

## 1. СОСТАВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ

З а д а н и е. Найти опорные реакции составной конструкции, которая испытывает действие внешней нагрузки.

*Пример 1.1:* Дано:  $P_1 = 12$  кН,  $P_2 = 18$  кН,  $q_1 = 2,5$  кН/м,  $q_2 = 4$  кН/м,  $M_1 = 10$  кН·м,  $M_2 = 21$  кН·м,  $M_3 = 32$  кН·м (рис.1.1). Найти реакции заделки А и опор С, Е. Геометрические размеры указаны в метрах.

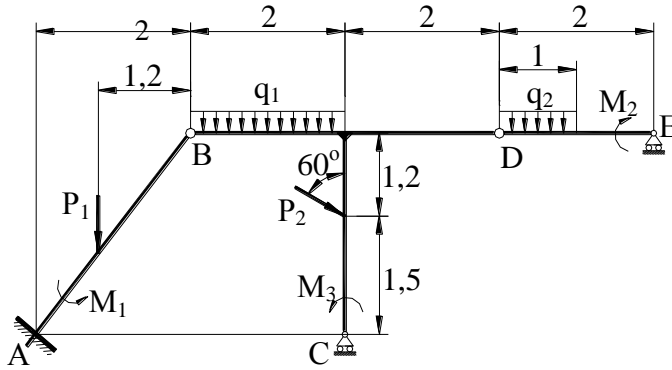


Рис. 1.1

Р е ш е н и е. Рассматриваемая конструкция является два раза статически неопределимой, т.к. число неизвестных реакций – 5 (3- в заделке А и по одной в С и Е), а уравнений статики – три. Расчленим конструкцию на элементы, что даст возможность записать дополнительные уравнения равновесия.

Рассмотрим условия равновесия участка конструкции DE (рис.1.1.1):

$$\sum M_D(\bar{F}_i) = y_E \cdot 2 - q_2 \cdot 1 \cdot 0,5 - M_2 = 0;$$

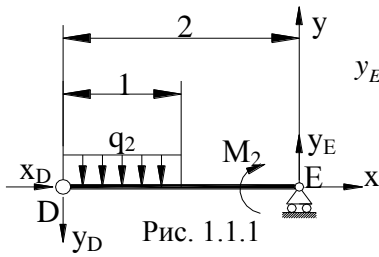


Рис. 1.1.1

$$y_E = \frac{q_2 \cdot 1 \cdot 0,5 + M_2}{2} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 0,5 + 21}{2} = 11,5 \text{ кН.}$$

$$\sum Y_i = y_E - y_D - q_2 \cdot 1 = 0;$$

$$y_D = y_E - q_2 \cdot 1 = 11,5 - 4 = 7,5 \text{ кН.}$$

$$\sum X_i = 0; x_D = 0.$$

Рассмотрим условия равновесия участка конструкции BDC (рис.1.1.2):

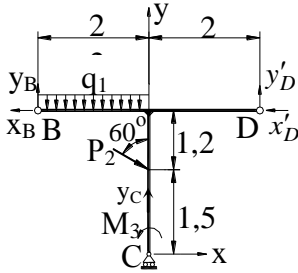


Рис.1.1.2

Реакция  $y_C$  направлена в противоположную сторону по отношению к обозначенной на

рис.1.1.2.

$$\sum M_B(\bar{F}_i) = y'_D \cdot 4 + y_C \cdot 2 - q_1 \cdot 2 \cdot 1 +$$

$$+ P_2 \sin 60^\circ \cdot 1,2 - P_2 \cos 60^\circ \cdot 2 + M_3 = 0;$$

$$y_C = (-4y'_D + q_1 \cdot 2 \cdot 1 - 1,2P_2 \sin 60^\circ +$$

$$+ 2P_2 \cos 60^\circ - M_3) / 2 =$$

$$= (-4 \cdot 7,5 + 2,5 \cdot 1 - 1,2 \cdot 18 \cdot 0,866 -$$

$$- 18 \cdot 0,5 \cdot 2 - 32) / 2 = -28,85 \text{ кН.}$$

$$\sum X_i = -x_B - x'_D + P_2 \sin 60^\circ = 0;$$

$$x_B = -x'_D + P_2 \sin 60^\circ = 0 + 18 \cdot 0,866 = 15,59 \text{ кН.}$$

$$\sum Y_i = y_B + y'_D + y_C - 2q_1 - P_2 \cos 60^\circ = 0;$$

$$y_B = -y'_D - y_C + q_1 \cdot 2 + P_2 \cos 60^\circ = -7,5 - (-37,85) + 25 \cdot 2$$

