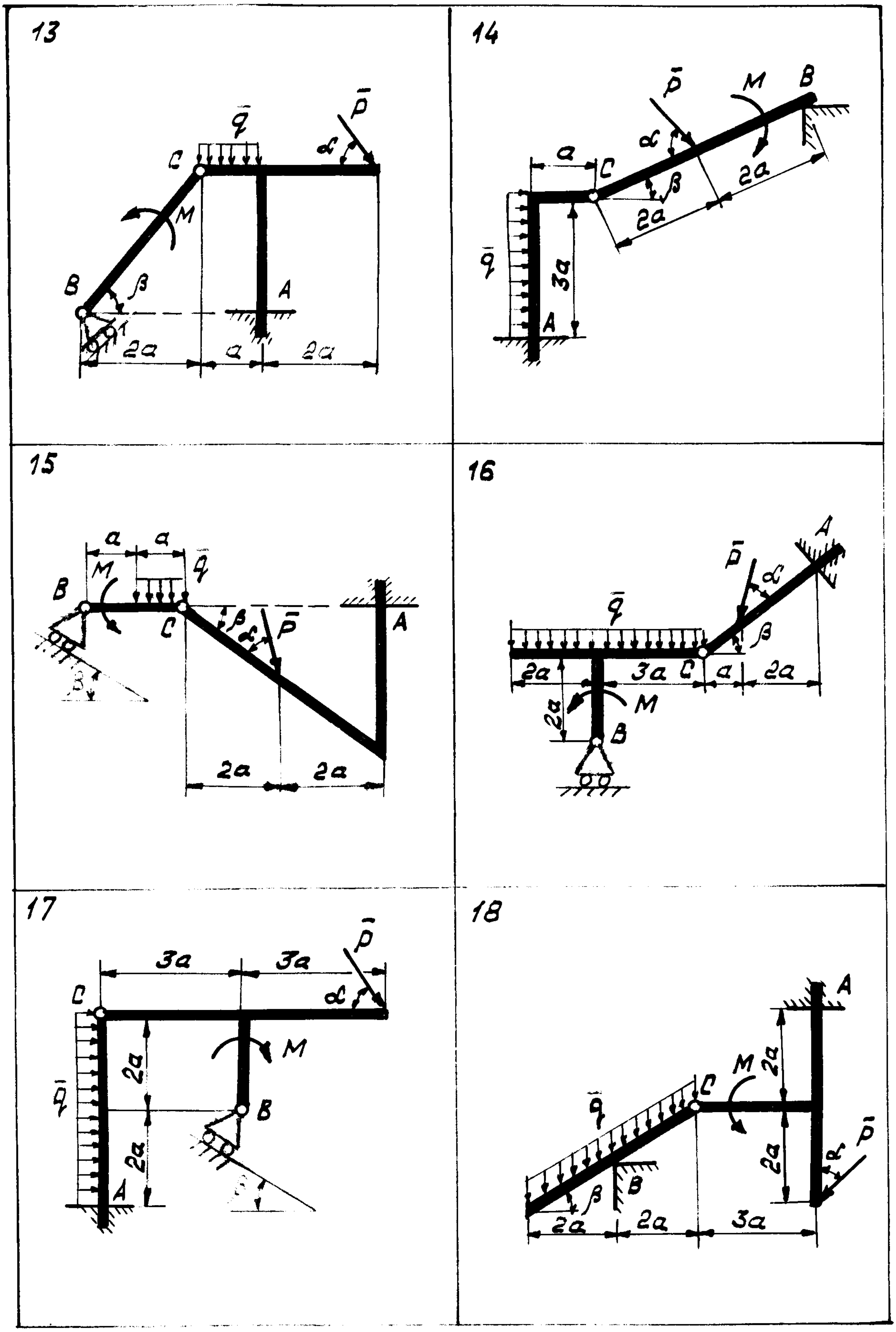

13
q
P
C
M
B
β
α
A
2a
a
2a
14
P
M
B
a
C
α
β
2a
2a
q
3a
A
15
a
a
q
B
M
C
β
α
P
A
β
2a
2a
16
P
A
α
q
β
2a
3a
C
a
2a
2a
M
B
17
P
3a
3a
C
α
2a
M
q
B
2a
A
β
18
A
M
C
2a
q
2a
P
α
β
B
2a
2a
3a

Рис. 10

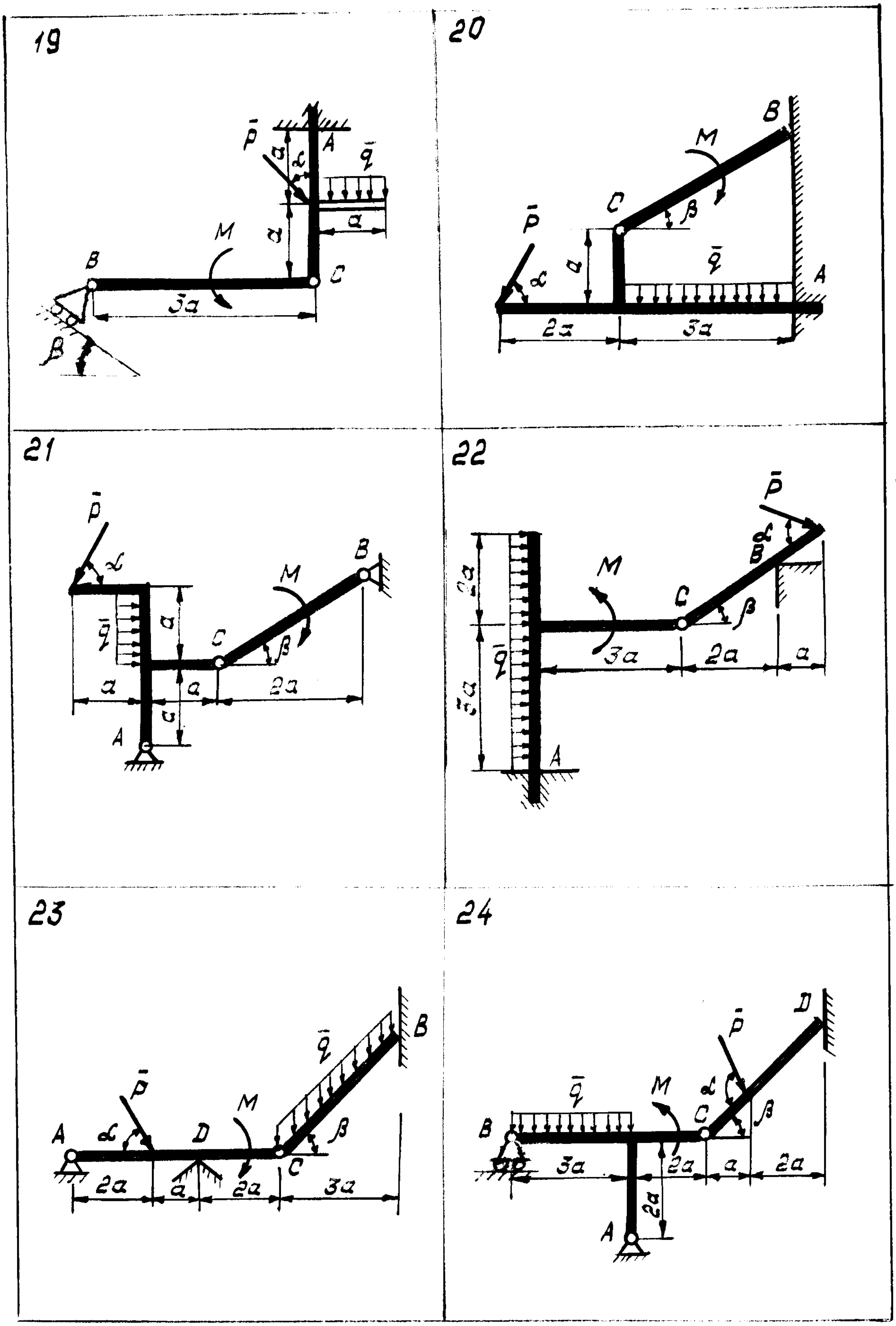

19
P̄
A
q̄
a
α
a
a
M
B
C
3a
β
20
B
M
C
β
P̄
a
q̄
α
A
2a
3a
21
P̄
α
B
M
a
q̄
C
β
a
a
2a
a
A
22
P̄
α
B
M
2a
C
β
q̄
3a
2a
a
3a
A
23
B
q̄
P̄
M
A
α
D
β
C
2a
a
2a
3a
24
D
P̄
q̄
M
α
B
C
β
3a
2a
a
2a
2a
A

