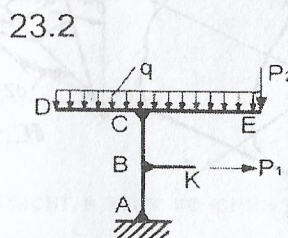
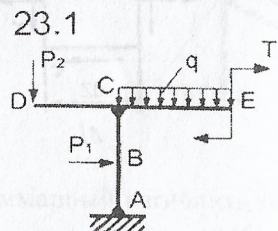


Принять размер $a = 0.1 \text{ м}$, $q = 0.5 \text{ кН/м}$, допускаемое напряжение $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$. Сечение – квадратное или круглое.

Рекомендуется вычертить схему по заданным размерам и построить эпюры отдельно от каждой нагрузки. Выбрать скользящие оси координат, начиная со свободного торца рамы.

Кр7



Кр1

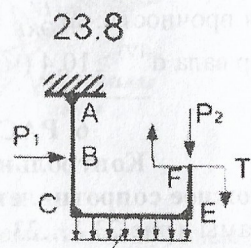
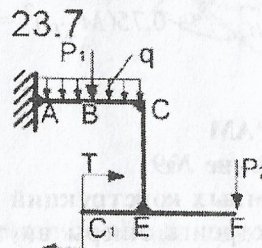
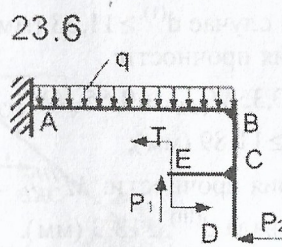
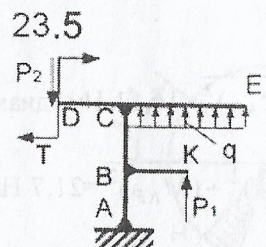
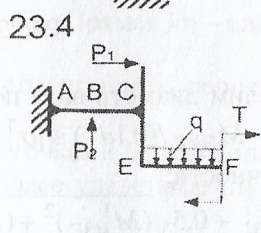
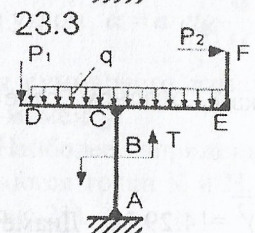
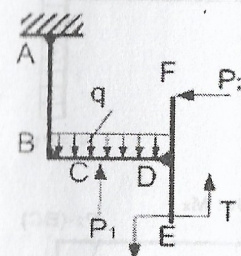


Рис. 23

23.9



23.10

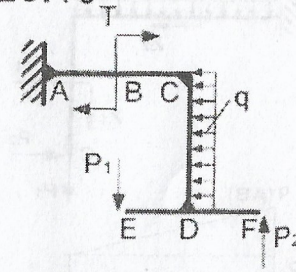


Рис. 23 (продолжение)

Таблица 12

№№	q	P ₁	P ₂	T	AB	BC	CD	CE	EF	BK
1	q	qa	4qa	2qa ²	a	a	a	2a	a	2a
2	q	2qa	3qa	-qa ²	a	2a	a	a	2a	a
3	2q	3qa	2qa	2qa ²	2a	a	a	2a	a	a
4	q	-	2qa	qa ²	2a	2a	a	a	2a	a
5	2q	2qa	qa	3qa ²	2a	a	a	a	a	2a
6	q	-	2qa	-2qa ²	a	a	2a	a	a	a
7	2q	-qa	-qa	2qa ²	2a	2a	a	a	a	2a
8	2q	2qa	2qa	qa ²	2a	2a	a	2a	2a	a
9	q	2qa	4qa	2qa ²	a	a	a	a	a	a
10	q	-2qa	qa	-qa ²	2a	a	2a	a	a	2a

Пример выполнения

Жесткая рама ABC (рис.24а) постоянного поперечного сечения, нагружена распределенной нагрузкой интенсивности q и сосредоточенными силами P_1, P_2 . Построить эпюры внутренних сил, выбрав скользящие оси координат.

