

МИНОБРНАКИ РОССИИ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный  
технический университет»

Кафедра «Механика и анализ конструкций и процессов»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ  
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

Комсомольск-на-Амуре, 2011

УДК 539.3.8

Методические указания к выполнению расчетно-графических заданий по курсу «Сопротивление материалов» /Сост.: С.В. Макаренко. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2011. – 28с.

Методические указания содержат варианты задач для расчетно-графических заданий предусмотренных программами курсов «Сопротивление материалов».

Указания предназначены для студентов всех специальностей дневной формы обучения.

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета.

Согласовано с отделом стандартизации.

Рецензент М.Р. Петров

Редактор Е.О. Колесникова

---

Подписано в печать

Формат 60 x 84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,66. Уч.-изд. л. 1,6. Тираж 200 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета  
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина 27.

Полиграфическая лаборатория Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета  
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина 27.

## ВВЕДЕНИЕ

При изучении курса сопротивления материалов наиболее эффективным методом обучения приемам решения задач является самостоятельная работа студентов. В связи с этим программами курсов сопротивления материалов для студентов КнАГТУ всех специальностей предусмотрено в течение учебного года выполнение ряда расчетно-проектировочных заданий.

При составлении настоящих указаний подобраны такие задачи и в таком количестве, чтобы из них можно было скомпоновать расчетно-проектировочные задания для студентов любой специальности. При этом учтен многолетний опыт коллектива кафедры МАКП КнАГТУ.

Расчетные схемы и числовые данные к задачам подобраны так, чтобы обеспечить не менее 100 вариантов задачи, одинаковых по содержанию и сложности.

При необходимости задачи могут быть облегчены путем упрощения расчетной схемы (по указанию ведущего преподавателя).

## 1 ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАЧИ

Вариант расчетной схемы и числовые данные выбираются студентом в соответствии с его шифром, установленным преподавателем. Шифр определяется двузначным числом, первая цифра которого указывает номер расчетной схемы, вторая - номер строки или столбца в таблице с числовыми данными к задаче.

При составлении условия задачи в соответствии с полученным шифром студенту следует иметь в виду следующее:

**1 Если в таблице нагрузка приводится с отрицательным знаком, на рисунке следует исправить ее направление на противоположное и в дальнейшем знак минус не принимать во внимание.**

**2 Из таблицы следует выписывать значения лишь тех величин (нагрузок, размеров), которые указаны в соответствующей шифру расчетной схеме.**

## 2 ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНОГО ЗАДАНИЯ

1 Работа выполняется на бумаге стандартного формата А4. Слева оставляются поля 3 см (для закрепления в обложке), справа, сверху и снизу – 1 см.

2 Обложка делается на плотной. На титульном листе указывается название и номер работы, наименование дисциплины, фамилия и инициалы ведущего преподавателя.

3 Решение каждой задачи следует начинать с новой страницы. Перед решением задачи указать ее номер, название, переписать полностью условие задачи, числовые данные, привести расчетную схему.

4 Решение задачи должно сопровождаться краткими пояснениями, чертежами и эскизами.

5 Чертежи и графики выполняются на белой бумаге того же формата (А4) с обязательным соблюдением масштаба и всех требований стандарта (РД КнАГТУ). **На чертеже должны быть указаны буквенные значения и числовые значения всех величин, использованных в расчете.**

6 При решении задач искомую величину следует сначала получить в алгебраическом виде, а затем в окончательную формулу подставить числовые значения входящих в нее величин. В ответе обязательно указать единицы полученной величины.

7 Окончательный результат следует подчеркнуть или обвести рамкой.

### 3 РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

#### ЗАДАЧА 1

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЧЕНИЙ, СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Для заданного сечения (рисунок 2, таблица 1) определить положение главных центральных осей и значение главных центральных моментов инерции.