$$+ 18 \cdot 0,5 = 35,35 \text{ кН.}$$

Рассмотрим условие равновесия участка конструкции АВ (рис.1.1.3):

$$\sum M_A(\bar{F}_i) = +M_p + M_1 - P_1 \cdot 0,8 - y'_B \cdot 2 - x'_B \cdot 2,7 = 0;$$

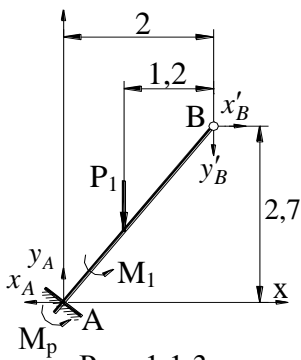


Рис. 1.1.3

$$M_p = -M_1 + P_1 \cdot 0,8 + y'_B \cdot 2 + x'_B \cdot 2,7 = -10 + 12 \cdot 0,8 + 35,35 \cdot 2 + 15,59 \cdot 2,7 = 112,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$\sum Y_i = y_A - P_1 - y'_B = 0;$$

$$y_A = P_1 + y'_B = 12 + 35,35 = 47,35 \text{ кН}.$$

$$\sum X_i = -x_A + x'_B = 0; \quad x_A = x'_B = 15,59 \text{ кН}.$$

Для проверки полученных результатов составим уравнения равновесия для всей конструкции (реакции промежуточных шарниров В и D при составлении уравнений не учитываются):

$$\sum Y_i = y_A - P_1 - q_1 \cdot 2 - P_2 \cos 60^\circ - y_C - q_2 \cdot 1 + y_E = 0;$$

$$47,35 - 12 - 2,5 \cdot 2 - 18 \cdot 0,5 - 28,85 - 4 \cdot 1 + 11,5 = 58,85 - 58,85 = 0.$$

$$\sum X_i = -x_A + P_2 \sin 60^\circ = 0;$$

$$-15,59 + 18 \cdot 0,866 = -15,59 + 15,59 = 0.$$

$$\sum M_A(\bar{F}_i) = M_p + M_1 - P_1 \cdot 0,8 - q_1 \cdot 2 \cdot 3 - q_2 \cdot 1 \cdot 6,5 - M_2 +$$

$$+ y_E \cdot 8 - y_C \cdot 4 + M_3 - P_2 \cos 60^\circ \cdot 4 - P_2 \sin 60^\circ \cdot 1,5 = 0;$$

$$112,4 + 10 - 12 \cdot 0,8 - 2,5 \cdot 2 \cdot 3 - 4 \cdot 1 \cdot 6,5 - 21 + 11,5 \cdot 8 - 28,85 \cdot 4 +$$

$$+ 32 - 18 \cdot 0,5 \cdot 4 - 18 \cdot 0,866 \cdot 1,5 = 246,4 - 246,4 = 0.$$

Результаты расчета

Таблица 1.1

Момент в заделке $m_p, \text{кН}\cdot\text{м}$	Силы, кН			
	$X_A$	$Y_A$	$X_C$	$Y_E$
112,4	15,6	47,4	28,9	11,5

Варианты заданий на рис. 1.2-1.31 (нагрузки даны в табл. 1.2).