На рис.24 б представлена эпюра нормальных сил N , на рис.24 в – эпюра поперечных сил Q , на рис. 24 г – эпюра изгибающих моментов. Правила построения эпюр известны, формулы расчетов на прочность указаны в задании № 6.

1.2. Варианты контрольного задания № Кр 2

Определить реакции опор в точках A и B балки, находящейся под действием сосредоточенной силы F , пары сил с моментом m и равномерно распределенной нагрузки интенсивностью q . Весом балки пренебречь.

Примечание. Индивидуальный вариант должен содержать номер схемы и номер строки исходных данных, представленных в табл. 1.1, например, «Вариант 11-4».

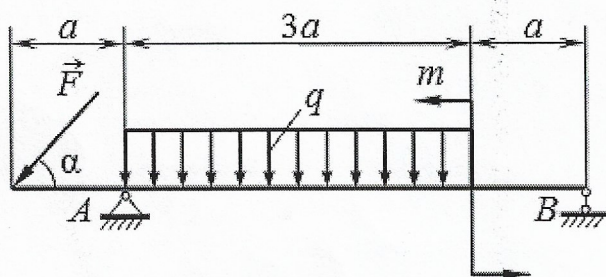


Рис. 1

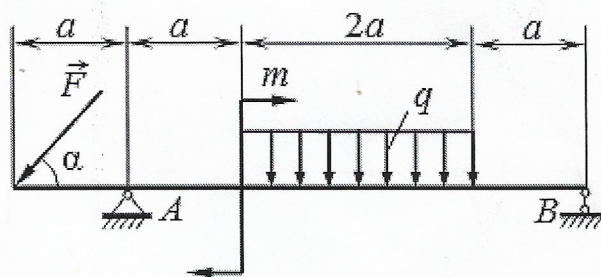


Рис. 2

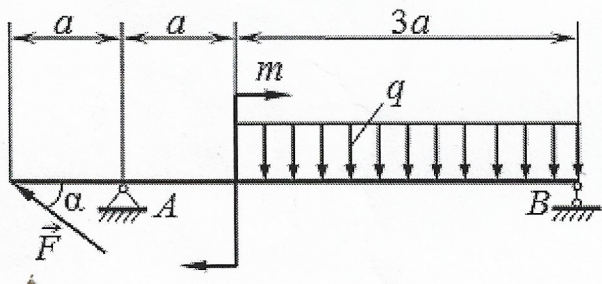


Рис. 3

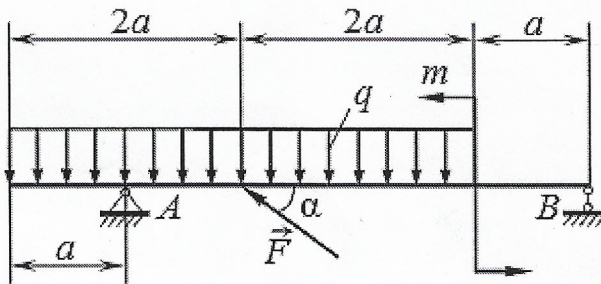


Рис. 4

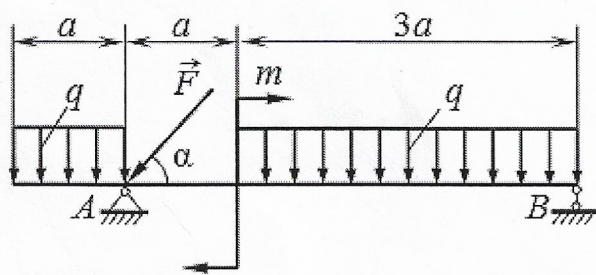


Рис. 5

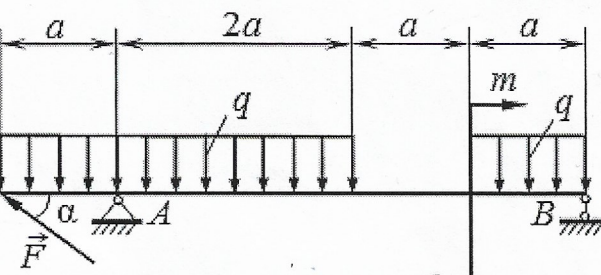


Рис. 6

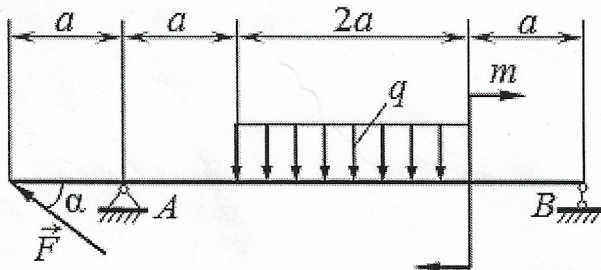


Рис. 7

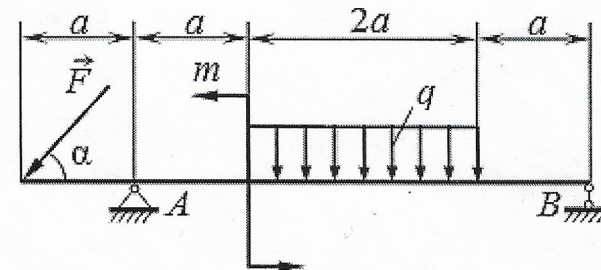


Рис. 8

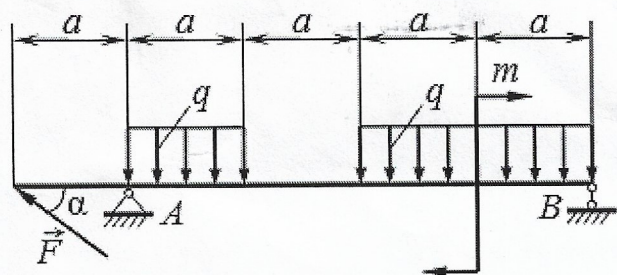


Рис. 9

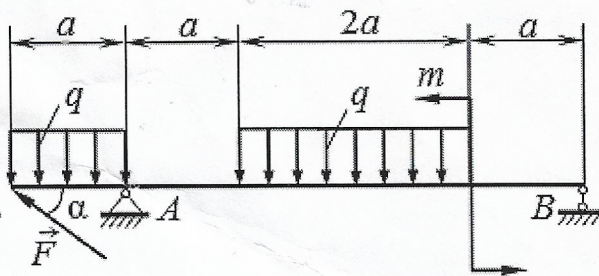
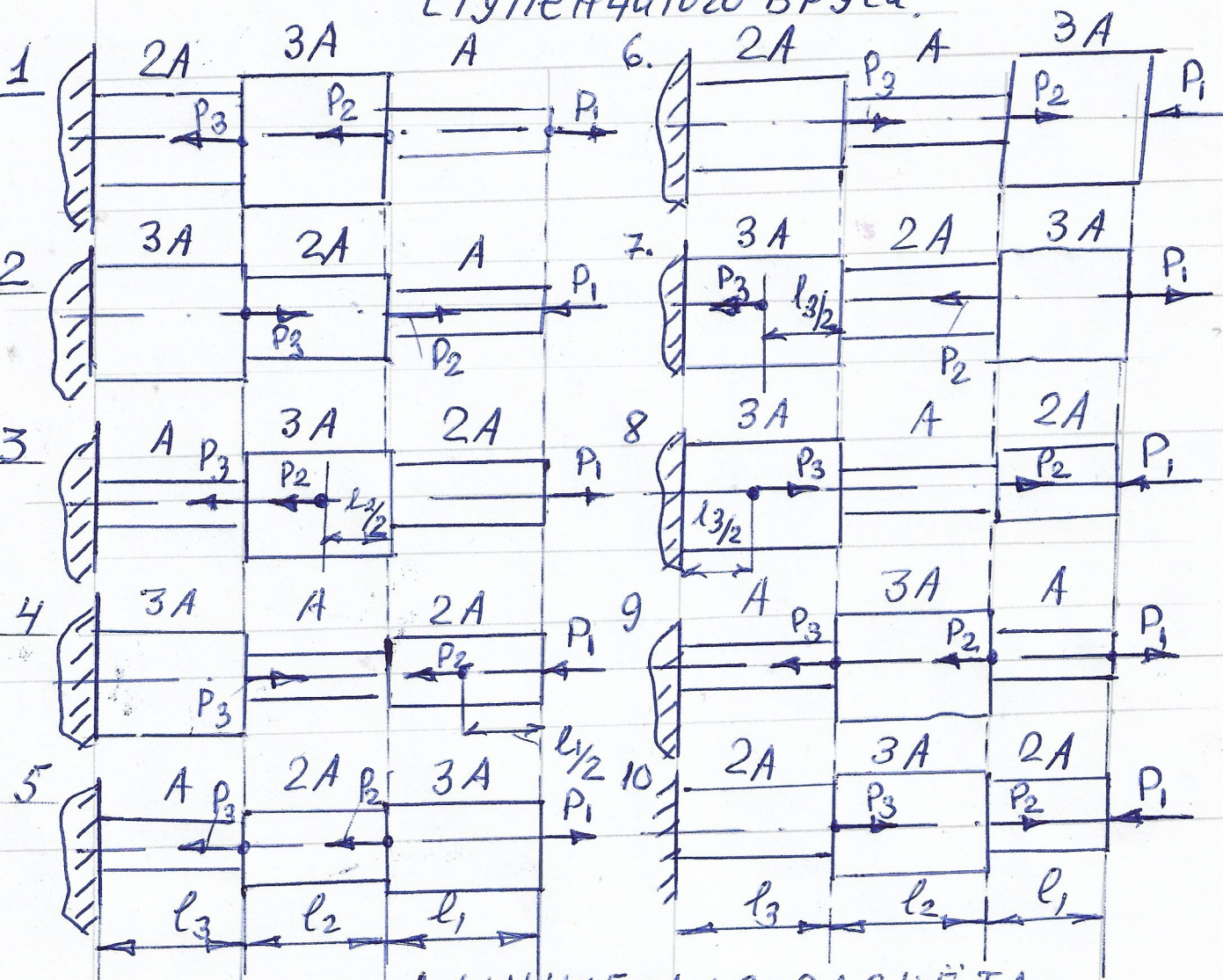