Рис. 11

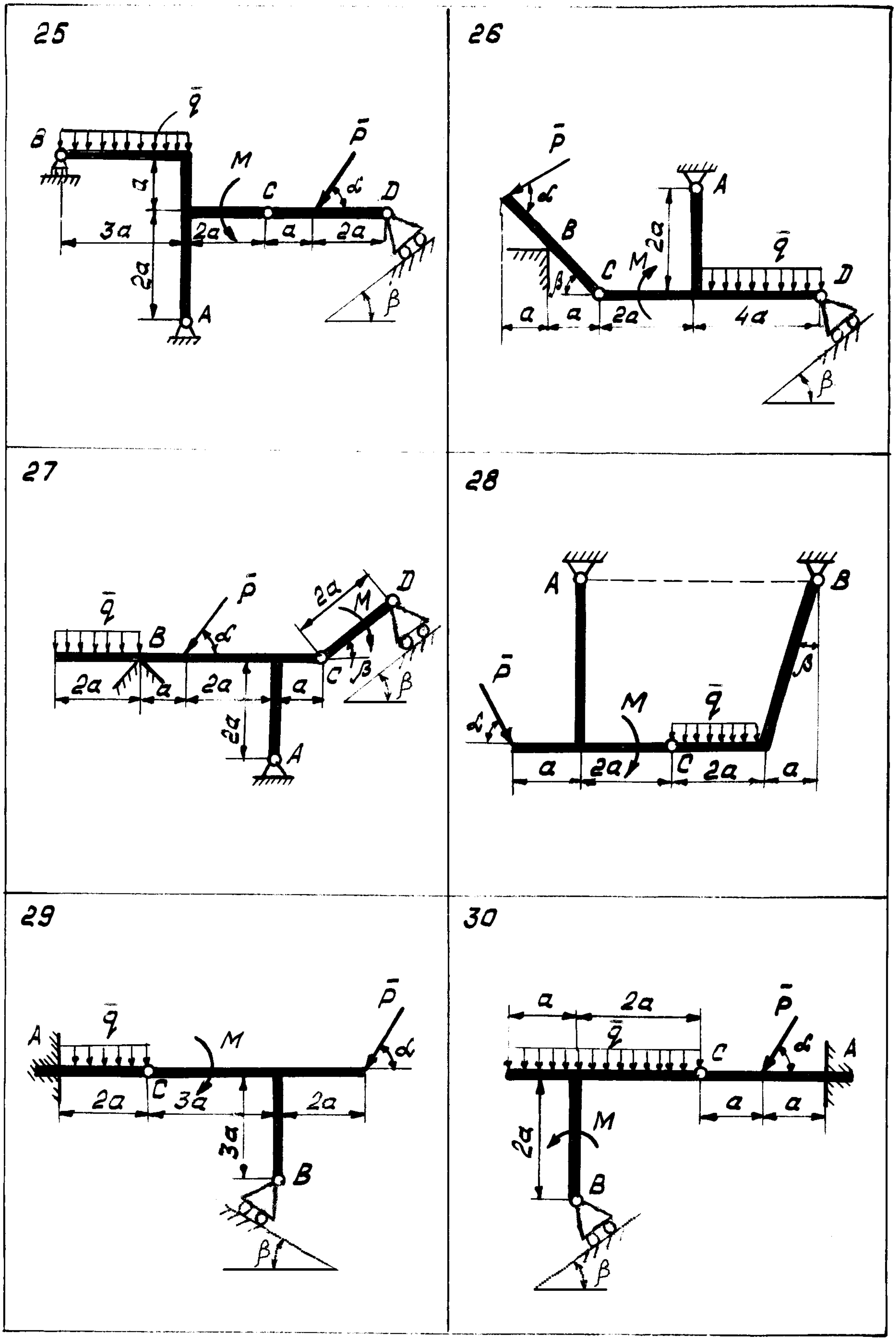

25
B
q
M
C
P
α
D
a
3a
2a
a
2a
2a
A
β
26
P
α
A
B
C
M
2a
q
D
β
a
a
2a
4a
β
27
q
B
P
α
2a
M
D
2a
a
2a
a
C
β
β
2a
A
28
A
B
P
β
M
q
α
a
2a
C
2a
a
29
A
q
M
P
α
2a
C
3a
2a
3a
B
β
30
a
2a
q
C
P
α
A
a
a
M
2a
B
β

Рис. 12

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Дано: схема конструкции (рис. 13а); P = 8 *кН*; M = 20 *кНм*; q = 2 *кН/м* ; a = 1 м; $\alpha = 60^{\circ}$; $\beta = 30^{\circ}$. Определить реакции опор А и В и давление в промежуточном шарнире С.

РЕШЕНИЕ

Данная конструкция состоит из двух тел, сочлененных шарниром С. Задачу можно решить двумя способами.

Первый способ. Мысленно освобождаемся от связей, наложенных на каждое из тел, заменяя их на соответствующие реакции. Рассматриваем системы уравновешивающихся сил, приложенных к каждому телу в отдельности.

На первое тело (рис. 13б) действуют: сила $\vec{P}$, пара сил с моментом M, реакция опоры A и давление балки CD в точке С. Реакция жесткой заделки А представляется силами $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ и парой сил с моментом M_A, а давление балки CD - составляющими $\vec{X}_C$ и $\vec{Y}_C$. Указанные силы расположены на плоскости произвольным образом, поэтому составляем три уравнения равновесия:

$$\sum_K F_{Kx} = 0 \;; \qquad X_A + X_C - P \cdot \cos a = 0 \;; \tag{1}$$

$$\sum_K F_{Ky} = 0 \;; \qquad Y_A + Y_C - P \cdot \sin a = 0 \;; \tag{2}$$

$$\sum_K m_0(\vec{F}_K) = 0 \;; \quad X_A \cdot OA + M_A + Y_C \cdot OC - M + P \cdot OK = 0 \;; \tag{3}$$

где $OA = 2 \cdot a = 2м$, $OC = 1{,}5 \cdot a = 1{,}5м$,

$$OK = a \cdot \sin a = 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0{,}87м \;.$$

На второе тело (рис. 13в) действуют: распределенные силы интенсивности q , реакция опоры В и давление первого тела в точке С. Равномерно распределенные силы заменяем их равнодействующей $\vec{Q}$, приложенной в середине участка CD и направленной по вертикали вниз. Ее модуль определяется по формуле:

$$Q = q \cdot CD = 2 \cdot 3{,}5 = 7\ кН.$$

Реакция $\vec{N}_B$ опоры В перпендикулярна к балке CD, а давление первого тела представляется составляющими $\vec{X}'_C$ и $\vec{Y}'_C$. Согласно аксиоме о равенстве действия и противодействия