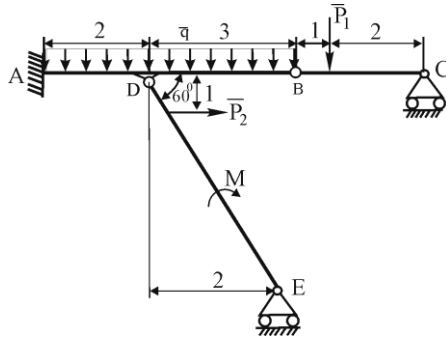


Рис.1.2

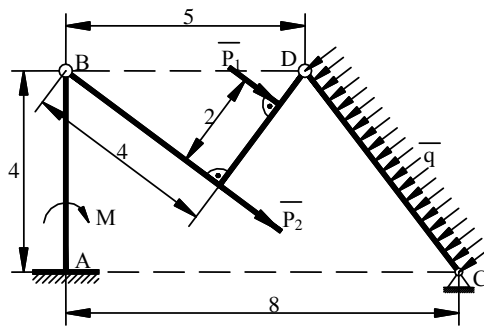
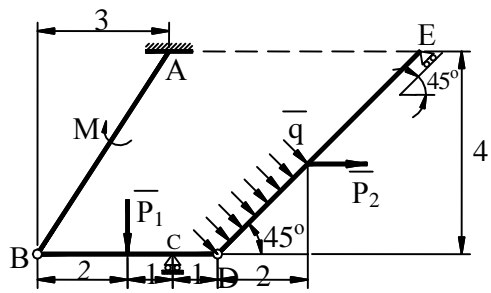
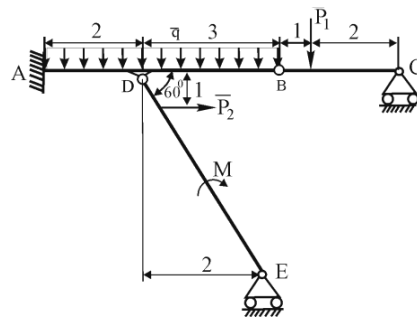