Рис. 10

Таблица 1.1. Данные к схемам контрольного задания № **кр2**

№ строки данных	a , м	q , Н/м	F , Н	α , град	m , Н·м
1	0,2	0,1	$-qa$	30	qa^2
2	0,3	0,2	$2qa$	60	$-2qa^2$
3	0,4	0,3	qa	45	$3qa^2$
4	0,5	0,4	$2qa$	30	$-4qa^2$
5	0,6	0,5	$-3qa$	45	$5qa^2$
6	0,1	0,1	$4qa$	60	qa^2
7	0,8	0,2	$2qa$	30	$-2qa^2$
8	0,2	0,3	$-3qa$	60	$3qa^2$
9	0,3	0,4	$4qa$	30	$4qa^2$
10	0,4	0,5	qa	60	$-5qa^2$

Кр 3 Построить эп. N, Q, S Рассчитать размеры сечения, ступенчатого бруса.



ДААННЫЕ ДЛЯ РАСЧЁТА

$N_{\text{ВАР}}$	P_1 (кН)	P_2 (кН)	P_3 (кН)	l_1 (м)	l_2 (м)	l_3 (м)	$[\sigma]$, МПа	E , МПа
1	100	20	60	0,5	0,2	0,5	80	10^5
2	50	40	80	0,2	0,2	0,6	60	10^5
3	80	60	100	0,1	0,2	0,1	100	10^5
4	150	80	50	0,4	0,2	0,4	50	10^5
5	120	100	40	0,2	0,4	0,4	85	10^5
6	110	120	80	0,4	0,4	0,2	120	$2 \cdot 10^5$
7	90	140	100	0,2	0,4	0,2	150	$2 \cdot 10^5$
8	60	150	40	0,4	0,2	0,2	160	$2 \cdot 10^5$
9	40	100	20	0,5	0,1	0,2	200	$2 \cdot 10^5$
10	20	40	100	0,3	0,4	0,4	140	$2 \cdot 10^5$

Контрольное задание №2

Kp 4

Расчет статически неопределимого бруса

Для ступенчатого бруса, изображенного на рис. 3 (3.1...3.10)

1) раскрыть статическую неопределимость и найти опорные реакции. Собственный вес не учитывать.