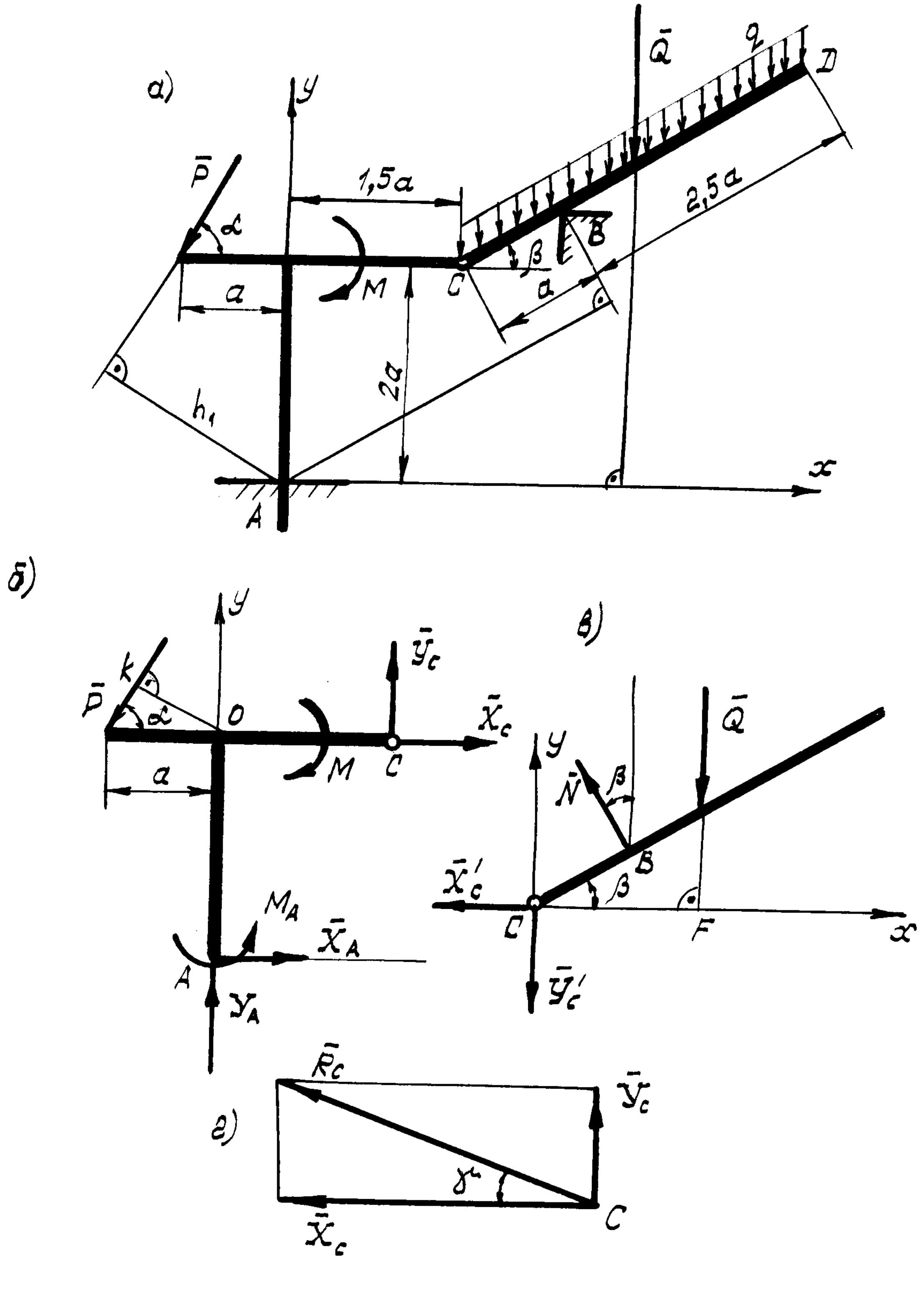


Рис. 13

$$X'_C = X_C \quad \text{и} \quad \vec{X}'_C \uparrow\downarrow \vec{X}_C,$$
$$Y'_C = Y_C \quad \text{и} \quad \vec{Y}'_C \uparrow\downarrow \vec{Y}_C.$$

Уравнения равновесия сил, приложенных к балке CD имеют вид:

$$\sum_K F_{Kx} = 0 \ ; \qquad -X'_C - N_B \cdot \sin b = 0 \ ; \tag{4}$$
$$\sum_K F_{Ky} = 0 \ ; \qquad -Y'_C + N_B \cdot \cos b - Q = 0 \ ; \tag{5}$$
$$\sum_K m_C(\vec{F}_K) = 0 \ ; \quad N_B \cdot CB - Q \cdot CF = 0 \ ; \tag{6}$$

где $CB = a = 1\ м,\ CF = \dfrac{CD}{2} \cdot \cos b = \dfrac{3{,}5}{2} \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} = 1{,}52\ \ м.$

Уравнения равновесия (1)-(6) образуют полную систему уравнений, откуда определяются все шесть неизвестных величин: $X_A, Y_A, M_A, X_C, Y_C, N_B$.

Из уравнения (6) находим

$$N_B = Q \cdot \frac{CF}{CB} = 7 \cdot \frac{1{,}52}{1} = 10{,}64 \ \text{ кН.}$$

Из уравнения (5)

$$Y'_C = N_B \cdot \cos b - Q = 10{,}64 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 7 = 2{,}21 \ \text{ кН.}$$

Из уравнения (4)

$$X'_C = -N_B \sin b = -10{,}64 \cdot \frac{1}{2} = -5{,}32 \ \text{ кН.}$$

Отрицательный знак указывает, что в действительности сила $\vec{X}'_C$ (соответственно и $\vec{X}_C$) будет направлена в сторону противоположную принятой. Истинные направления сил $\vec{X}_C$ и $\vec{Y}_C$, представляющих собой составляющие давления $\vec{R}_C$ балки CD на первое тело конструкции, показаны на рис. 13г.

Модуль $\vec{R}_C$ и угол определяются по формулам:

$$R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = \sqrt{(5{,}32)^2 + (2{,}21)^2} = 5{,}76 \ \text{ кН,}$$
$$g = arctg \frac{|Y_C|}{|X_C|} = arctg 0{,}4154 = 22^o 34'.$$

Далее из уравнения (1) находим

$$X_A = P \cdot \cos a - X_C = 8 \cdot \frac{1}{2} + 5{,}32 = 9{,}32 \ \text{ кН.}$$

Из уравнения (2)

$$Y_A = P \cdot \sin a - Y_C = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 2{,}21 = 4{,}72 \ \text{ кН.}$$

Из уравнения (3)

$$M_A = -X_A \cdot OA - Y_C \cdot OC + M - P \cdot OK =$$
$$= -9{,}32 \cdot 2 - 2{,}21 \cdot 1{,}5 + 20 - 8 \cdot 0{,}87 = -8{,}92 \text{ кН·м}.$$

Отрицательный знак указывает, что направление вращения пары в опоре А в действительности противоположно выбранному.