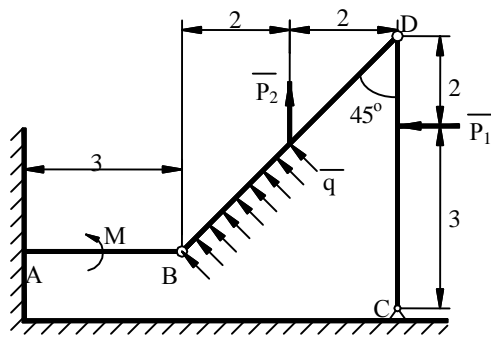
Рис.1.3



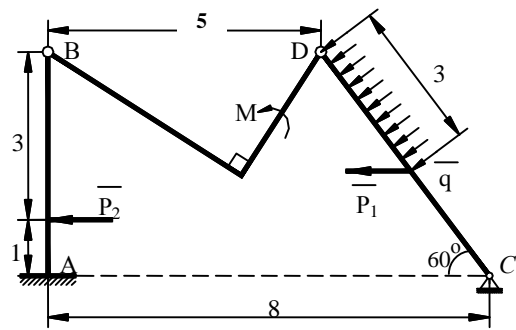
Puc.1.4



Puc.1.5

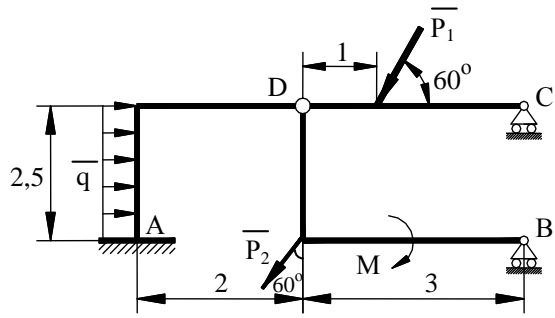


Puc.1.6

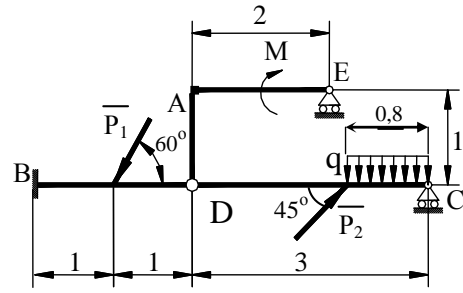


Puc.1.7

∞

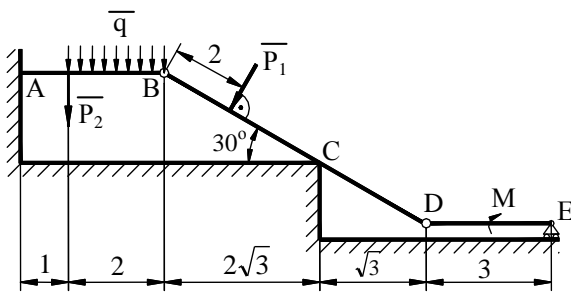


Puc.1.8

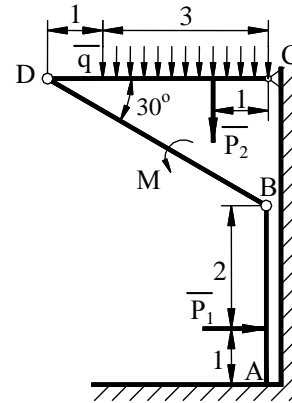


Puc.1.9

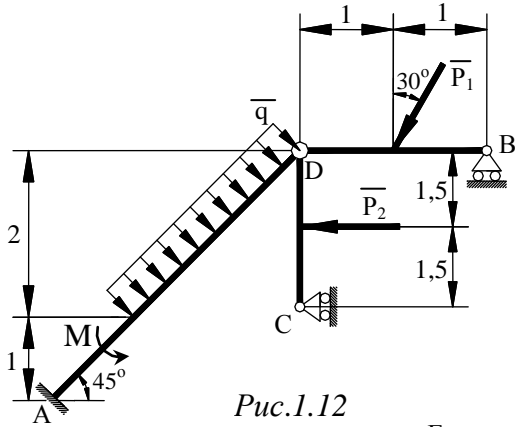
6



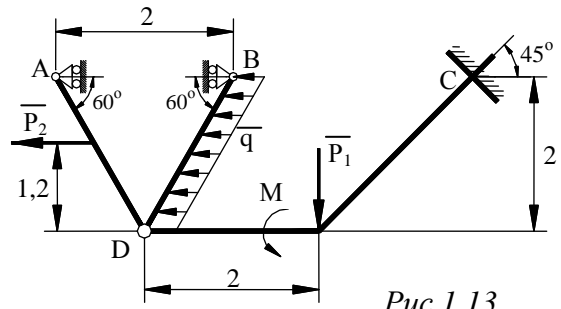
Puc.1.10



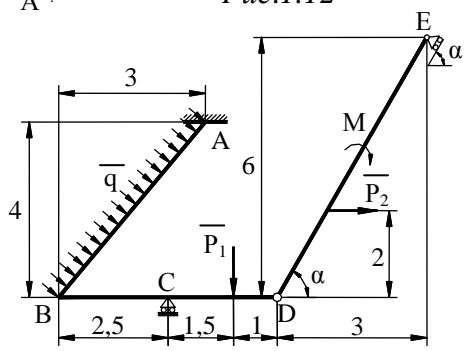
Puc.1.11



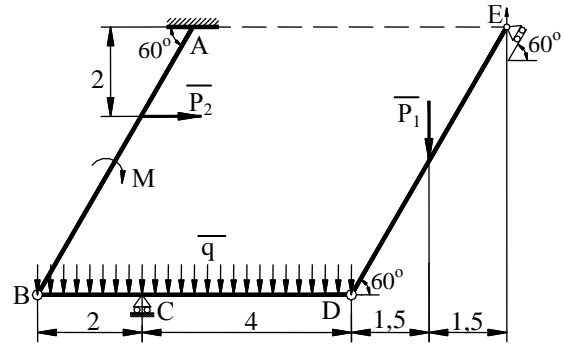
Puc.1.12



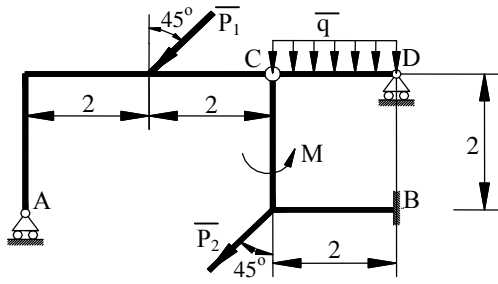
Puc.1.13



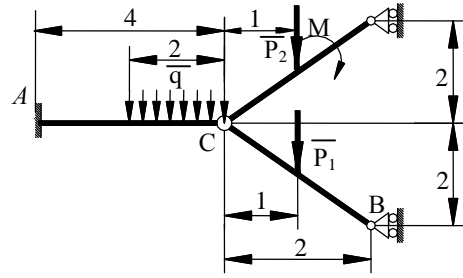
Puc.1.14



Puc.1.15

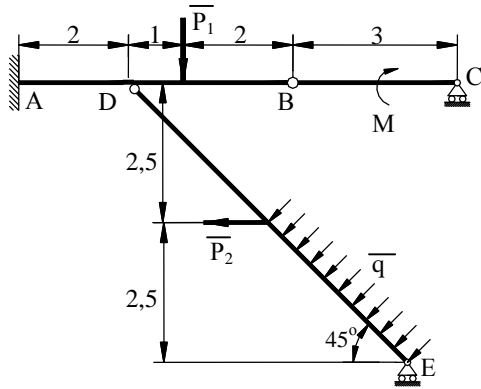


Puc.1.16

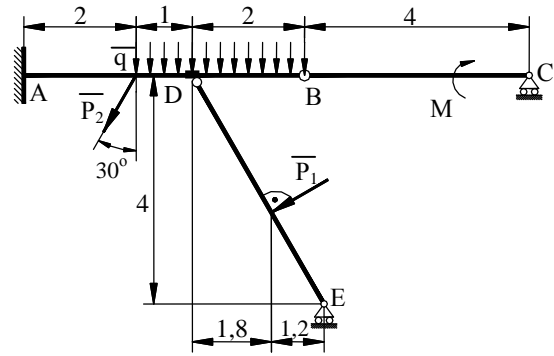


Puc.1.17

II

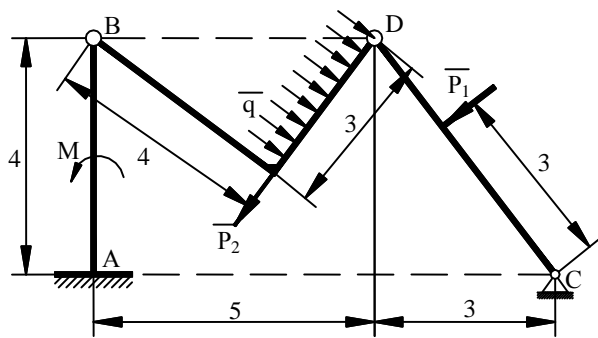