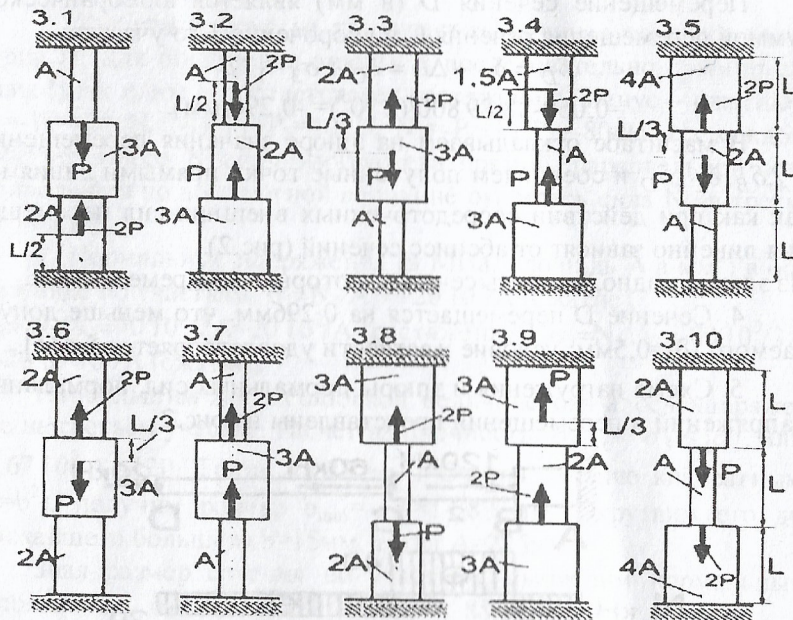


Рис.3

2) Построить эпюры продольных (нормальных) сил N , нормальных напряжений σ .

3) В "опасном" сечении, где напряжение максимально, найти размер поперечного сечения A из расчета на прочность $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$.

4) Построить эпюру перемещений δ . Приняв из таблицы I силу $P=P_1$, длину каждого участка $L=L_1$, модуль упругости E , вычислить наибольшее смещение.

Силы считать приложенными в сечениях, где начинаются

векторы сил: $\downarrow P$

Пример расчета задания №2

Дано: ступенчатый брус нагружен силами P и $4P$ как показано на рис.4. Принять $P=10\text{ кН}$, $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $l=0,5\text{ м}$ допускаемое напряжение $[\sigma]=60 \text{ МПа}$.

Требуется: определить размеры сечений (A) и построить эпюры N , σ и δ . Найти наибольшее смещение $\delta_{\max}$.

Порядок решения

Брус представляет собой один раз статически неопределимую систему, так как для определения двух опорных реакций R_H и R_B можно составить только одно уравнения равновесия:

$$\sum P_i = -R_H - P + 4P - R_B = 0.$$

Из условия закрепления бруса следует, что перемещение опорных сечений равны нулю. Отбросив заделку в нижней части (рис.4б) и, применив принцип независимости действия сил, составим уравнение перемещений: $\delta_{RH} + \delta_P + \delta_{4P} = 0$. Перемещения по закону Гука:

$$\delta_{RH} = R_H 2,5l / (2EA) + R_H 2l / (EA) = 3,5R_H l / (EA),$$

$$\delta_P = Pl / (2EA) + P 2,5l / (EA) = 3Pl / (EA),$$

$$\delta_{4P} = 4P 2,5l / (EA).$$

Подставим эти выражения в уравнение перемещений, сократим на $l/(EA)$: $3,5 R_H + 3P - 10P = 0$. Тогда $R_H = 2P = 20 \text{ кН}$, а из условия равновесия $R_B = P = 10 \text{ кН}$. Реакции получились положительными, следовательно, первоначально принятые направления реакций соответствуют действительным.

