

Задания для контрольной работы 1.

ЗАДАЧА 1. Жесткая рама закреплена в точке A шарнирно, а в точке B - шарнирной опорой на катках. На раму действует пара сил с моментом M и две силы F_1 и F_2 . Определить реакции опор A и B .

Номер схемы (1—10) выбрать по рисунку по последней цифре шифра, значения сил, момента M и длины l - по таблице 2 по предпоследней цифре шифра.

Таблица 2

Величины	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1 , кН	10	12	14	16	18	20	22	24	26	38
F_2 , кН	25	20	22	15	30	10	13	15	25	12
M , кН-м	10	5	3	8	12	15	11	7	9	8
l , м	0,5	0,4	0,2	0,1	0,6	0,3	0,5	0,6	0,8	0,2
α , °	45°	30°	60°	30°	60°	45°	30°	45°	60°	60°

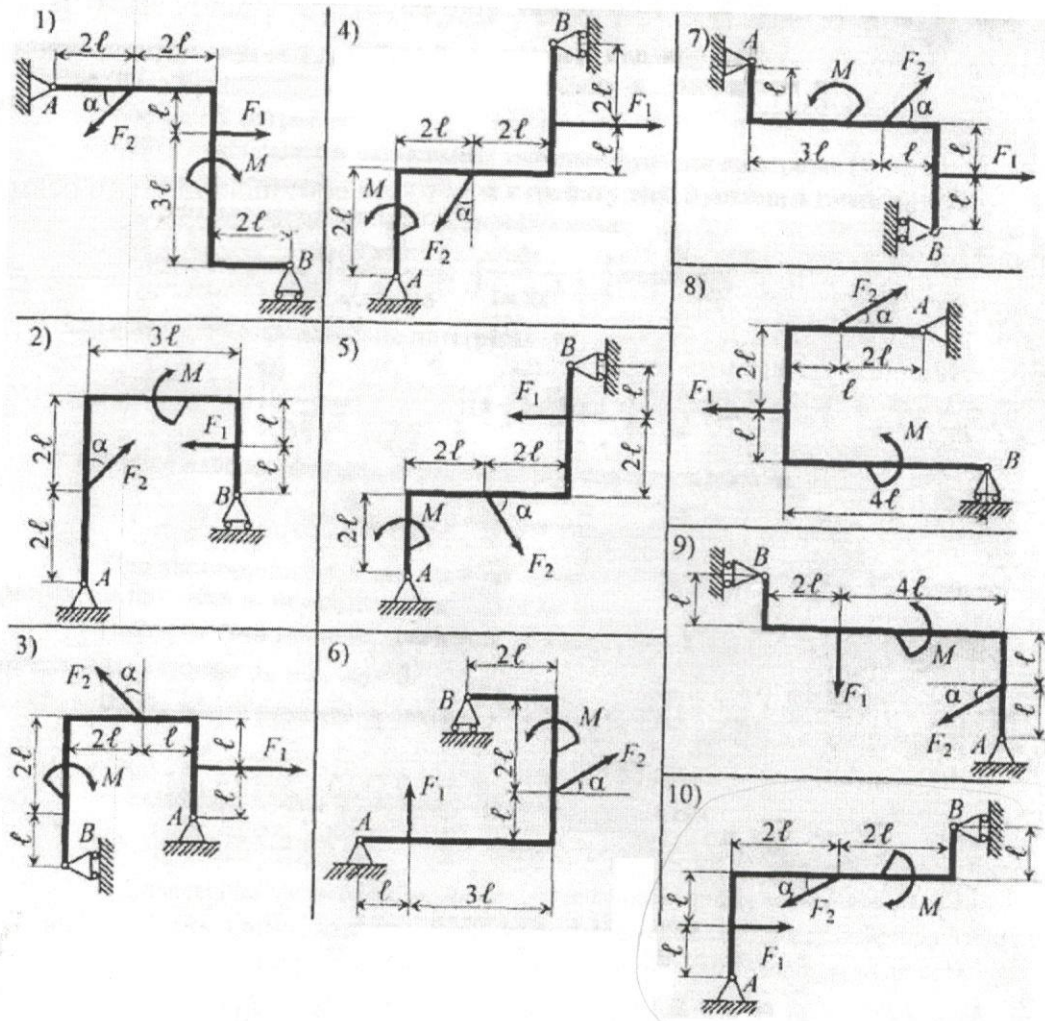


Рисунок 6.

Задания для контрольной работы

Методические указания к выполнению контрольных работ 1,2

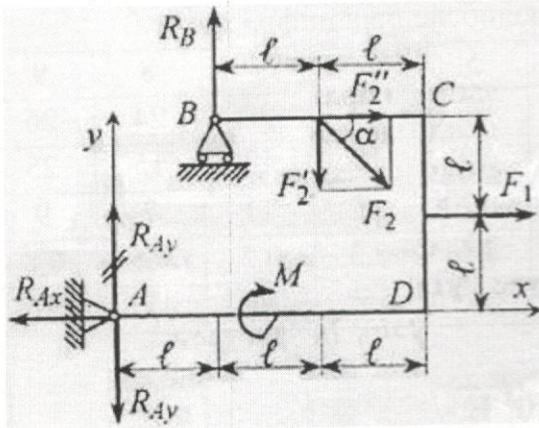
К задаче 1

К решению задачи 1 следует приступать, изучив раздел «Статика». Надо усвоить понятия «проекция силы на ось», «момент силы относительно точки», научиться составлять уравнения равновесия для плоской системы сил.

Пример 1. Жесткая рама $ADCB$ имеет в точке A неподвижную шарнирную опору, в точке B — подвижную шарнирную опору на катках. Определить реакции опор A и B .

Все действующие нагрузки и размеры показаны на рисунке.

Дано: $F_1 = 30$ кН, $F_2 = 10$ кН, $\alpha = 60^\circ$, $M = 20$ кН·м, $l = 0,5$ м.



Решение

1. Заменяем связи в точках A и B их реакциями. Реакция шарнирно-неподвижной опоры A не известна по направлению, поэтому заменим ее на две составляющие: R_{Ax} и R_{Ay} . Реакция шарнирно-подвижной опоры B направлена вертикально. Вместе с заданными силами получим плоскую произвольную систему сил. Проводим оси координат x и y составляем уравнения равновесия.

Рисунок 1.