Таблица 1

Вариант	$\alpha$	Размеры уголка, мм	Номер швеллера (двутавра)
0	0,4	50x32x4	16
1	0,6	56x36x5	18
2	0,7	63x40x8	20
3	0,3	70x45x5	22
4	0,5	75x50x8	24
5	0,8	90x56x8	27
6	0,7	100x63x8	30
7	0,4	125x80x10	33
8	0,6	160x100x10	36
9	0,5	200x125x12	40

#### Порядок решения задачи

- 1 Вычертить сечение в масштабе, проставить основные размеры.
- 2 Провести вспомогательные координатные оси  $x$ ,  $y$ , проставить координаты  $x_i$ ,  $y_i$ , относительно выбранных осей.
- 3 Определить положение центра тяжести составного сечения, указать на чертеже его координаты  $x_c$ ,  $y_c$  и провести центральные оси  $x_c$ ,  $y_c$  параллельно вспомогательным осям  $x$ ,  $y$ . Вычислить и проставить на чертеже расстояния  $a_i$ ,  $b_i$  между собственными центральными осями  $x_i$ ,  $y_i$  каждого профиля и центральными осями составного сечения.
- 4 Пользуясь таблицами сортамента прокатной стали и правилом параллельного переноса, найти осевые  $I_{x_c}$ ,  $I_{y_c}$  и центробежный  $I_{x_c y_c}$ , моменты инерции относительно исходных центральных осей.
- 5 Определить направление главных центральных осей, построить их.

6 Вычислить главные центральные моменты инерции сечения.

Примечание: Центробежный момент инерции уголка относительно его центральных осей  $x$ ,  $y$ , параллельных полкам (рисунок 1), можно определить по формуле:

$$|I_{xy}| = \frac{(I_{max} - I_{min})}{2} \sin 2\alpha; \quad I_{min} = I_u; \quad I_{max} = I_x + I_y - I_{min}$$

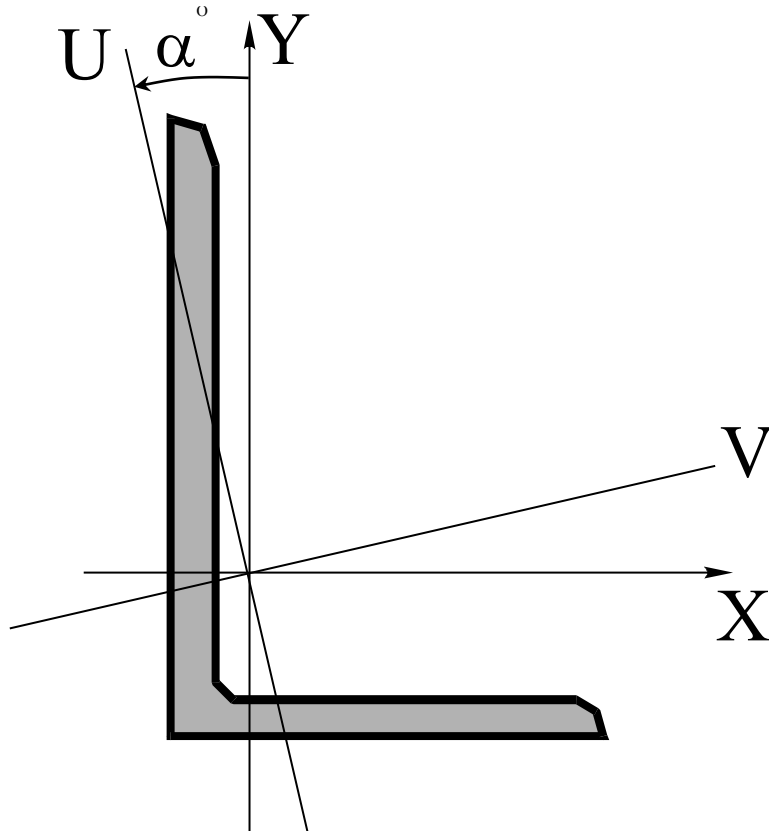


Рисунок 1

Значения основных моментов инерции уголка  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $I_{min}=I_u$ , величина  $\operatorname{tg} \alpha$  содержатся в справочной литературе /3/.