Второй способ. Рассматриваем систему уравновешивающихся сил, приложенных ко всей конструкции (рис.13а). На конструкцию действуют: сила $\vec{P}$, пара сил с моментом М, равнодействующая $\vec{Q}$ распределенных сил и реакции опор А и В ($\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{M}_A, \vec{N}_B$). При рассмотрении всей конструкции в целом давления в шарнире С ($\vec{X}_C, \vec{Y}_C$ и $\vec{X}'_C, \vec{Y}'_C$) не рассматриваются.

Уравнениями равновесия для указанной системы сил будут:

$$\sum_K F_{Kx} = 0 \; ; \qquad X_A - P \cdot \cos\alpha - N_B \cdot \sin\beta = 0 \; ; \tag{7}$$
$$\sum_K F_{Ky} = 0 \; ; \qquad Y_A - P \cdot \sin\alpha + N_B \cdot \cos\beta - Q = 0 \; ; \tag{8}$$
$$\sum_K m_A(\vec{F}_K) = 0 \; ; \quad M_A + P \cdot h_1 - M + N_B \cdot h_2 - Q \cdot h_3 = 0 \; ; \tag{9}$$

где $h_1 = a \cdot \sin\alpha + 2 \cdot a \cdot \cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} + 2 \cdot \frac{1}{2} = 1{,}87$ м,

$$h_2 = a + 1{,}5a \cdot \cos\beta + 2a \cdot \sin\beta = 1 + 1{,}5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 2 \cdot \frac{1}{2} = 3{,}30 \text{ м},$$

$$h_3 = 1{,}5a + 1{,}75a \cdot \cos\beta = 1{,}5 + 1{,}75 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 3{,}02 \text{ м}.$$

Далее следует рассматривать систему уравновешивающихся сил, приложенных к одному из тел конструкции, при этом целесообразно выбрать ту часть конструкции, на которую действует меньшее число сил. В данном случае рассматриваем систему сил, действующих на балку CD, условия равновесия которой выражаются уравнениями (4) – (6).

Таким образом, для определения шести неизвестных величин будем иметь систему уравнений (4) – (9).

В заключении отметим, что уравнения (7) – (9) могут быть использованы для проверки результатов решения задачи первым способом, а уравнения (1) – (3) - вторым способом.

ЗАДАНИЕ С-3

Приведение пространственной системы сил к заданному центру.

Определить главный вектор $\vec{R}$ и главный момент $\vec{M}_0$ заданной системы сил относительно центра О. Схемы вариантов приведены на рис. 14–18, необходимые данные - в таблице 3.

Таблица 3.

№№ п/п	a=OE, м	b=OL, м	c=OB, м	F_1, Н	F_2, Н	F_3, Н	F_4, Н	F_5, Н	α, град	β, град	M, Нм
1	15	20	15	9	14	12	14	15	60	30	10
2	30	40	30	12	18	16	18	20	75	15	20
3	45	60	45	15	22	20	22	25	30	60	30
4	60	80	60	18	26	24	26	30	15	75	40
5	15	20	15	21	30	28	30	35	60	30	10
6	30	40	30	24	34	32	34	40	75	15	20
7	45	60	45	27	38	36	38	45	30	60	30
8	60	80	60	30	42	40	42	50	15	75	40
9	15	20	15	33	46	44	46	55	60	30	10
10	30	40	30	36	50	48	50	60	75	15	20
11	45	60	45	12	54	16	54	20	30	60	30
12	60	80	60	15	58	20	58	25	15	75	40
13	15	20	15	18	17	24	17	30	60	30	10
14	30	40	30	21	19	28	19	35	75	15	20
15	45	60	45	24	21	32	21	40	30	60	30
16	60	80	60	27	23	36	23	45	15	75	40
17	15	20	15	30	25	40	25	50	60	30	10
18	30	40	30	33	27	44	27	55	75	15	20
19	45	60	45	36	29	48	29	60	30	60	30
20	60	80	60	9	31	12	31	15	15	75	40
21	15	20	15	9	14	12	14	15	60	30	10
22	30	40	30	12	18	16	18	20	75	15	20
23	45	60	45	15	22	20	22	25	30	60	30
24	60	80	60	18	26	24	26	30	15	75	40
25	15	20	15	21	30	28	30	35	60	30	10
26	30	40	30	24	34	32	34	40	75	15	20
27	45	60	45	27	38	36	38	45	30	60	30
28	60	80	60	30	42	40	42	50	15	75	40
29	15	20	15	33	45	44	46	55	60	30	10
30	30	40	30	36	50	48	50	60	75	15	20