2. Для удобства расчетов разложим силу F_2 на составляющие по осям координат:

$$F_2' = F_2 \sin \alpha = F_2 \sin 60^\circ = 10 \cdot 0,87 = 8,7 \text{ кН,}$$

$$F_2'' = F_2 \cos \alpha = F_2 \cos 60^\circ = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ кН.}$$

3 Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{ix} = 0: -R_{Ax} + F_1 + F_2'' = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_{iy} = 0: R_{Ay} + R_B - F_2' = 0. \quad (2)$$

$$\sum M_A(F_i) = 0: -R_B \ell + F_2' \cdot 2\ell + F_1 \ell + M + F_2'' \cdot 2\ell = 0. \quad (3)$$

$$\sum M_A(F_i) = 0: -R_B \ell + F_2' \cdot 2\ell + F_1 \ell + M + F_2'' \cdot 2\ell = 0. \quad (3)$$

$$\text{Из (3)} \quad R_B = \frac{F_2' \cdot 2\ell + F_1 \ell + M + F_2'' \cdot 2\ell}{\ell} = \frac{8,7 \cdot 2 \cdot 0,5 + 30 \cdot 0,5 + 20 + 5 \cdot 2 \cdot 0,5}{0,5} = 97,4 \text{ кН.}$$

$$\text{Из (1)} \quad R_{Ax} = F_1 + F_2'' = 30 + 5 = 35 \text{ кН.}$$

$$\text{Из (2)} \quad R_{Ay} = -R_B + F_2' = -97,4 + 8,7 = -88,7 \text{ кН.}$$

Следовательно, R_{Ay} направлена противоположно принятому направлению. Меняем направление и в дальнейшем расчете учитываем новое направление R_{Ay} (сделать зачеркивание на схеме).

Составляем проверочное уравнение, не использованное в решении:

$$\begin{aligned} \sum M_C = 0 \quad R_B \cdot 2\ell - F_2' \ell - R_{Ay} \cdot 3\ell + M + R_{Ax} \cdot 2\ell - F_1 \ell &= \\ = 97,4 \cdot 2 \cdot 0,5 - 8,7 \cdot 0,5 - 88,7 \cdot 3 \cdot 0,5 + 20 + 35 \cdot 2 \cdot 0,5 - 30 \cdot 0,5 &= 152,4 - 152,4 = 0. \end{aligned}$$

Следовательно, реакции определены верно.

О т в е т : $R_{Ax} = 35$ кН, $R_{Ay} = 88,7$ кН, $R_B = 97,4$ кН

К задаче 2 Последовательность решения задачи:

1. Разбить брус на участки, начиная от свободного конца. Границами участков являются сечения, в которых или приложены внешние силы, или изменяются размеры поперечного сечения.

2. Определить по методу сечений продольную силу для каждого участка (ординаты эпюры N) и построить эпюру продольных сил N . Проведя параллельно оси бруса базовую (нулевую) линию эпюры, отложить перпендикулярно ей в произвольном масштабе получаемые значения ординат. Через концы ординат провести линии, проставить знаки и заштриховать эпюру линиями, параллельными ординатам.

3. Для построения эпюры нормальных напряжений определяем напряжения в поперечных сечениях каждого из участков. В пределах каждого участка напряжения постоянны, т. е. эпюра на данном участке изображается прямой, параллельной оси бруса.

4. Перемещение свободного конца бруса определяем как сумму удлинений (укорочений) участков бруса, вычисленных по формуле Гука.

Пример 2. Для данного ступенчатого бруса (рисунок 2) построить эпюру продольных сил, эпюру нормальных напряжений и определить перемещение свободного конца.

Дано: $F_1 = 30 \text{ кН} = 30 \cdot 10^3 \text{ Н}$; $F_2 = 38 \text{ кН} = 38 \cdot 10^3 \text{ Н}$; $F_3 = 42 \text{ кН} = 42 \cdot 10^3 \text{ Н}$;
 $A_1 = 1,9 \text{ см}^2 = 1,9 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$; $A_2 = 3,1 \text{ см}^2 = 3,1 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$; $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

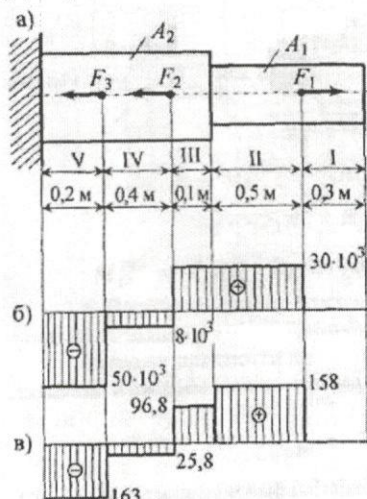
Решение

- Отмечаем участки, как показано на рисунке.
- Определяем значения продольной силы N на участках бруса:

$$N_I = 0; N_{II} = F_1 = 30 \text{ кН}; N_{III} = F_1 = 30 \text{ кН};$$

$$N_{IV} = F_1 - F_2 = -8 \text{ кН}; N_V = F_1 - F_2 - F_3 = -50 \text{ кН}.$$

Строим эпюру продольных сил (рисунок).



3. Вычисляем значения нормальных напряжений:

$$\sigma_I = \frac{N_I}{A_1} = 0;$$

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A_1} = \frac{30 \cdot 10^3}{1,9 \cdot 10^2} = 158 \text{ Н/мм}^2 = 158 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{A_2} = \frac{30 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^2} = 96,8 \text{ Н/мм}^2 = 96,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{IV} = \frac{N_{IV}}{A_2} = \frac{-8 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^2} = -25,8 \text{ Н/мм}^2 = -25,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_V = \frac{N_V}{A_2} = \frac{-50 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^2} = -163 \text{ Н/мм}^2 = -163 \text{ МПа}.$$

Строим эпюру нормальных напряжений (рисунок 7в).

Рисунок 7

4. Определяем перемещение свободного конца бруса:

$$\Delta l = \Delta l_I + \Delta l_{II} + \Delta l_{III} + \Delta l_{IV} + \Delta l_V;$$

$$\Delta l_I = \frac{N_I l_I}{EA_1} = 0;$$

$$\Delta l_{II} = \frac{N_{II} l_{II}}{EA_1} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 1,9 \cdot 10^2} = 0,394 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{III} = \frac{N_{III} l_{III}}{EA_2} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,1 \cdot 10^2} = 0,0484 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{IV} = \frac{N_{IV} l_{IV}}{EA_2} = \frac{-8 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,1 \cdot 10^2} = -0,0516 \text{ мм};$$

$$\Delta l_V = \frac{N_V l_V}{EA_2} = \frac{-50 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,1 \cdot 10^2} = -0,161 \text{ мм}.$$

$$\Delta l = 0,394 + 0,0484 - 0,0516 - 0,161 \approx 0,23 \text{ мм}.$$

Брус удлинится на 0,23 мм

3 -

ЗАДАЧА 2. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами F_1 и F_2 . Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить удлинение (укорочение) бруса, приняв $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Сделать вывод о прочности бруса.