Puc.1.18

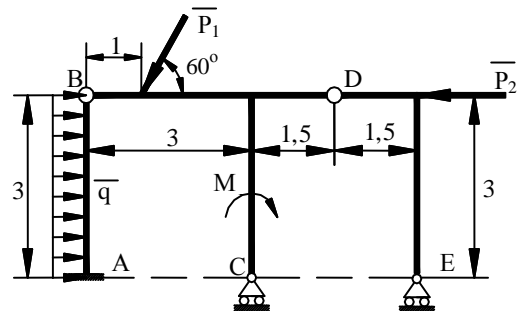


Puc.1.19

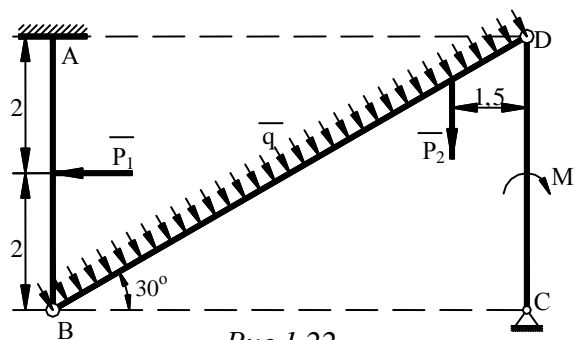




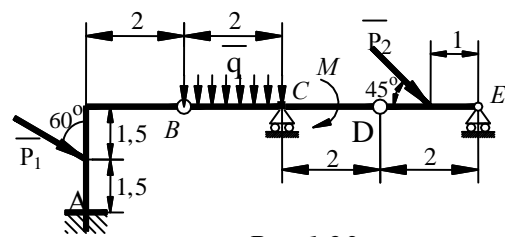
Puc.1.20



Puc.1.21

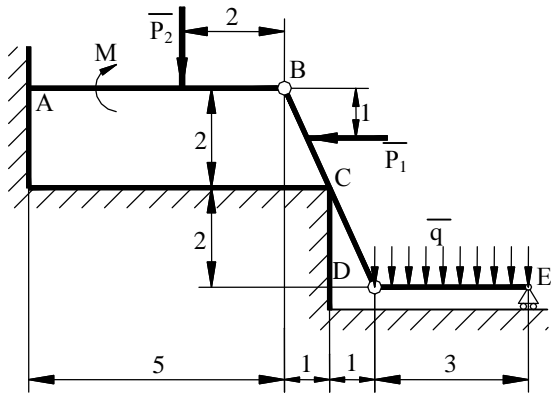


Puc.1.22

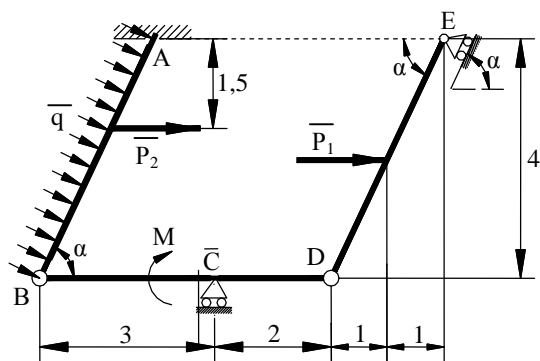


Puc.1.23

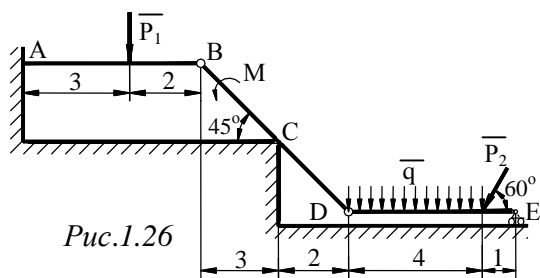
12



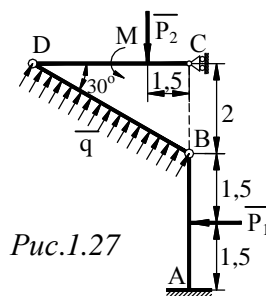
Puc.1.24



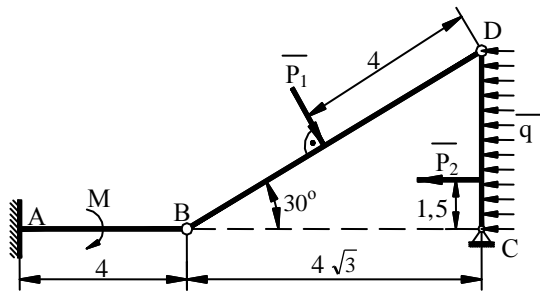
Puc.1.25



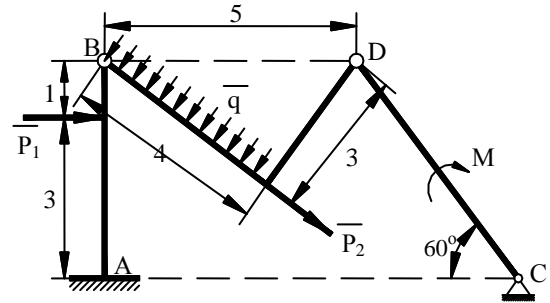
Puc.1.26



Puc.1.27

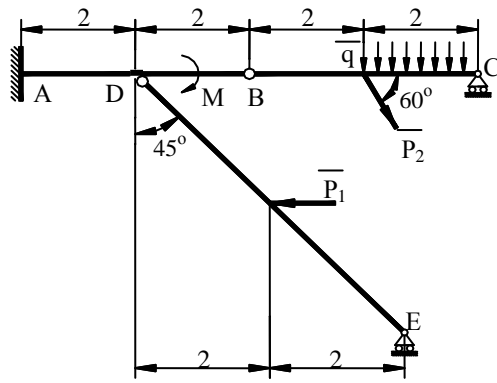


Puc.1.28

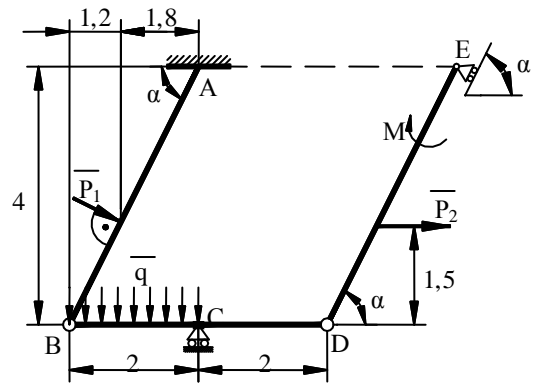


Puc.1.29

14



Puc.1.30



Puc.1.31

Таблица 1.2

Продолжение табл. 1.2

Номер задачи	Номер рисунка	P <sub>1</sub> , кН	P <sub>2</sub> , кН	q, кН/м	M, кНм
1.1 а	1.2	6	4	0,8	25
1.2 а	1.3	11	5	1	34