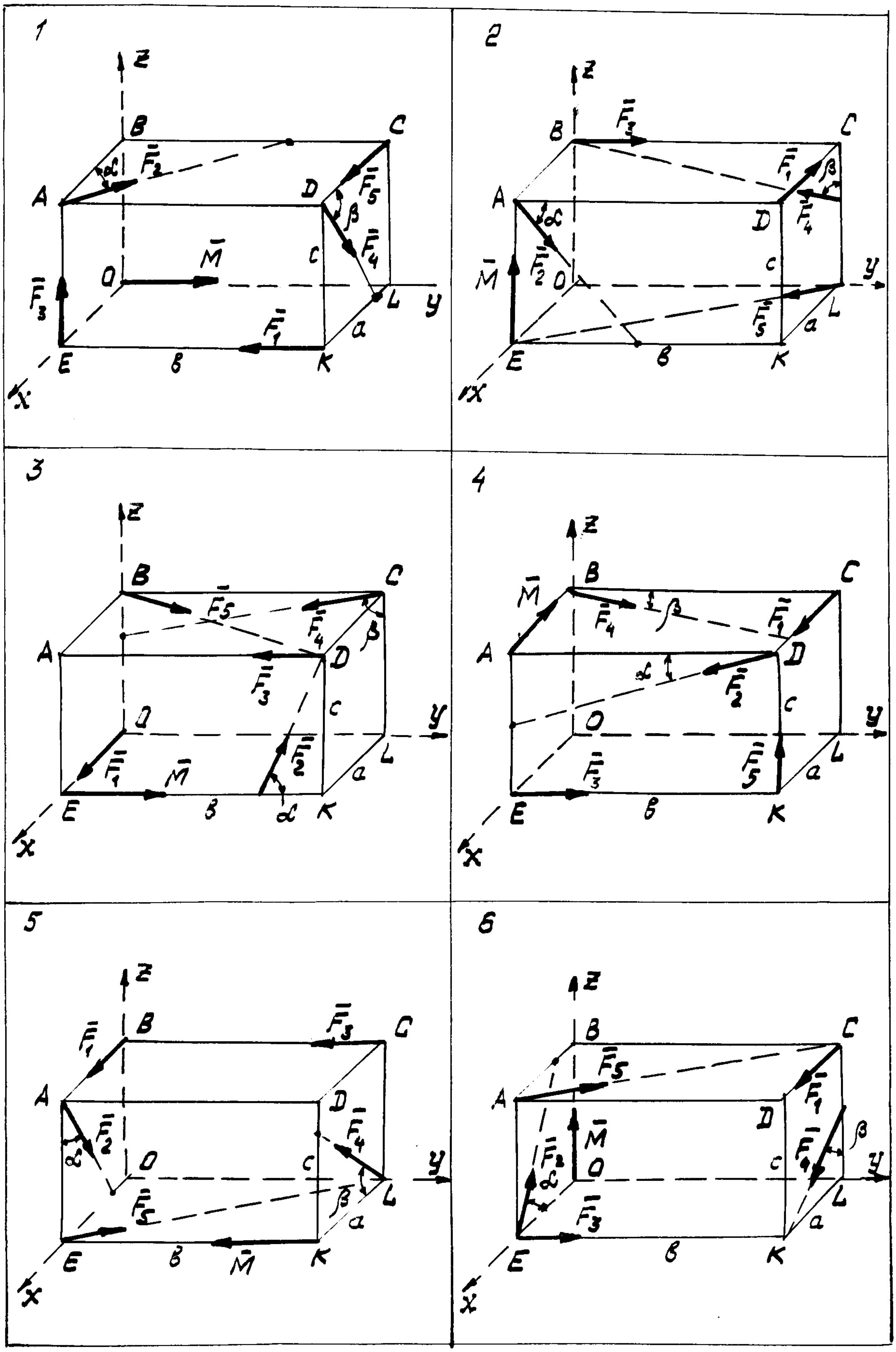


Рис. 14

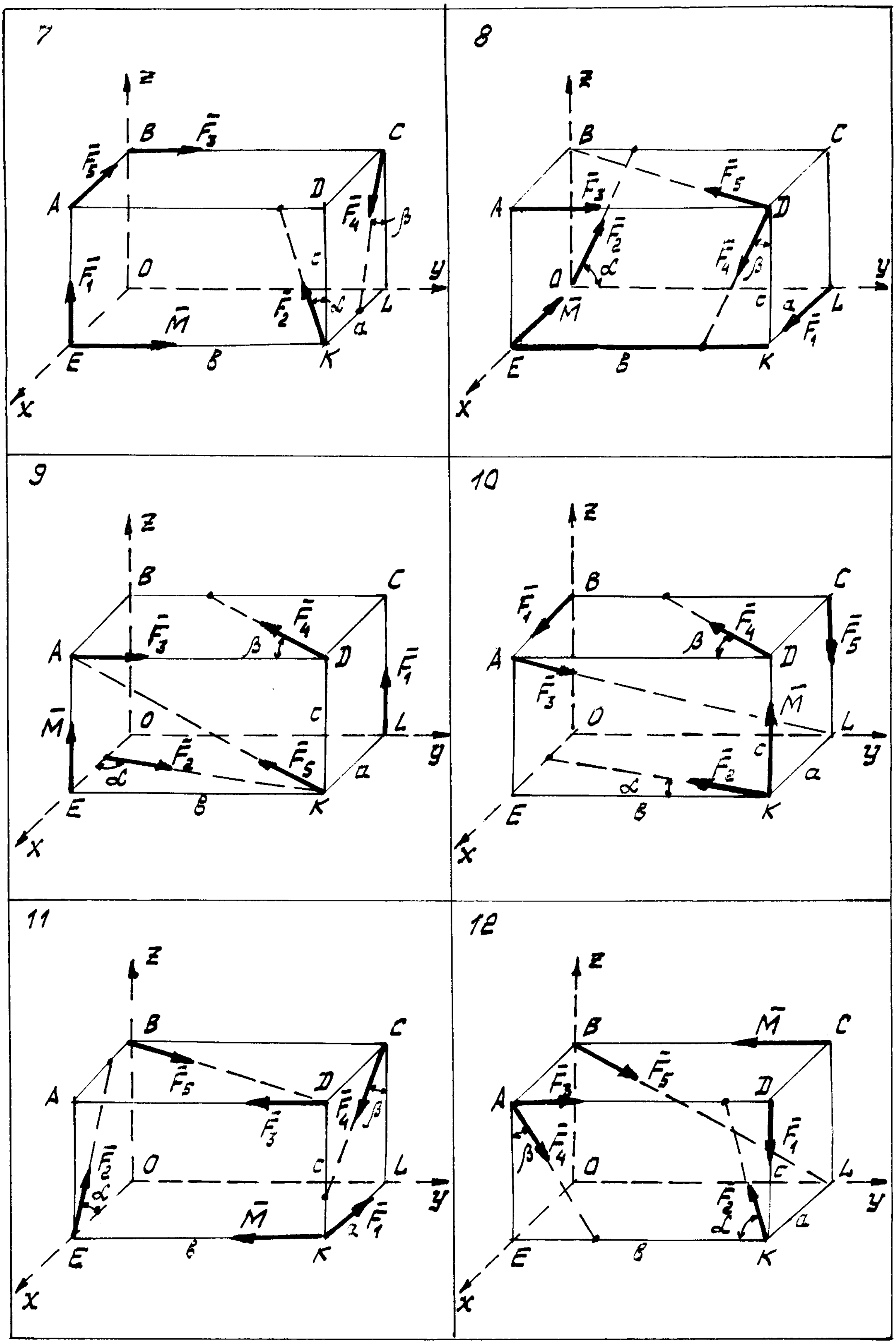


Рис. 15

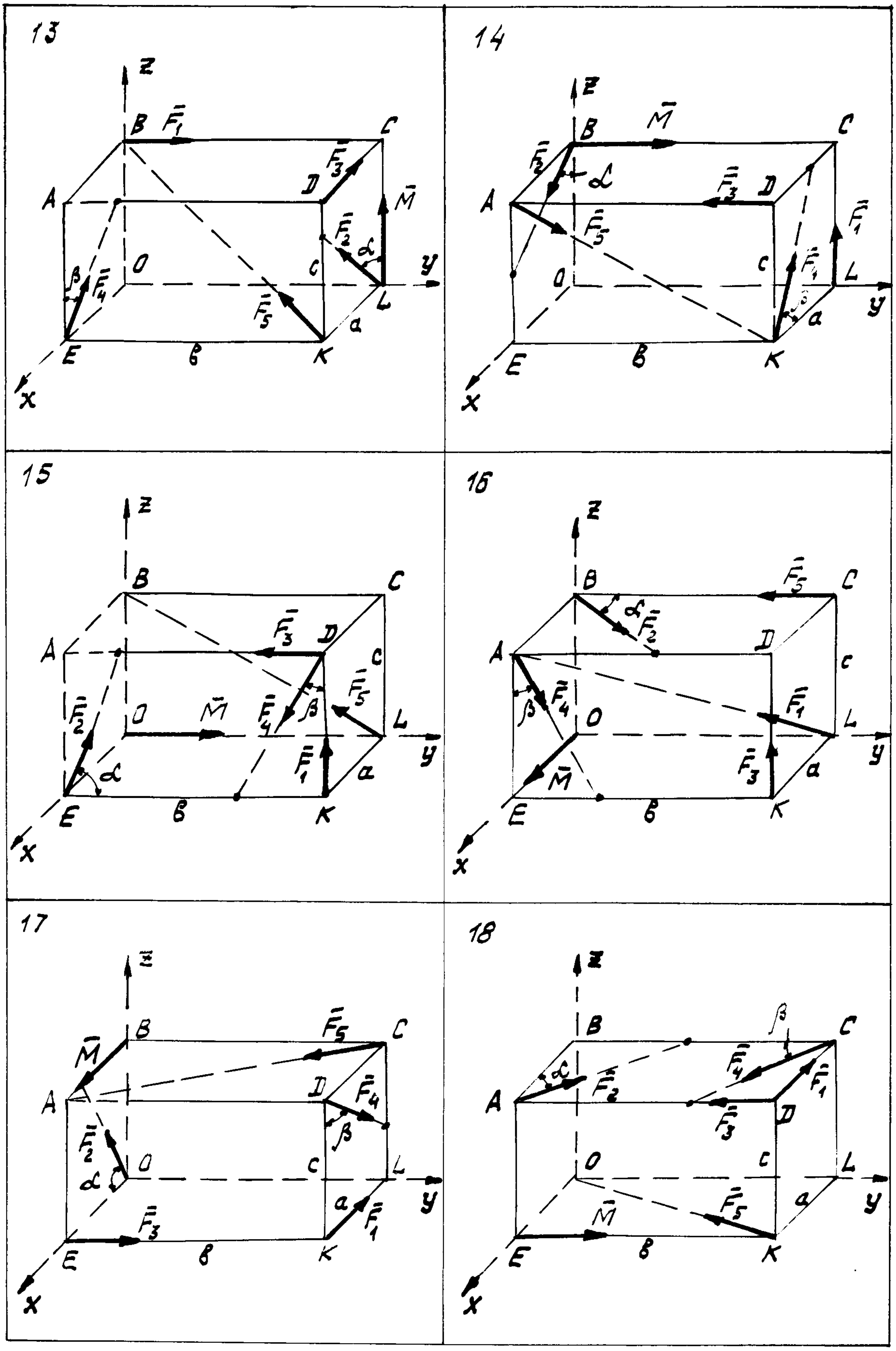


Рис. 16

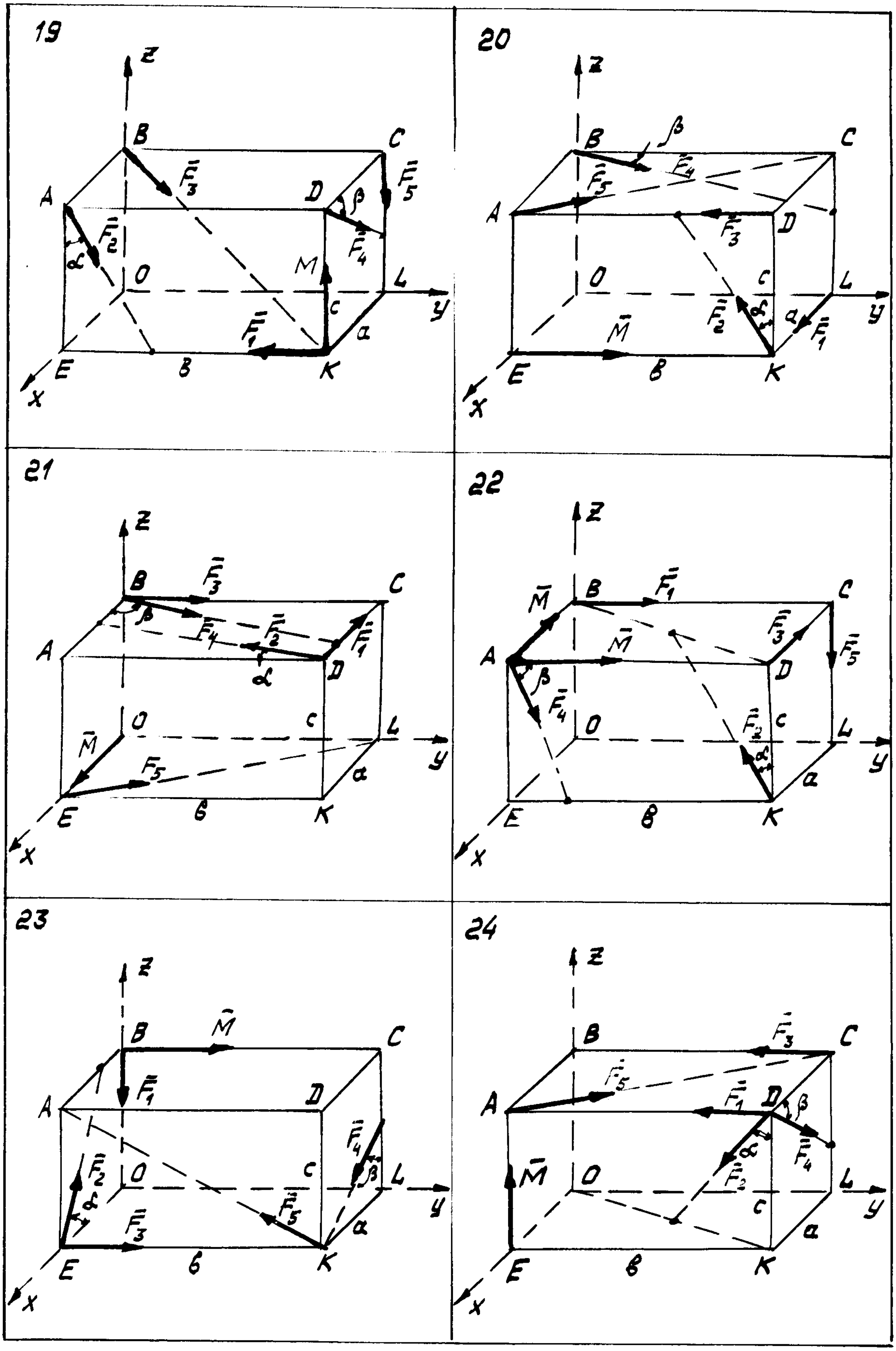


Рис. 17

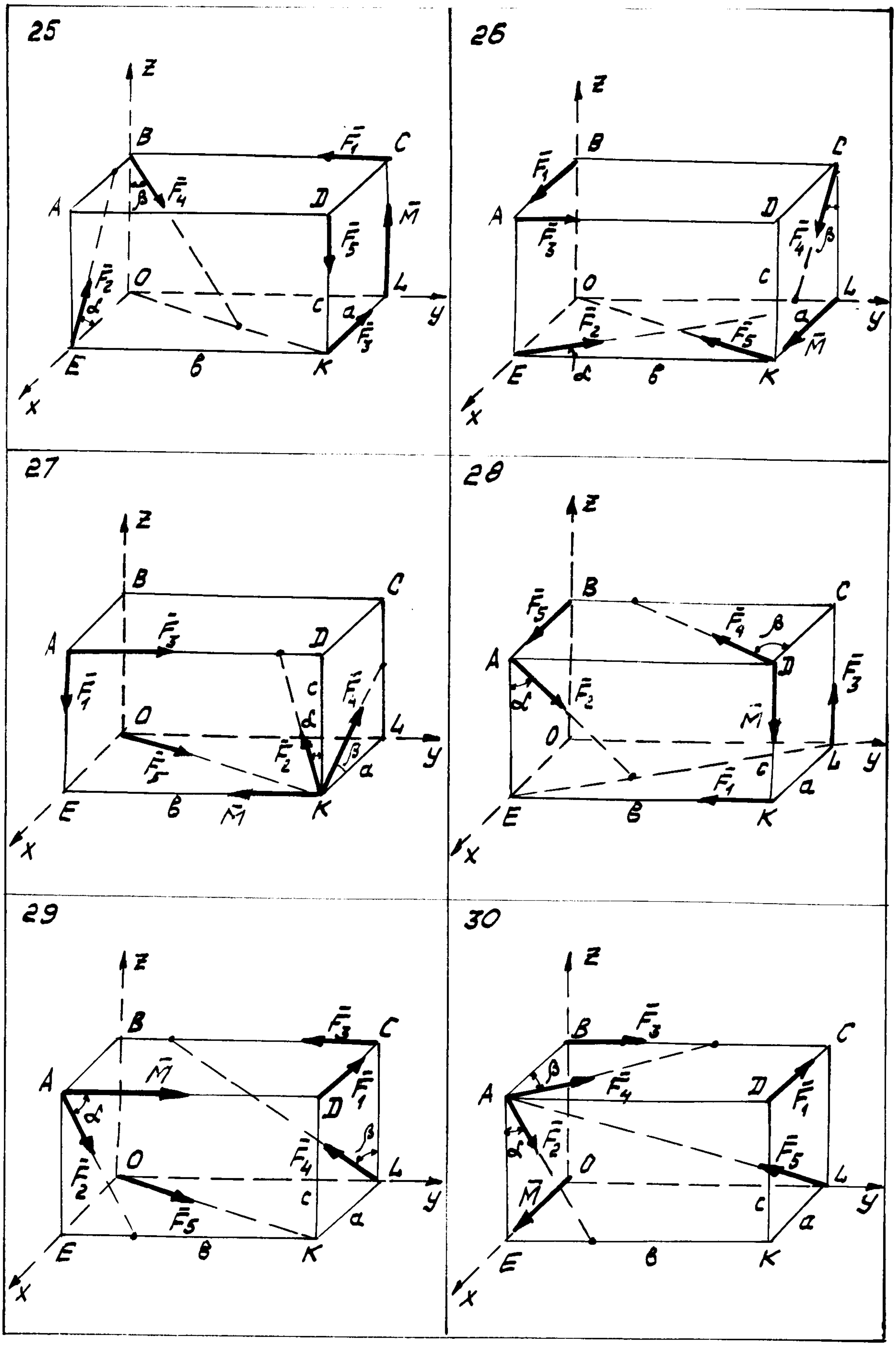

25
26
27
28
29
30
z
x
y
A
B
C
D
E
K
L
O
c
a
в
α
β
$\bar{F}_1$
$\bar{F}_2$
$\bar{F}_3$
$\bar{F}_4$
$\bar{F}_5$
$\bar{M}$

Рис. 18

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Дано: $F_1 = 15\ Н$; $F_2 = 60\ Н$; $F_3 = 30\ Н$; $F_4 = 20\ Н$; $F_5 = 25\ Н$; $M = 10\ Нм$; $a = 0{,}5\ м$; $b = 0{,}4\ м$; $c = 0{,}3\ м$; $\alpha = 60^0$; $\beta = 30^0$ (рис. 19а).

РЕШЕНИЕ

Прежде, чем приступить к определению главного вектора $\vec{R}$ заданной системы сил и ее главного момента $\vec{M}_0$ относительно начала