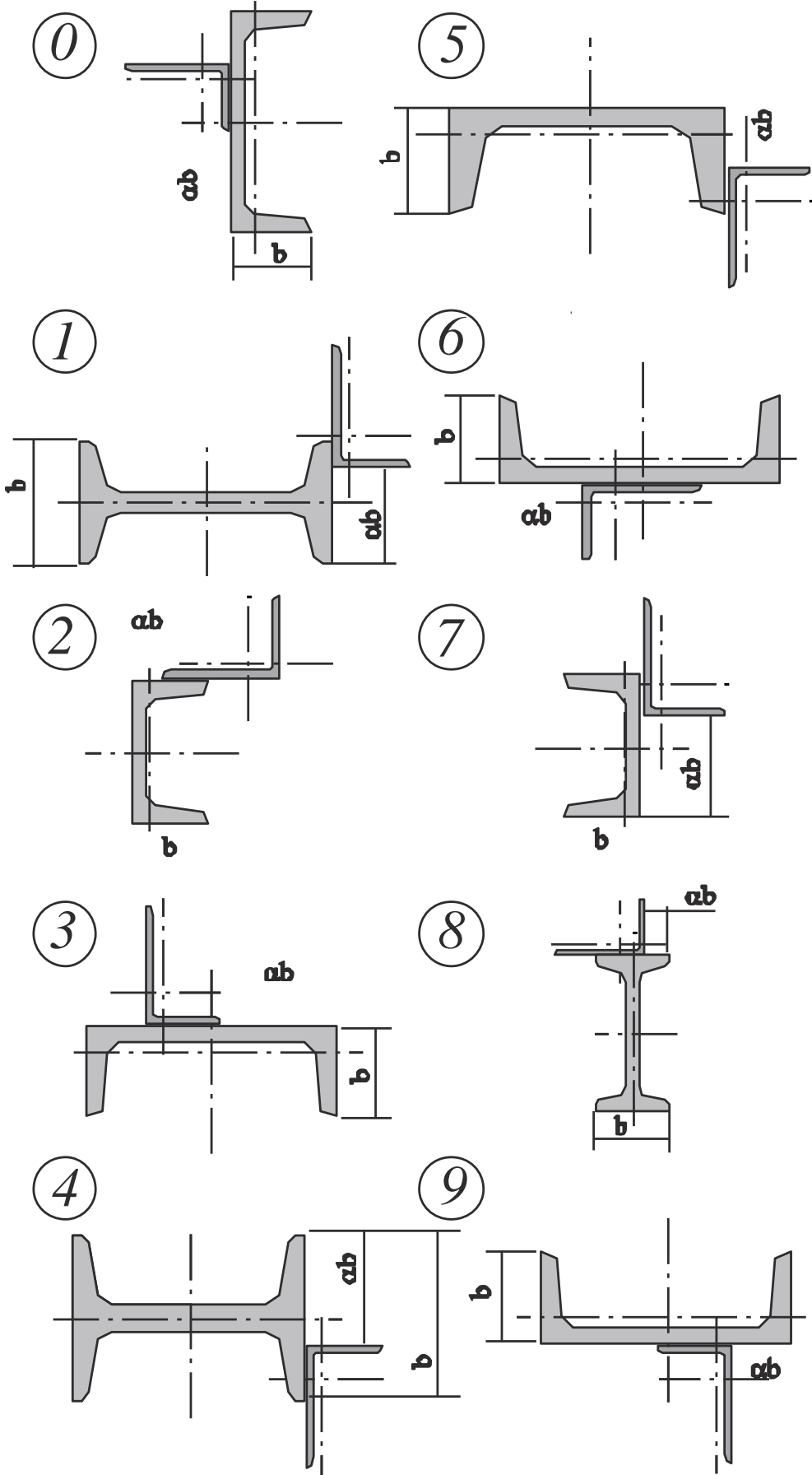


Рисунок 2

ЗАДАЧА 2ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ  
ДЛЯ ШАРНИРНО ОПЕРТЫХ БАЛОК

Для заданной балки (рисунок 3, таблица 2) построить эпюры поперечных сил  $Q$ , изгибающих моментов  $M$  при условии, что длина всей балки  $l=6$  м.