1.3 а	1.4	9	2	1,2	20
1.4 а	1.5	10	7	1,5	30
1.5 а	1.6	8	3	0,6	22
1.6 а	1.7	10	3	4	28
1.7 а	1.8	16	6	6	30
1.8 а	1.9	13	9	1,2	25
1.9 а	1.10	11	12	2,5	29
1.10 а	1.11	12	8	1,6	34
1.11 а	1.12	8	15	2	28
1.12 а	1.13	12	4	3	36
1.13 а	1.14	15	7	6	30
1.14 а	1.15	10	9	4	35
1.15 а	1.16	12	8	6	32

Номер задачи	Номер рисунка	P <sub>1</sub> , кН	P <sub>2</sub> , кН	q, кН/м	M, кНм
1.16 а	1.17	13	5	1,2	22
1.17 а	1.18	7	7	2	34
1.18 а	1.19	9	9	1,3	29
1.19 а	1.20	12	7	2,2	33
1.20 а	1.21	11	4	0,8	38
1.21 а	1.22	6	10	3,5	25
1.22 а	1.23	11	8	2	34
1.23 а	1.24	9	12	1	20
1.24 а	1.25	10	14	3	30
1.25 а	1.26	8	15	4,5	22
1.26 а	1.27	10	17	1,2	28
1.27 а	1.28	16	6	4,2	15
1.28 а	1.29	13	7	2,5	32
1.29 а	1.30	11	8	1,5	20
1.30 а	1.31	12	6	3,5	25

Продолжение табл. 1.2

Номер задачи	Номер рисунка	P <sub>1</sub> , кН	P <sub>2</sub> , кН	q, кН/м	M, кН·м