Номер схемы (1-10) выбрать по рисунку 7 по последней цифре шифра, числовые значения сил F_1 и F_2 , а также размеры сечений A_1 и A_2 выбрать по таблице 3 в зависимости от предпоследней цифры своего шифра.

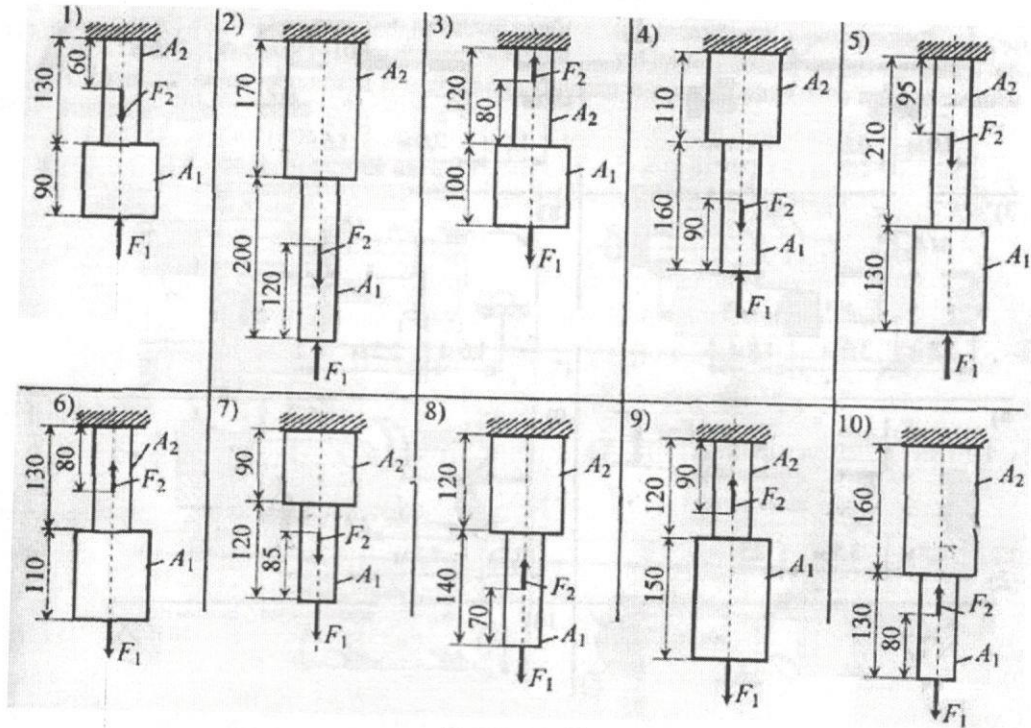


Рисунок 7

Таблица 3

Величины	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1, \text{кН}$	10	21	16	14	15	5,0	8,0	10	18	30
$F_2, \text{кН}$	20	40	13	22	25	9,8	5,5	13	30	45
$A_1, \text{см}^2$	1,2	2,6	1,8	4,5	2,3	0,5	3	1,3	0,9	3,5
$A_2, \text{см}^2$	0,8	2	1,4	3,0	1,4	1,2	2	1,8	1,3	4,5
Размеры бруса заданы в сантиметрах										

-4-

и F_2 . По
не бруса
ВЫВОД
ра, число
блице 3

К задаче 2 Последовательность решения задачи:

1. Разбить брус на участки, начиная от свободного конца. Границами участков являются сечения, в которых или приложены внешние силы, или изменяются размеры поперечного сечения.
2. Определить по методу сечений продольную силу для каждого участка (ординаты эпюры N) и построить эпюру продольных сил N . Проведя параллельно оси бруса базовую (нулевую) линию эпюры, отложить перпендикулярно ей в произвольном масштабе получаемые значения ординат. Через концы ординат провести линии, проставить знаки и заштриховать эпюру линиями, параллельными ординатам.
3. Для построения, эпюры нормальных напряжений определяем напряжения в поперечных сечениях каждого из участков. В пределах каждого участка напряжения постоянны, т. е. эпюра на данном участке изображается прямой, параллельной оси бруса.
4. Перемещение свободного конца бруса определяем как сумму удлинений (укорочений) участков бруса, вычисленных по формуле Гука.

Пример 2. Для данного ступенчатого бруса (рисунок 2) построить эпюру продольных сил, эпюру нормальных напряжений и определить перемещение свободного конца.

Дано: $F_1 = 30 \text{ кН} = 30 \cdot 10^3 \text{ Н}$; $F_2 = 38 \text{ кН} = 38 \cdot 10^3 \text{ Н}$; $F_3 = 42 \text{ кН} = 42 \cdot 10^3 \text{ Н}$;
 $A_1 = 1,9 \text{ см}^2 = 1,9 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$; $A_2 = 3,1 \text{ см}^2 = 3,1 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$; $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

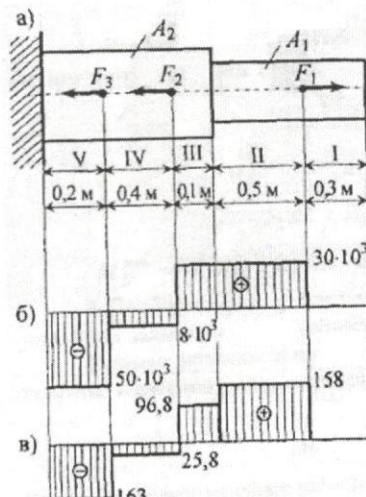
Решение

1. Отмечаем участки, как показано на рисунке.
2. Определяем значения продольной силы N на участках бруса:

$$N_I = 0; N_{II} = F_1 = 30 \text{ кН}; N_{III} = F_1 = 30 \text{ кН};$$

$$N_{IV} = F_1 - F_2 = -8 \text{ кН}; N_V = F_1 - F_2 - F_3 = -50 \text{ кН}.$$

Строим эпюру продольных сил (рисунок).