Таблица 2

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q$ , кН/м	10	15	20	25	30	35	40	-20	-30	-15
$P$ , кН	30	20	10	35	15	40	45	-20	50	-30
$M$ , кН·м	20	25	30	40	35	15	10	-25	-15	-40
$n$	0,25	0,5	0,75	0,25	0,75	0,5	0,25	0,5	0,75	0,5
$k$	1	0	1	0,5	0,5	0,75	0,5	1	0	0,75

## Порядок решения задачи

- 1 Определить реакции, действующие в опорах.
- 2 Построить эпюру поперечных сил  $Q$ , записав уравнения для  $Q(z)$  на каждом грузовом участке, используя метод сечений.
- 3 Построить эпюру изгибающих моментов  $M$ , записав уравнения для  $M(z)$  на каждом грузовом участке, используя метод сечений.
- 4 Построение эпюры проверить по свойствам эпюр.



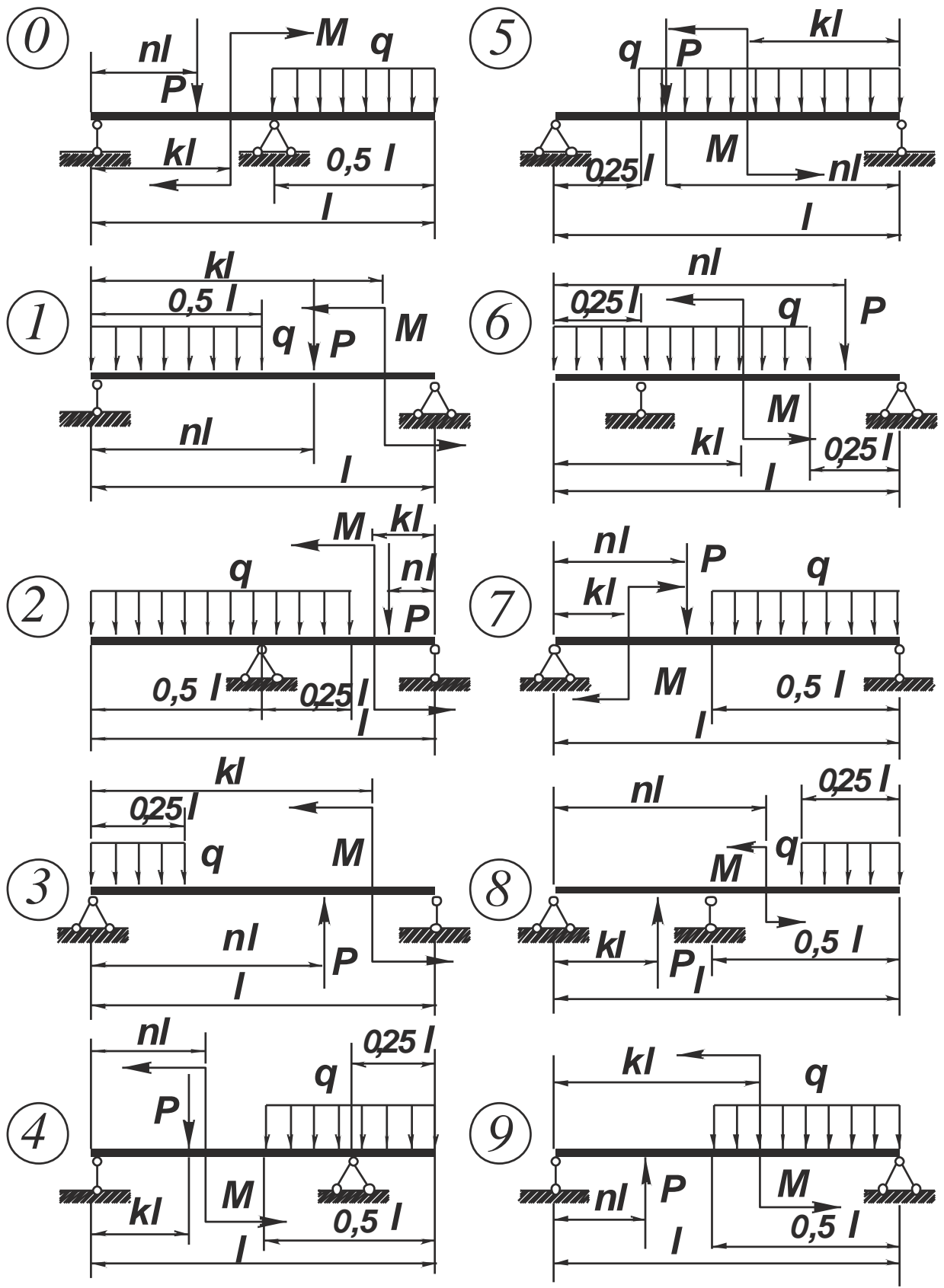


Рисунок 3

ЗАДАЧА 3ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ  
ДЛЯ ПЛОСКИХ ШАРНИРНО ОПЕРТЫХ РАМ

Для заданной рамы (рисунок 4, таблица 3) построить эпюры осевых сил  $N$ , поперечных сил  $Q$  и изгибающих моментов  $M$ ;  $a = 4$  м.

Таблица 3

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q$ , кН/м	20	-20	25	-25	-10	50	30	20	35	-20
$P$ , кН	40	-40	-50	50	-40	60	-30	20	30	45
$M$ , кН·м	15	20	25	30	-30	-20	40	-40	50	60
$n$	0,25	0,5	0,75	0,6	0,2	0,8	0,25	1	0,75	0,4
$k$	0,25	0,25	0,8	0,2	0,6	0,4	0,5	0,25	0,25	1

## Порядок решения задачи

- 1 Определить реакции, действующие в опорах рамы, исходя из условий равновесия рамы.
- 2 Построить эпюру осевых сил  $N$ , предварительно записав уравнения  $N(z)$  на каждом участке, пользуясь методом сечений.
- 3 Построить эпюру поперечных сил  $Q$ , предварительно записав уравнение  $Q(z)$ , на каждом участке, пользуясь методом сечений.
- 4 Построить эпюру изгибающих моментов  $M$ , предварительно записав уравнения  $M(z)$  на каждом участке, используя метод сечений.
- 5 Построение эпюры проверить по свойствам эпюр.