Эпюра нормальных сил N представлена на рис.4в. $N_I = 2P$, $N_{II} = 3P$, $N_{III} = P$. Нормальные напряжения в поперечных сечениях I-го участка $\sigma_I = N_I / (2A) = 10/A$ (растяжение), в поперечных сечениях II-го участка $\sigma_{II} = N_{II} / 2A = 15/A$ (растяжение), $\sigma_{III} = N_{III} / A = -10/A$ (сжатие). Эпюра σ приведена на рис.4г.

Опасными являются поперечные сечения участка II. Условие прочности $\sigma_{II} = N_{II} / 2A \leq [\sigma]$ позволяет определить размер

Кр 5

2. КРУЧЕНИЕ ВАЛОВ

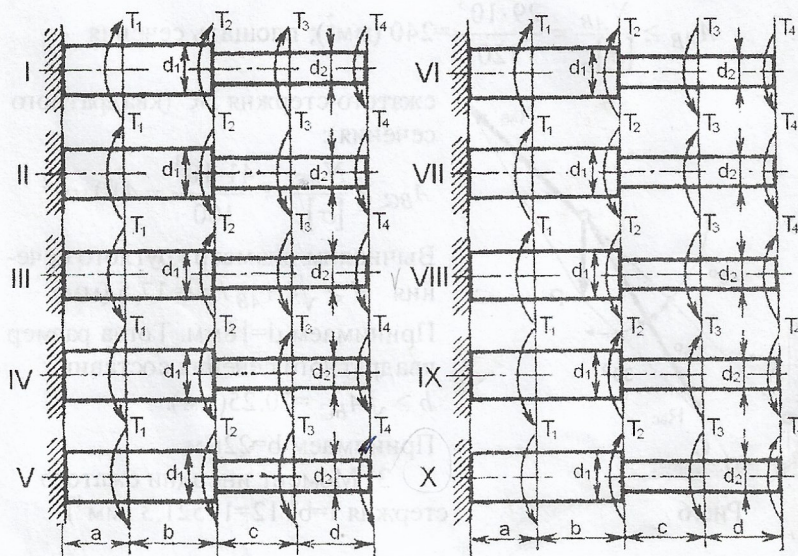
Стержни, работающие на кручение, называются валами. В поперечных сечениях вала возникает только крутящий момент.

Контрольное задание №4

Исследование кручения сплошного валика

К стальному ступенчатому валу сплошного поперечного сечения приложены четыре внешних момента T_1, T_2, T_3, T_4 (рис. 7.1...7.X).

Заданы размеры участков (их длина $a=d, b, c$) и значение моментов, а также допускаемое напряжение $[\tau]$ (таблица 5).



Данные для расчета ступенчатого вала на кручение.

Таблица 5

Вариант	Расстояние, м			Моменты, кНм				$[\tau]$ Мпа
	a	b	c	T_1	T_2	T_3	T_4	
1	0,5	0,3	0,2	5,1	2,1	1,5	1,2	30
2	0,2	0,1	0,3	5,2	2,4	1,0	0,2	30
3	0,2	0,4	0,3	5,3	2,8	1,5	0,3	35
4	0,3	0,4	0,2	5,4	2,4	0,8	0,4	35
5	0,4	0,2	0,3	4,5	2,5	0,5	0,5	40
6	0,5	0,4	0,2	4,6	2,6	1,6	0,6	40
7	0,6	0,4	0,2	3,7	1,7	0,2	0,5	45
8	0,4	0,3	0,2	3,8	2,4	1,5	0,8	45
9	0,3	0,5	0,4	3,9	0,9	1,5	0,4	50
10	0,2	0,5	0,3	5,0	1,5	2,0	1,0	50

4. ИЗГИБ

Контрольное задание №6

Определение внутренних силовых факторов
и расчет на прочность при изгибе

Представлена схема консольной балки на двух шарнирных опорах, нагруженных силами и моментом (рис. 10.1...10.10). Интенсивность распределенной нагрузки q (кН/м), величина сосредоточенной силы P и пары сил с моментом T , а также величина пролета "а" и допускаемое напряжение указаны в таблице 7. Требуется:

1. Определить опорные реакции.
2. Составить аналитическое выражение и построить эпюры поперечных сил Q_y и изгибающих моментов M_x .
3. Вычислить величину изгибающего момента в "опасном" сечении, подставив заданные значения q и a .
4. Найти размер сечения из расчета на прочность. Вид сечения - из задания №5. Найденные размеры округлить до стандартных.
5. Для опасного сечения построить эпюру нормальных напряжений, изобразив ее рядом с сечением.