3. Вычисляем значения нормальных напряжений:

$$\sigma_I = \frac{N_I}{A_1} = 0;$$

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A_1} = \frac{30 \cdot 10^3}{1,9 \cdot 10^2} = 158 \text{ Н/мм}^2 = 158 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{A_2} = \frac{30 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^2} = 96,8 \text{ Н/мм}^2 = 96,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{IV} = \frac{N_{IV}}{A_2} = \frac{-8 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^2} = -25,8 \text{ Н/мм}^2 = -25,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_V = \frac{N_V}{A_2} = \frac{-50 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^2} = -163 \text{ Н/мм}^2 = -163 \text{ МПа}.$$

Строим эпюру нормальных напряжений (рисунок 7в).

Рисунок 7

4. Определяем перемещение свободного конца бруса:

$$\Delta l = \Delta l_I + \Delta l_{II} + \Delta l_{III} + \Delta l_{IV} + \Delta l_V;$$

$$\Delta l_I = \frac{N_I \ell_I}{EA_1} = 0;$$

$$\Delta l_{II} = \frac{N_{II} \ell_{II}}{EA_1} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 1,9 \cdot 10^2} = 0,394 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{III} = \frac{N_{III} \ell_{III}}{EA_2} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,1 \cdot 10^2} = 0,0484 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{IV} = \frac{N_{IV} \ell_{IV}}{EA_2} = \frac{-8 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,1 \cdot 10^2} = -0,0516 \text{ мм};$$

$$\Delta l_V = \frac{N_V \ell_V}{EA_2} = \frac{-50 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,1 \cdot 10^2} = -0,161 \text{ мм}.$$

$$\Delta l = 0,394 + 0,0484 - 0,0516 - 0,161 \approx 0,23 \text{ мм}.$$

Брус удлиняется на 0,23 мм

К задаче 3

К решению задачи 3 следует приступать, изучив тему «Изгиб» в разделе «Сопротивление материалов». Следует усвоить понятия «поперечная сила» и «изгибающий момент», изучив эти понятия по указанной в методических указаниях литературе, ответив на вопросы по этой теме и разобрав рассмотренный пример.

Пример 3. Для заданной двухопорной балки (рисунок 3) определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и определить размеры поперечного сечения (h, b, d) в форме прямоугольника или круга, приняв для прямоугольника $h/b = 1,5$. Считать $[\sigma] = 160$ МПа.

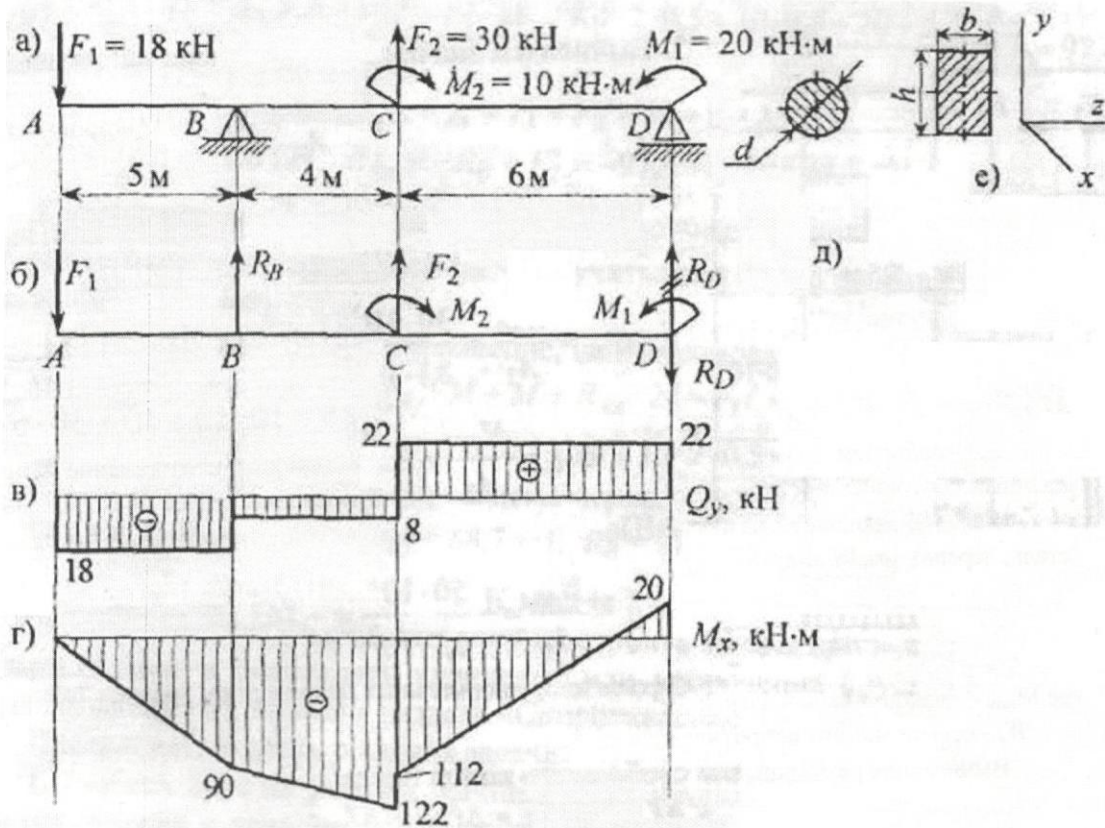


Рисунок 3.

Решение

1. Определяем опорные реакции и проверяем их найденные значения (рисунок):

$$\sum M_D = 0; \quad \sum M_D = -M_1 + F_2 CD + M_2 + R_B BD - F_1 AD = 0;$$

$$R_B = \frac{M_1 - F_2 CD - M_2 + F_1 AD}{BD} = \frac{20 - 30 \cdot 6 - 10 + 18 \cdot 15}{10} = 10 \text{ кН};$$

$$\sum M_B = 0; \quad \sum M_B = -F_1 AB + M_2 - F_2 BC - R_D BD - M_1 = 0;$$

$$R_D = \frac{-F_1 AB + M_2 - F_2 BC - M_1}{BD} = \frac{-18 \cdot 5 + 10 - 30 \cdot 4 - 20}{10} = -22 \text{ кН}.$$

Так как реакция R_D получилась со знаком минус, то изменяем ее первоначальное направление на противоположное. Истинное направление реакции R_D - вниз.

$$\text{Проверка: } \sum Y_i = -F_1 + R_B + F_2 - R_D = -18 + 10 + 30 - 22 = 0.$$

Условие статики $\sum Y_i = 0$ выполняется, следовательно, реакции опор определены верно. При

построении эпюр используем только *истинные направления реакций опор*.