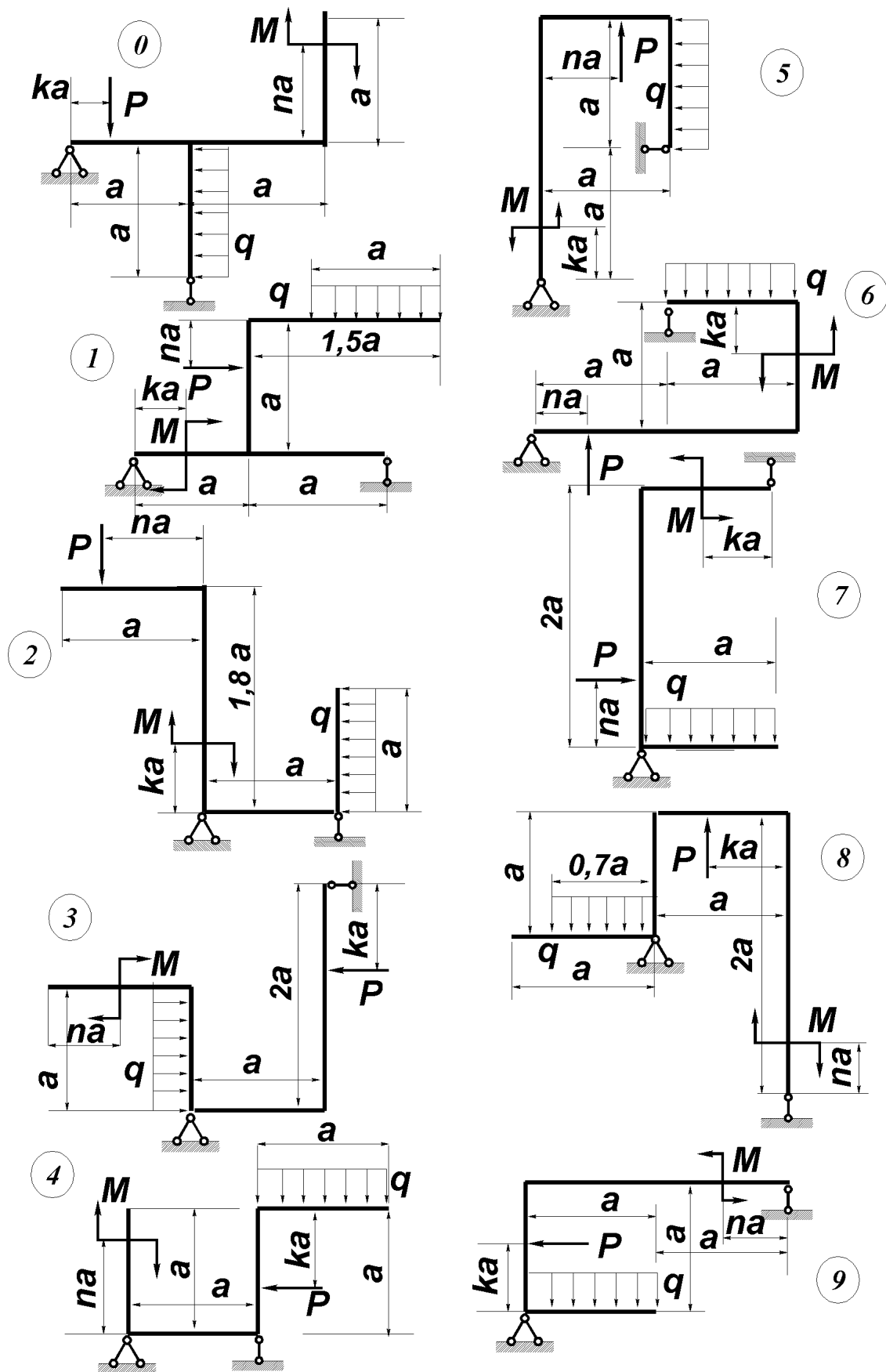


Рисунок 4

**ЗАДАЧА 4****ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ  
ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ**

Для заданной пространственной рамы (рисунок 5, таблица 4) построить эпюры осевых и поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов.

Принять:  $P=qa$ ;  $M=qa^2$ ;  $a=2\text{м}$ .

Таблица 4

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q$ , кН/м	10	15	20	25	30	-10	-15	-20	-25	-30

**Порядок решения задачи**

1 Для каждого стержня провести главные центральные оси сечения  $X$ ,  $Y$  и ось стержня  $Z$ .

2 В характерных сечениях стержней вычислить значения внутренних усилий  $N$ ,  $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z = M_{кр}$ .

3 Отложить вычисленные значения внутренних усилий в соответствующих сечениях в выбранном масштабе и построить эпюры  $N$ ,  $Q$ ,  $M$ ,  $M_{кр}$ . Эпюры  $N$ ,  $M_{кр}$  строить в произвольных плоскостях; эпюры  $Q$  и  $M$  – в плоскостях действия этих усилий. На эпюрах  $N$  и  $Q$  указать знаки. Ординаты эпюр изгибающих моментов  $M_x$  и  $M_y$  откладываем от одной базы в соответствующих плоскостях со стороны сжатых волокон (для строительной специальности – со стороны растянутых волокон).