1.1 б	1.2	6	12	3,5	20
1.2 б	1.3	8	11	1,5	18
1.3 б	1.4	13	7	2,5	30
1.4 б	1.5	6	15	4,5	15
1.5 б	1.6	17	12	1,2	28
1.6 б	1.7	15	8	4	20
1.7 б	1.8	10	14	3	30
1.8 б	1.9	12	9	1	20
1.9 б	1.10	8	11	2	32
1.10 б	1.11	10	6	3,5	25
1.11 б	1.12	4	11	1,2	36
1.12 б	1.13	7	12	2,2	33
1.13 б	1.14	9	9	1,3	25
1.14 б	1.15	7	7	2	30
1.15 б	1.16	5	13	1,2	22

Продолжение табл. 1.2

Номер задачи	Номер рисунка	P <sub>1</sub> , кН	P <sub>2</sub> , кН	q, кН/м	M, кН·м
1.16 б	1.17	8	12	5	32
1.17 б	1.18	9	10	4	35
1.18 б	1.19	7	15	6	30
1.19 б	1.20	4	12	3	36
1.20 б	1.21	15	8	2	28
1.21 б	1.22	8	12	1,6	34
1.22 б	1.23	11	10	2	28
1.23 б	1.24	9	13	1,5	25
1.24 б	1.25	6	16	6	30
1.25 б	1.26	3	10	4	28
1.26 б	1.27	8	3	2	22
1.27 б	1.28	7	10	1,5	30
1.28 б	1.29	9	2	1,2	20
1.29 б	1.30	5	11	2	15
1.30 б	1.31	6	8	3	25

16