2. Делим балку на участки по характерным сечениям A, B, C, D (рисунок 3).

3. Определяем в характерных сечениях значения поперечной силы Q , и строим эпюру слева направо (рисунок 3в).

$$Q_A^{\text{np}} = -F_1 = -18 \text{ кН};$$

$$Q_B^{\text{лсв}} = -F_1 = -18 \text{ кН}; \quad Q_B^{\text{np}} = -F_1 + R_B = -18 + 10 = -8 \text{ кН};$$

$$Q_C^{\text{лсв}} = -F_1 + R_B = -18 + 10 = -8 \text{ кН}; \quad Q_C^{\text{np}} = -F_1 + R_B + F_2 = -18 + 10 + 30 = 22 \text{ кН};$$

$$Q_D^{\text{лсв}} = -F_1 + R_B + F_2 = 22 \text{ кН}.$$

4. Вычисляем в характерных сечениях значения изгибающего момента M , и строим эпюру (рисунок 3г).

$$M_A = 0;$$

$$M_B = -F_1 AB = -18 \cdot 5 = -90 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C^{\text{лсв}} = -F_1 AC + R_B BC = -18 \cdot 9 + 10 \cdot 4 = -122 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C^{\text{np}} = -F_1 AC + R_B BC + M_2 = -18 \cdot 9 + 10 \cdot 4 + 10 = -112 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D^{\text{лсв}} = -F_1 AD + R_B BD + M_2 + F_2 CD = -18 \cdot 15 + 10 \cdot 10 + 10 + 30 \cdot 6 = 20 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

5. Подбираем размер сечения данной балки по двум вариантам: а) сечение - прямоугольник заданным соотношением сторон (рисунок); б) сечение - круг (рисунок).

Условие прочности на изгиб для материалов, одинаково сопротивляющихся растяжению и сжатию (сталь, дерево), имеет вид:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_x} \leq [\sigma],$$

где M_{max} - максимальный изгибающий момент;

W_x - осевой момент сопротивления сечения.

Вычисление размеров *прямоугольного сечения*:

$$W_x = \frac{M_{x \text{ max}}}{[\sigma]} = \frac{122 \cdot 10^6}{160} = 0,762 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Используя формулу $W_x = \frac{bh^2}{6}$ и учитывая, что $h = 1,5b$, находим

$$W_x = \frac{b(1,5b)^2}{6} = \frac{2,25b^3}{6},$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{6W_x}{2,25}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,762 \cdot 10^6}{2,25}} = 10^2 \cdot \sqrt[3]{2,06} = 127 \text{ мм}, \quad h = 1,5 \cdot 127 = 190 \text{ мм}.$$

Диаметр *круглого сечения* находим, используя формулу $W_x = \frac{\pi d^3}{32}$,

$$d = \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,762 \cdot 10^6}{3,14}} = 196 \text{ мм}.$$

Если требуется определить номер швеллера или двутавра $W_x = 762 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 = 762 \text{ см}^3$ по ГОСТ (приложения 1 и 2), выбираем двутавр № 36 с $W_x = 743 \text{ см}^3$ или швеллер № 40 с $W_x = 761 \text{ см}^3$.

Задания для контрольной работы 2

ЗАДАЧА 3. Для двухопорной стальной балки определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и подобрать необходимые размеры поперечного сечения заданной формы, приняв $[\sigma_x]=150\text{МПа}$.

Номер схемы и вид сечения (1—10) выбрать по рисунку 8 по последней цифре шифра, а ЧИСЛОВЫЕ значения сил и момента - по таблице 4 по предпоследней цифре шифра.

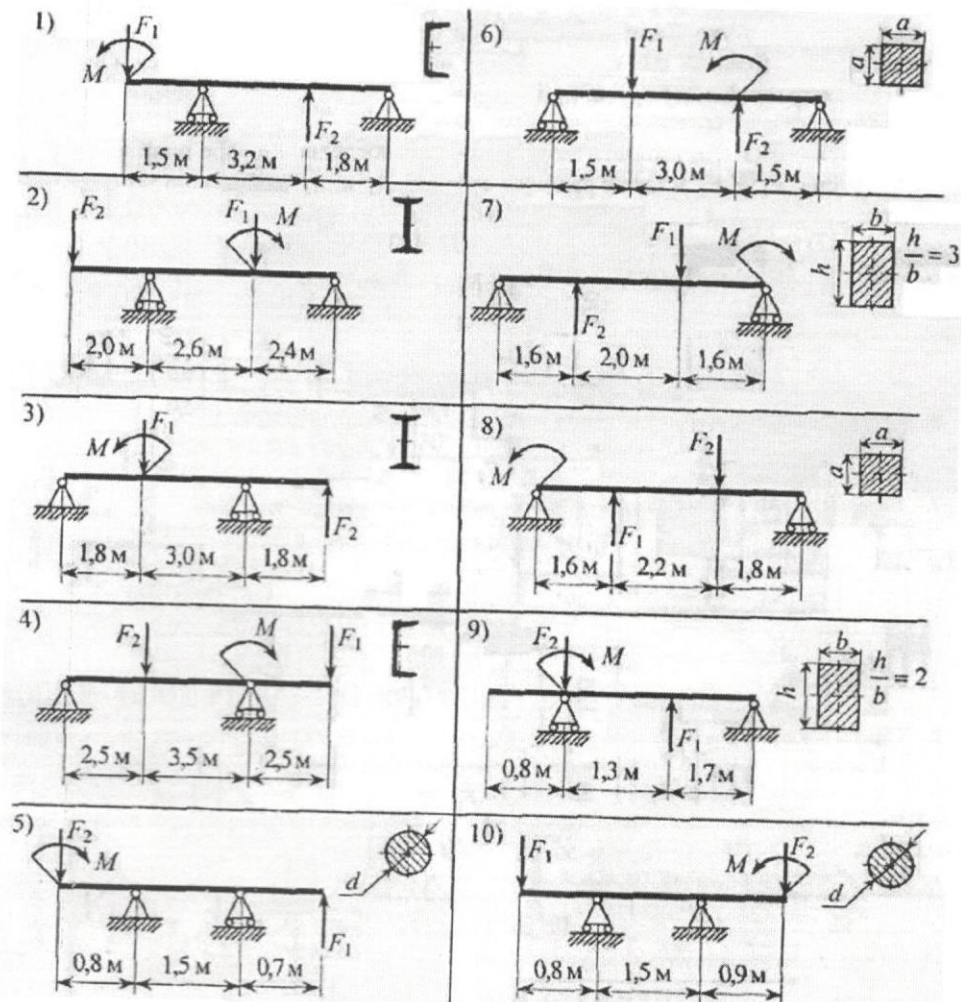


Рисунок 8.