координат, введем углы γ, φ и разложим силу $\vec{F}_4$ на две составляющие: $\vec{F}_4'$ – на плоскости XOY и $\vec{F}_4^{(3)}$ - перпендикулярно к ней (рис.19а).

$$F_4' = F_4 \cdot \sin b = 10 \quad \text{Н}, \qquad F_4^{(3)} = F_4 \cdot \cos b = 17{,}32 \quad \text{Н}.$$

Проекцию силы $\vec{F}_4$ на ось найдем, как сумму проекций составляющих $\vec{F}_4'$ и $\vec{F}_4^{(3)}$, а ее момент относительно оси, согласно теореме Вариньона, будет равен сумме моментов $\vec{F}_4'$ и $\vec{F}_4^{(3)}$ относительно этой же оси.

Для проекций главного вектора на координатные оси получим выражения:

$$R_x = \sum_{k=1}^{5} F_{kx} = -F_1 + F_2 \cdot \cos j + F_4' \cdot \sin g \quad , \tag{1}$$

$$R_y = \sum_{k=1}^{5} F_{ky} = F_3 \cdot \cos a - F_4' \cdot \cos g - F_5 \quad , \tag{2}$$

$$R_z = \sum_{k=1}^{5} F_{kz} = -F_2 \cdot \sin j + F_3 \cdot \sin a + F_4^{(3)} \quad , \tag{3}$$

где

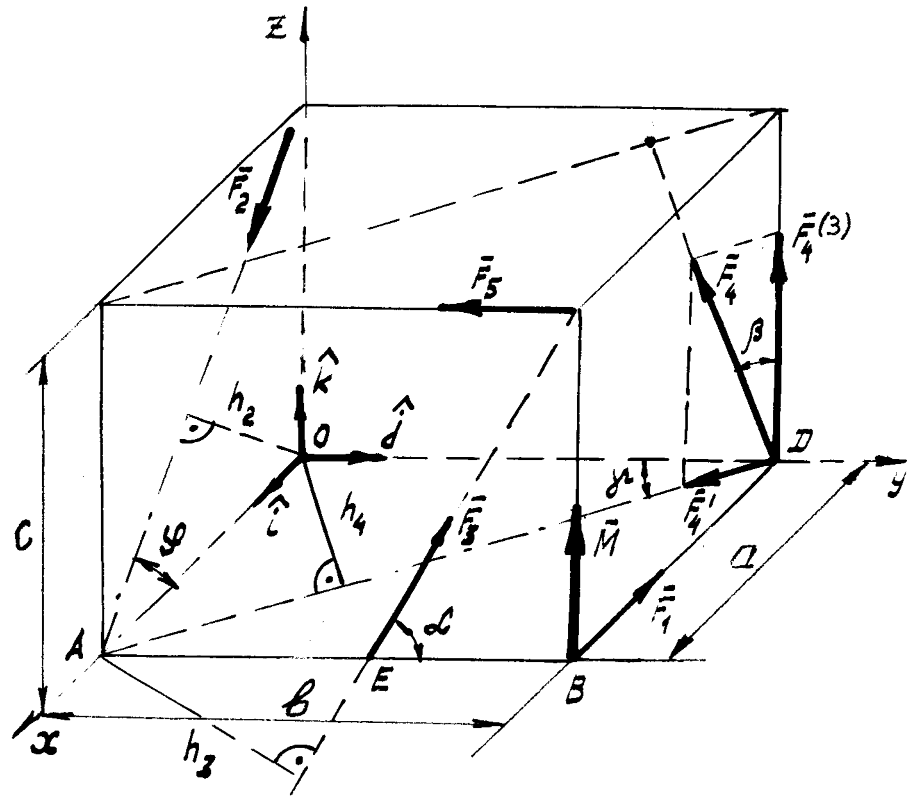
$$\sin g = \frac{OA}{AD} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} = 0{,}78 \quad , \qquad \cos g = \frac{OD}{AD} = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = 0{,}62 \quad ,$$

$$\sin j = \frac{ON}{AN} = \frac{c}{\sqrt{a^2 + c^2}} = 0{,}51 \quad , \qquad \cos j = \frac{OA}{AN} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + c^2}} = 0{,}86 \quad .$$

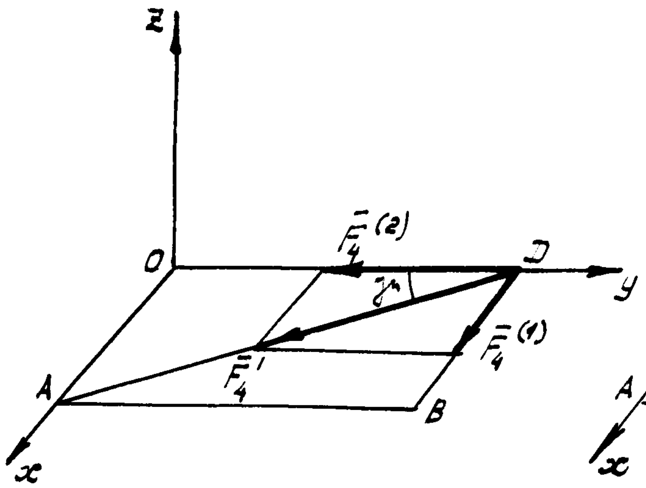
Подставив в (1) – (3) выражения для $\vec{F}_4'$ и $\vec{F}_4^{(3)}$, заданные значения F_1, F_2, …, F_5, α, β, а также найденные значения тригонометрических функций углов φ и γ, получим