Данные для выполнения задания №6

Таблица 7

№ вар.	P	T	q(кН/м)	a(м)	$[\sigma]$ (Мпа)
1	$2qa$	$3qa^2$	0,2	0,2	100
2	$2qa$	$2qa^2$	0,5	0,1	120
3	qa	qa^2	0,2	0,3	80
4	qa	$1,5qa^2$	0,3	0,5	150
5	$1,5qa$	$2qa^2$	0,4	0,4	120
6	$2qa$	$2qa^2$	0,1	0,2	100
7	$0,5qa$	$1,5qa^2$	0,2	0,5	80
8	$1,5qa$	$2qa^2$	0,4	0,4	160
9	$1,5qa$	$0,5qa^2$	0,1	0,2	100
10	qa	$3qa^2$	0,5	0,5	120

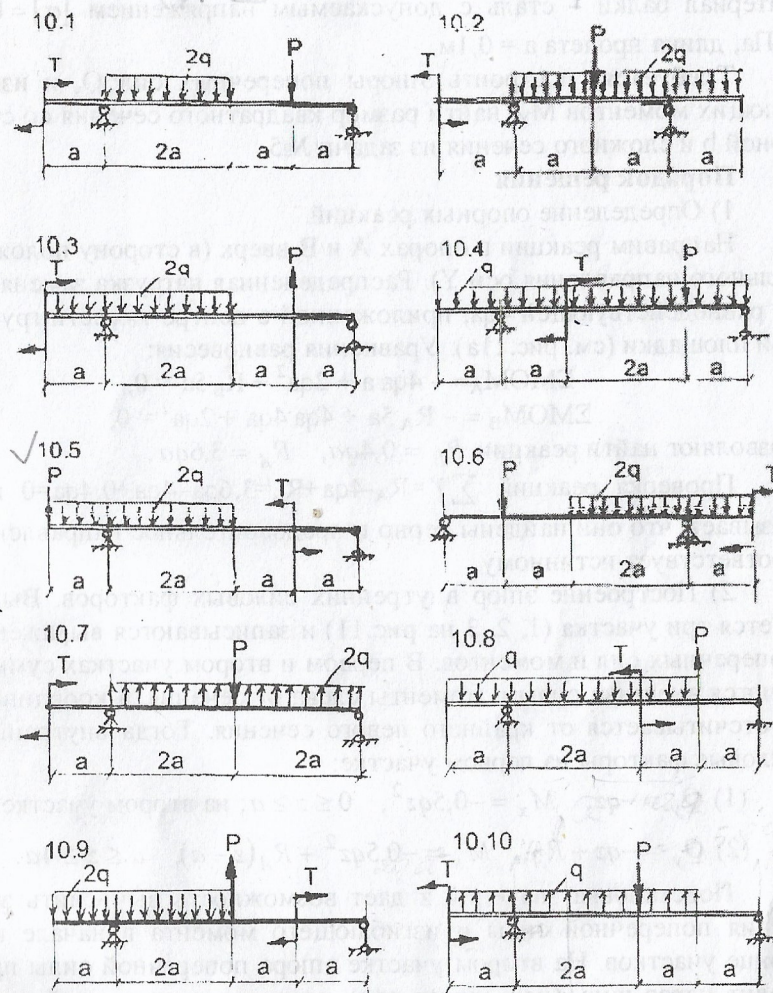


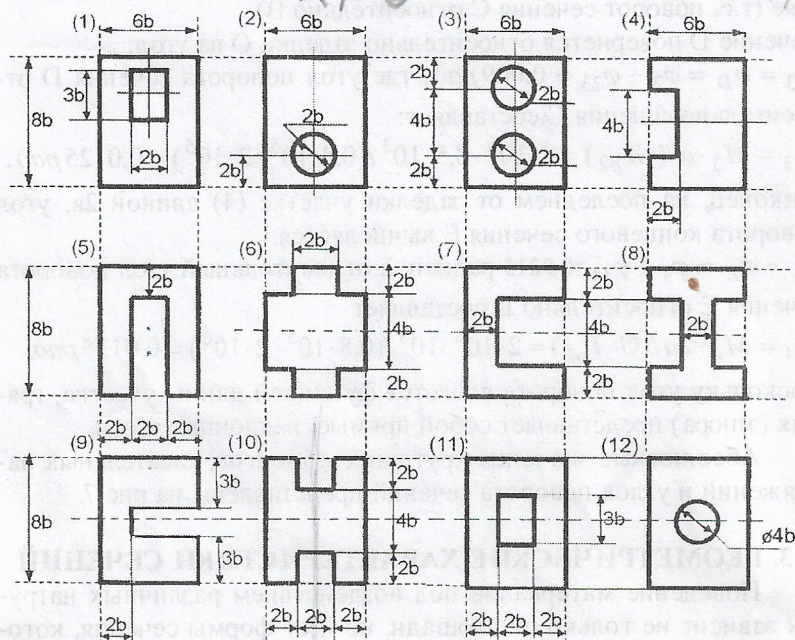
Рис. 10

Пример выполнения задания №6
Расчет балки на изгиб

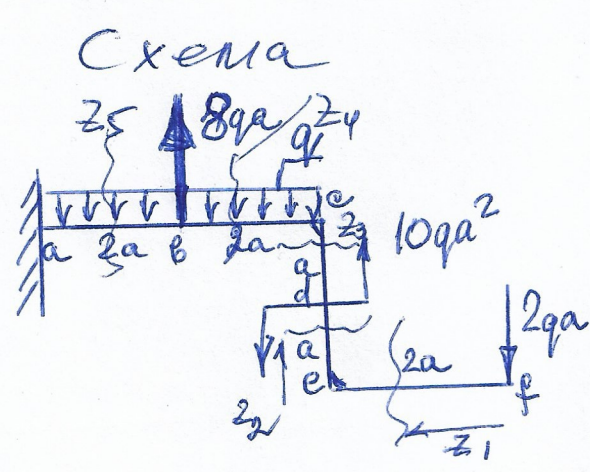
Дано: консольная балка АВ на двух опорах (рис. 11) нагружена распределенной нагрузкой $q = 0,2 \text{ кН/м}$ и моментом $T = 2qa^2$,

ные моменты инерции и моменты сопротивления. Все сечения, предлагаемые на рис. 8, имеют ось симметрии (8.4, 8.7 и 8.9 – горизонтальную ось X; остальные сечения – вертикальную ось Y). Ось симметрии всегда является главной осью, следовательно, найденное положение центра тяжести сечения позволит определить как положение главных центральных осей инерции, так и соответствующие моменты инерции.