Таблица 4

Величина	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1 , кН	26	22	20	16	11	25	18	24	13,9	28
F_2 , кН	30	40	55	24	35	12	18	29	18,4	16
M , кН·м	4,5	3,2	6,8	2,8	2,4	4,8	4,8	5,0	3,5	4

Условные обозначения к рисунку 8

~~7~~

К задаче 4

Для решения задачи 4 следует усвоить тему «Совместное действие изгиба и кручения».

Пример 4. Для стального вала круглого поперечного сечения с одним зубчатым колесом (рисунок4), передающего мощность $P=12\text{кВт}$ при угловой скорости $\omega = 40\text{рад/с}$, определить диаметр вала в опасном сечении, приняв $[\sigma]=60\text{МПа}$ и полагая, что $F_r = 0,4F_t$. **Решение**

1. Составим расчетную схему, заменив связи (подшипники) их реакциями.

2. Момент, передаваемый валом,
$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{12 \cdot 10^3}{40} = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Окружная сила
$$F_t = \frac{2M}{D} = \frac{2 \cdot 300 \cdot 10^3}{300} = 2000 \text{ Н}.$$

4. Радиальная сила $F_r = 0,4F_t = 0,4 \cdot 2000 = 800 \text{ Н}.$

5. Находим опорные реакции подшипников от окружной силы F_t (рисунок):

$$\sum M_A = 0; F_t \cdot 0,3 - R_{By} \cdot 0,2 = 0, \text{ откуда } R_{By} = \frac{F_t \cdot 0,3}{0,2} = \frac{2000 \cdot 0,3}{0,2} = 3000 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = 0; F_t \cdot 0,5 - R_{Ay} \cdot 0,2 = 0, \text{ откуда } R_{Ay} = \frac{F_t \cdot 0,5}{0,2} = \frac{2000 \cdot 0,5}{0,2} = 5000 \text{ Н}.$$

Проверяем

правильность определения опорных реакций:

$$\sum Y = 0; F_t - R_{Ay} + R_{By} = 0; 2000 - 5000 + 3000 = 0.$$

6. Строим эпюры изгибающих моментов в вертикальной плоскости (рисунок).

В сечении С: $M_C = 0$. В сечении А: $M_A = F_t \cdot 0,3 = 2000 \cdot 0,3 = 600 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

В сечении В: $M_B = 0$.

7. Находим опорные реакции подшипников от радиальной силы F_r (рисунок):

$$\sum M_A = 0; R_{Bx} \cdot 0,2 - F_r \cdot 0,3 = 0, \text{ откуда } R_{Bx} = \frac{0,3F_r}{0,2} = \frac{0,3 \cdot 800}{0,2} = 1200 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = 0; -F_r \cdot 0,5 + R_{Ax} \cdot 0,2 = 0, \text{ откуда } R_{Ax} = \frac{0,5F_r}{0,2} = \frac{0,5 \cdot 800}{0,2} = 2000 \text{ Н}.$$

Проверяем правильность определения опорных реакций:

$$\sum Y = 0; -F_r + R_{Ax} - R_{Bx} = 0; -800 + 2000 - 1200 = 0.$$

8. Строим эпюру изгибающих моментов от силы F_r , действующей в горизонтальной плоскости (рисунок 9д).

В сечении С: $M_C = 0$. В сечении А: $M_A = -F_r \cdot 0,3 = -800 \cdot 0,3 = -240 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

В сечении В: $M_B = 0$.

9. Из эпюр изгибающих моментов следует, что опасное сечение вала проходит через точку А. Значение крутящего момента в любом сечении вала $M_k = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (рисунок4).

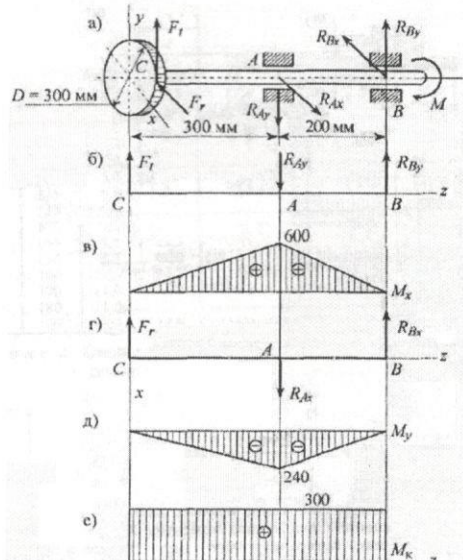
10. Определяем наибольшее значение эквивалентного момента:

$$M_{\text{эп}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_k^2} = \sqrt{600^2 + 240^2 + 300^2} = 713 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

11. Определяем диаметр вала в опасном сечении:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{эп}}}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{713 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60}} = 49 \text{ мм}.$$

Полученный диаметр округляем по ГОСТу: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 (мм). Принимаем $d = 50 \text{ мм}$.



8 -

ЗАДАЧА 4. Для стального вала постоянного поперечного сечения с одним зубчатым колесом, передающего мощность P (кВт) при угловой скорости ω (рад/с):

- определить вертикальные и горизонтальные составляющие реакции подшипников;
- построить эпюру крутящих моментов;
- построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- определить диаметр вала, приняв $[\sigma] = 60$ МПа и полагая, что $F_r = 0,4F_t$.

Расчет следует вести по гипотезе наибольших касательных напряжений.

Номер схемы (1-10) выбирается по рисунку 9 по последней цифре шифра, а числовые значения мощности P и угловой скорости ω - по таблице 5 по предпоследней цифре шифра.