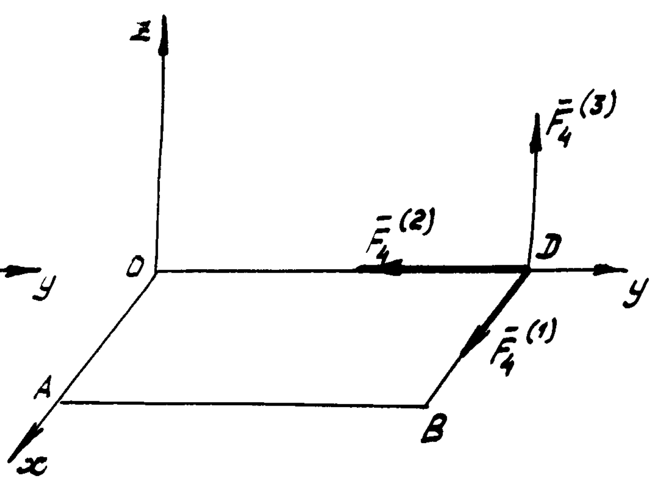
$$R_x = 44{,}27 \quad \text{Н}, \qquad R_y = -16{,}25 \quad \text{Н}, \qquad R_z = 12{,}31 \quad \text{Н}.$$

Модуль главного вектора



а)





б) в)

Рис. 19

$$R=\sqrt{(R_x)^2+(R_y)^2+(R_z)^2}=\sqrt{(44{,}27)^2+(-16{,}25)^2+(12{,}31)^2}=48{,}74\ \text{ Н.}$$

Направляющие косинусы

$$\cos\left(\vec{R},\hat{\vec{i}}\right)=\frac{R_x}{R}=\frac{44{,}27}{48{,}74}=0{,}91\quad,$$

$$\cos\left(\vec{R},\hat{\vec{j}}\right)=\frac{R_y}{R}=\frac{-16{,}25}{48{,}74}=-0{,}33\quad,$$

$$\cos\left(\vec{R},\hat{\vec{k}}\right)=\frac{R_z}{R}=\frac{12{,}305}{48{,}74}=0{,}25\quad.$$

Проекции главного момента системы сил относительно начала координат на координатные оси равны суммам моментов всех сил относительно соответствующих координатных осей. Поэтому, будем иметь:

$$M_{ox}=M_x=\sum_{k=1}^{5}m_x(\vec{F}_k)=F_3\cdot h_3+F_4^{(3)}\cdot b+F_5\cdot c\quad, \tag{4}$$

$$M_{oy}=M_y=\sum_{k=1}^{5}m_y(\vec{F}_k)=F_2\cdot h_2-F_3\cdot\sin a\cdot a\quad, \tag{5}$$

$$M_{oz}=M_z=\sum_{k=1}^{5}m_z(\vec{F}_k)=F_1\cdot b+F_3\cdot\cos a\cdot a-F_4'\cdot h_4-F_5\cdot a+M\quad, \tag{6}$$

Из рис. 19

$$h_2=a\cdot\sin j=0{,}5\cdot0{,}51=0{,}26\ \text{ м},$$
$$h_3=AE\cdot\sin a=(AB-BE)\cdot\sin a=$$
$$=(a-c\cdot ctga)\cdot\sin a=(0{,}5-0{,}3\cdot ctg60^0)\cdot\sin 60^0=0{,}28\ \text{ м},$$
$$h_4=b\cdot\sin g=0{,}4\cdot0{,}78=0{,}31\ \text{ м.}$$

Подставив в (4) – (6) числовые значения всех необходимых величин, получим:

M_{ox} = 22,92 *Нм,* M_{oy} = 2,45 *Нм,* M_{oz} = 7,87 *Нм*

Модуль главного момента

$$M_o=\sqrt{(M_{ox})^2+(M_{oy})^2+(M_{oz})^2}=\sqrt{22{,}92^2+2{,}45^2+7{,}87^2}=24{,}36\ \text{ Н·м.}$$

Направляющие косинусы

$$\cos\left(\vec{M}_o, \hat{\vec{i}}\right) = \frac{M_{ox}}{M_o} = \frac{22,92}{24,36} = 0,941,$$

$$\cos\left(\vec{M}_o, \hat{\vec{j}}\right) = \frac{M_{oy}}{M_o} = \frac{2,45}{24,36} = 0,101,$$

$$\cos\left(\vec{M}_o, \hat{\vec{k}}\right) = \frac{M_{oz}}{M_o} = \frac{7,87}{24,36} = 0,323.$$

Примечание. При вычислении моментов сил относительно координатных осей во многих случаях целесообразно разлагать силу на составляющие, параллельные осям координат, а затем применять теорему Вариньона. Проиллюстрируем этот метод на примере вычисления момента силы $\vec{F}_4$ относительно оси *Oz*. Выше показано разложение силы $\vec{F}_4$ на две составляющие $\vec{F}_4'$ и $\vec{F}_4^{(3)}$ ($\vec{F}_4 = \vec{F}_4' + \vec{F}_4^{(3)}$). Далее разложим силу $\vec{F}_4'$, расположенную в координатной плоскости *Oxy* на две составляющие $\vec{F}_4^{(1)}$ и $\vec{F}_4^{(2)}$, параллельные соответственно осям *Ox* и *Oy* (рис. С-3.6б). Следовательно, $\vec{F}_4' = \vec{F}_4^{(1)} + \vec{F}_4^{(2)}$, а $\vec{F}_4' = \vec{F}_4^{(1)} + \vec{F}_4^{(2)} + \vec{F}_4^{(3)}$, то-есть сила $\vec{F}_4$ разложена на составляющие $\vec{F}_4^{(1)}$, $\vec{F}_4^{(2)}$, $\vec{F}_4^{(3)}$, параллельные осям координат (рис. 19в). Модули сил $\vec{F}_4^{(1)}$ и $\vec{F}_4^{(2)}$ легко вычисляются:

$$F_4^{(1)} = F_4' \cdot \sin g = F_4 \cdot \sin b \cdot \sin g = 7,8 \ \text{Н},$$
$$F_4^{(2)} = F_4' \cdot \cos g = F_4 \cdot \sin b \cdot \cos g = 6,2 \ \text{Н},$$

На основании теоремы Вариньона получим

$$M_z(\vec{F}_4) = M_z(\vec{F}_4^{(1)}) + M_z(\vec{F}_4^{(2)}) + M_z(\vec{F}_4^{(3)}) \ ,$$
$$M_z(\vec{F}_4^{(1)}) = -F_4^{(1)} \cdot AB = -3,12 \ \text{Н·м},$$
$$M_z(\vec{F}_4^{(2)}) = M_z(\vec{F}_4^{(3)}) = 0 \ .$$

Следовательно, $M_z(\vec{F}_4) = -3,12$ Нм.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

выполнения расчетно-графических работ

Расчетно-графические работы выдаются обучающимся после изучения теоретического материала. На практическом занятии подробно разбирается один из вариантов задания. Работы выполняются на отдельных листах бумаги с приведением всех необходимых схем и чертежей.

После выполнения работы, она сдается на проверку преподавателю. После проверки, работы имеющие замечания или ошибки, возвращаются на исправление. После исправления недочетов, происходит защита работы в виде устного собеседования с преподавателем.

В зависимости от наличия ошибок и недочетов, а также проводимого собеседования при их исправлении, преподаватель выставляет отметку «зачтено» или «не зачтено».