Размеры сечений кратны величине b , истинный размер которой определится из расчета на прочность при изгибе.



Сложное сопротивление. (Совместное действие изгиба и растяжения),
 В статике рычажный манипулятор
 можно представить, как балку с по-
 мощью линией. В качестве задания берется
 задача из статики рама



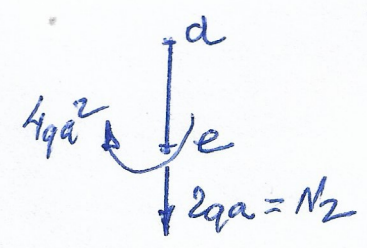
Общий метод определе-
 ния M, Q и N в любом
 сечении тот же самый,
 что и в задачах Кр 3, 4, 6.
 Однако, здесь необходимо
 убедиться о правиле
 построения эпюр для вер-
 тикальных стержней.

Для всех стержней единое правило
 построения эпюр M_x - строится на
 способе волокна.

$0 < z_1 < 2a$
 $Q_1 = 2qa$; $M_1 = -4qa^2$.

$0 < z_2 < a$
 $N_2 = +2qa$

Для сечения z_2



Так силу $2qa$
 перенесли на
 $2a$, необходи-
 мо добавить
 момент $2qa \cdot 2a =$
 $= 4qa^2$ (по правилу
 Жуансо).