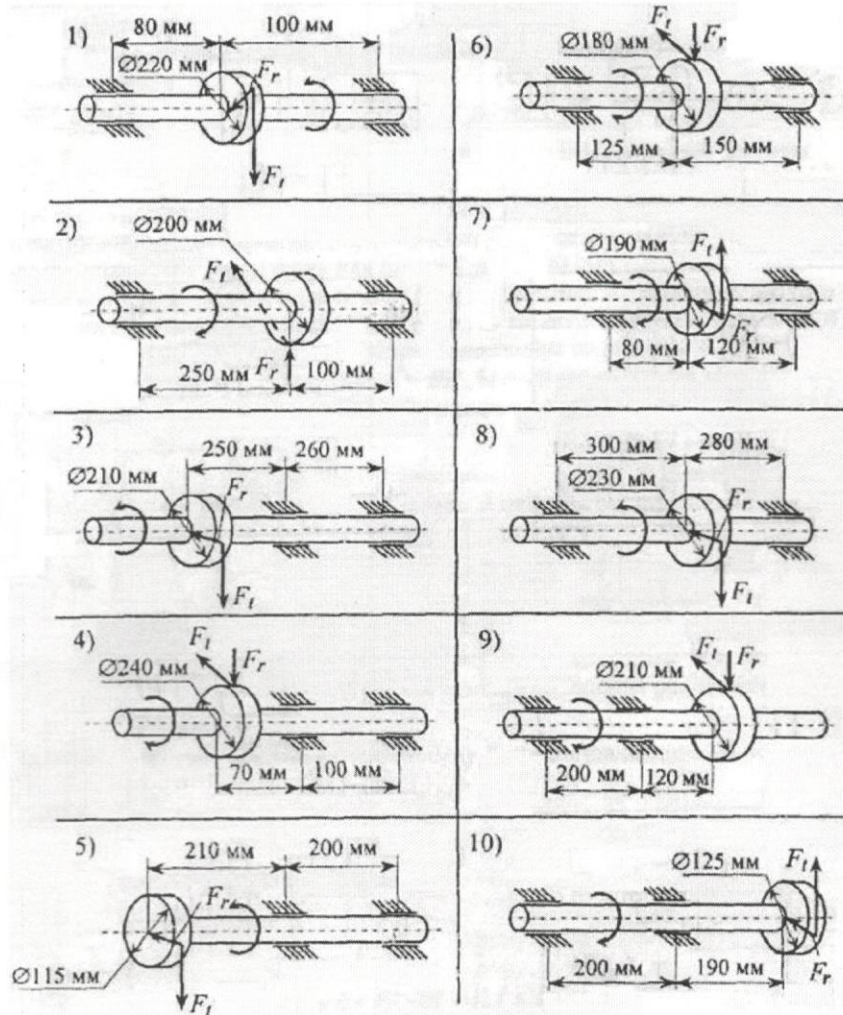


Рисунок 9.

Таблица 5

Величина	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кВт	4	16	20	24	45	46	57	60	40	42
ω , рад/с	24	48	50	40	25	26	27	40	22	60

Для стального вала постоянного поперечного сечения с одним зубчатым колесом, передающего мощность P (кВт) при угловой скорости ω (рад/с):

- определить вертикальные и горизонтальные составляющие реакции подшипников;
- построить эпюру крутящих моментов;
- построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- определить диаметр вала, приняв $[\sigma] = 60$ МПа и полагая, что $F_r = 0,4F_t$.

9

ЗАДАЧА 5. Привод (рисунок10) состоит из электродвигателя мощностью $P_{дв}$ (кВт) с частотой вращения $n_{дв}$ (об/мин) редуктора и цепной (или ременной) передачи. Требуется определить:

- общий КПД привода;
- мощности на валах;
- передаточные числа отдельных передач;
- общее передаточное число;
- угловые скорости валов;
- вращающие моменты для всех валов.

Номер схемы (1-10) выбрать по рисунку10 по последней цифре шифра, а числовые значения исходных данных - по таблице 6 по предпоследней цифре шифра.

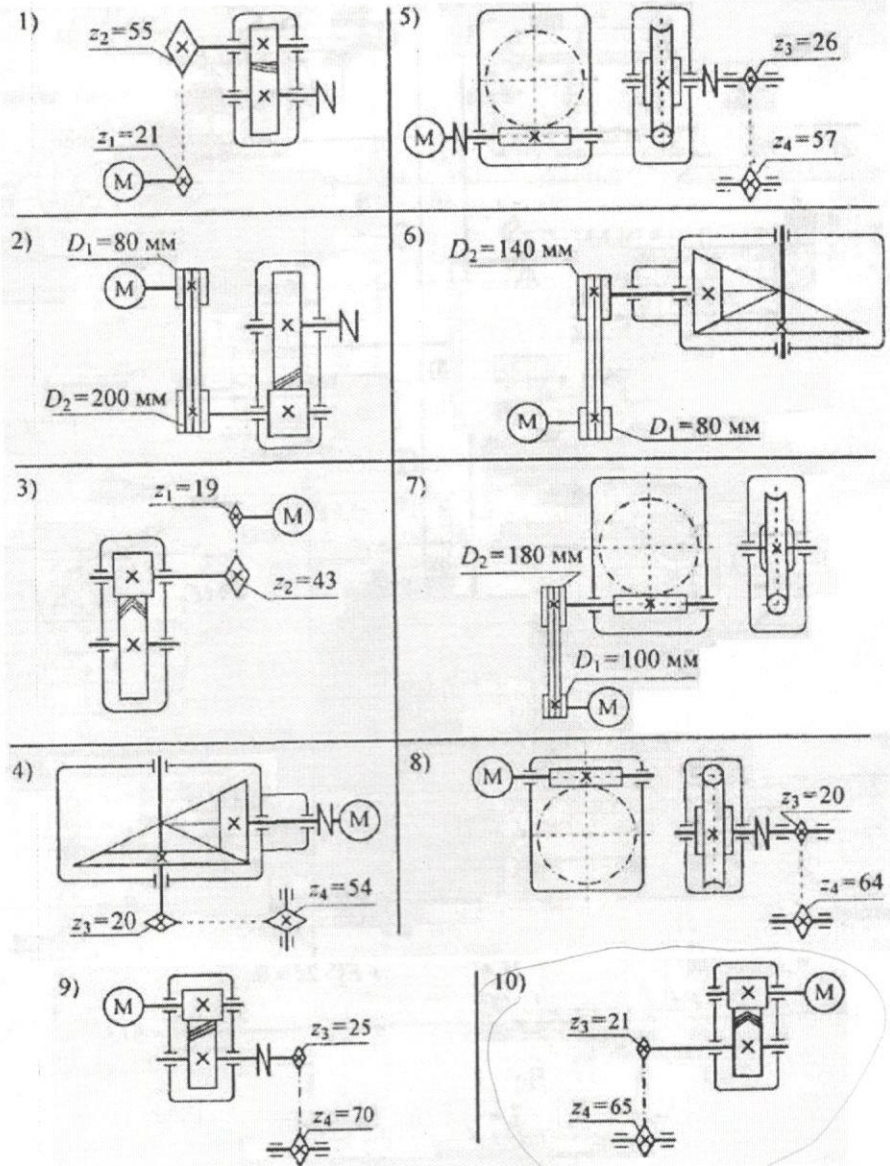


Рисунок10.

Таблица 6

Величины	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность электродвигателя $P_{дв}$, кВт	9,6	2,2	4,7	8,9	3,2	5,6	6,1	7,6	8,8	5
Частота вращения вала элек-тродвигателя $n_{дв}$, об/мин	1000	1440	955	980	1440	980	1000	1440	950	1000
Передаточное число редуктора u_p	2,5	3,15	4	2	28	2,5	32	22	2,8	4

К задаче 5

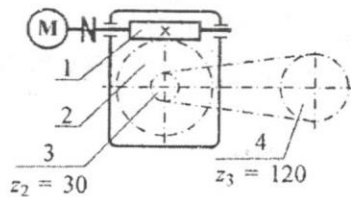


Рисунок 5.

Привод состоит из электродвигателя мощностью $P_{дв} = 4$ кВт и частотой вращения $n_{дв} = 1200$ об/мин. Требуется определить:

- а) общий КПД привода; б) мощности на валах;
- в) передаточное число цепной передачи;
- г) общее передаточное число;
- д) угловые скорости валов;
- е) вращающие моменты на валах

Решение

1. Кинематическая и конструктивная характеристики привода: передача двухступенчатая, понижающая. Первая ступень – червячный редуктор с передаточным числом $u_{ч.р} = 30$, вторая – цепная передача.

2. КПД червячного редуктора примем $\eta_{ч.р} = 0,8$; КПД цепной передачи $\eta_{ц.п} = 0,92$ (таблица 2). Общий КПД привода

$$\eta_{общ} = \eta_{ч.р} \cdot \eta_{ц.п} = 0,8 \cdot 0,92 = 0,736.$$

3. Мощности на валах:

$$P_1 = P_{дв} = 4 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \eta_{ч.р} = 4 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \eta_{ц.п} = 3,2 \cdot 0,92 = 2,94 \text{ кВт}.$$

4. Передаточное число цепной передачи

$$u_{ц.п} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{120}{30} = 4$$

5. Общее передаточное число привода

$$u_{общ} = u_{ч.р} u_{ц.п} = 30 \cdot 4 = 120$$

6. Определяем угловые скорости на валах привода:

- угловая скорость вала электродвигателя

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1200}{30} = 120 \text{ рад/с}$$

- угловая скорость второго вала

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{ч.р}} = \frac{120}{30} = 4 \text{ рад/с}$$

- угловая скорость третьего вала

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{ц.п}} = \frac{4}{4} = 1 \text{ рад/с}$$

Определяем вращающие моменты на валах привода:

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{4 \cdot 10^3}{120} = 33,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{3,2 \cdot 10^3}{4} = 800 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_3 = \frac{P_3}{\omega_3} = \frac{2,94 \cdot 10^3}{1} = 2,94 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Здесь P – в Вт, ω – в рад/с, M – в Н·м.

В понижающих передачах понижение угловых скоростей валов сопровождается соответствующим повышением вращающих моментов. Мощности на валах снижаются незначительно вследствие потерь на трение в подшипниках и при взаимодействии звеньев.

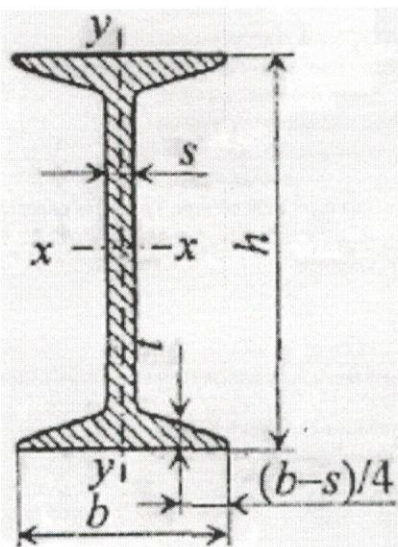
Таблица 1. Средние значения КПД некоторых передач (с учетом потерь в подшипниках)

Тип передачи	Закрытая	Открытая
Зубчатая цилиндрическая	0,97	0,95
Зубчатая коническая	0,96	0,95
Цепная	-	0,92
Клиноременная	-	0,95
Червячная	0,8	-

9	10
8,8	5
950	1000
2,8	4

Приложение 1. Сталь горячекатаная. Балки двутавровые.

Сортамент ГОСТ 8239-72 (извлечение)



Обозначения:

h — высота балки; b — ширина полки;

s — толщина стенки; t — средняя толщина полки;

I — момент инерции; W — момент сопротивления

Таблица 7

№ балки	Размер, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1м, кг	Справочные величины для осей			
	h	b	s	t			I_x см ⁴	W_x см ³	I_y см ⁴	W_y см ³
10	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	17,9	6,49
12	120	64	4,8	7,3	14,7	11,50	350	58,4	27,9	8,72
14	140	73	4,9	7,5	17,4	13,70	572	81,7	41,9	11,50
16	160	81	5,0	7,8	20,2	15,90	873	109,0	58,6	14,50
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,40	1290	143,0	82,6	18,40
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,00	1840	184,0	115,0	23,10
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,00	2550	232,0	157,0	28,60
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,30	3460	289,0	198,0	34,50
27	270	125	6,0	9,8	40,2	31,50	5010	371,0	260,0	41,50
30	300	135	6,5	10,2	46,5	36,50	7080	472,0	337,0	49,90
33	330	140	7,0	11,2	53,8	42,20	9840	597,0	419,0	59,90
36	360	145	7,5	12,3	61,9	48,60	13380	743,0	516,0	71,10
40	400	155	8,3	13,0	72,6	57,00	19062	953,0	667,0	86,10
45	450	160	9,0	14,2	84,7	66,50	27696	1231,0	808,0	101,00
50	500	170	11,0	15,2	100,0	78,50	39727	1589,0	1043,0	123,00
55	550	180	11,0	16,5	118,0	92,60	55962	2035,0	1356,0	151,00
60	600	190	12,0	17,8	138,0	108,00	76806	2560,0	1725,0	182,00