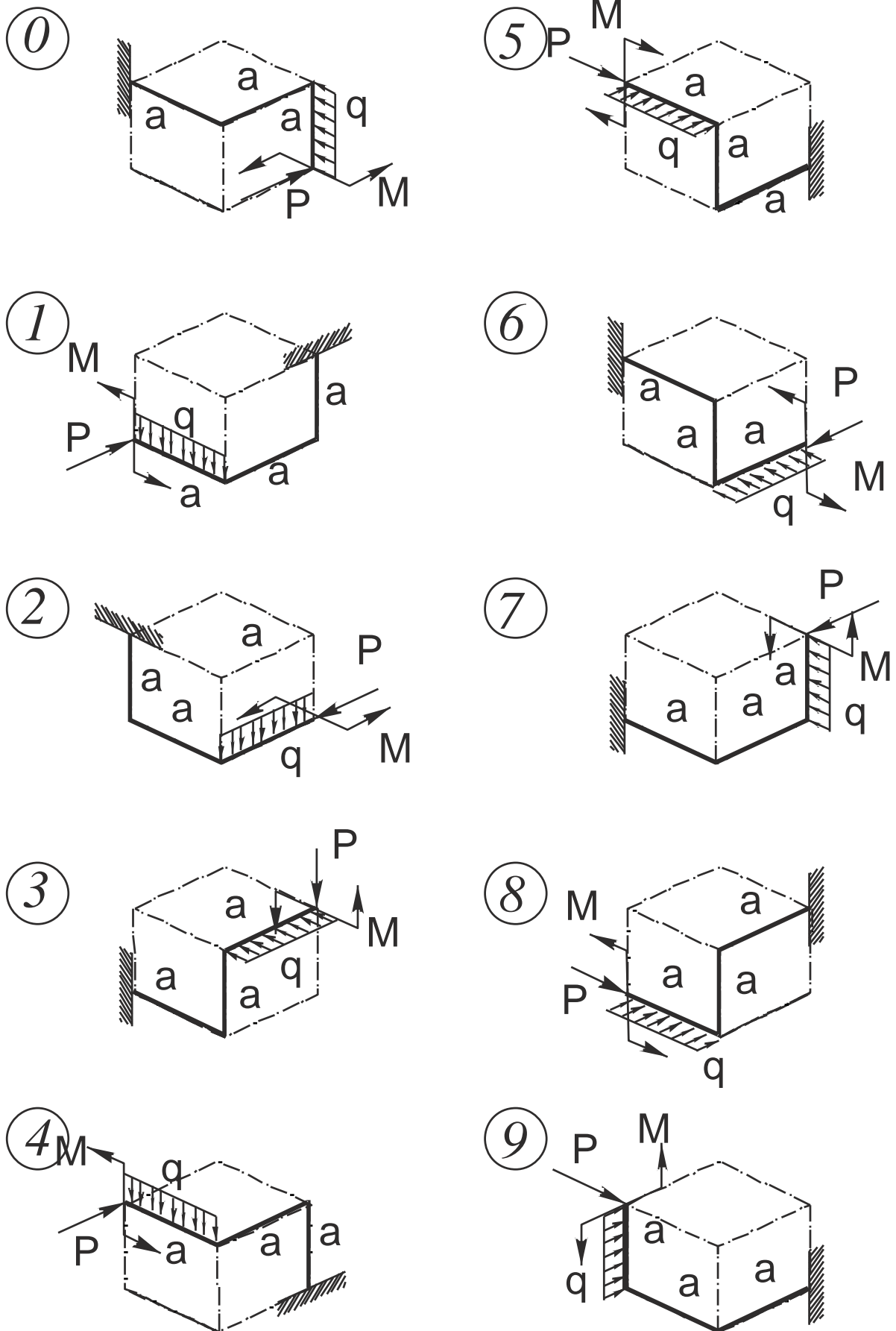


Рисунок 5

**ЗАДАЧА 5****РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СТУПЕНЧАТОГО СТЕРЖНЯ  
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ**

Спроектировать ступенчатый стержень круглого поперечного сечения (рисунок 6, таблица 5).

Принять  $l = 2$  м.

Таблица 5

Вариант	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$P_3$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	Марка материала
0	10	-50	30	0,1	0,6	Сталь 10
1	-20	40	-20	0,2	0,7	Сталь 20
2	30	-30	10	0,3	0,8	Бронза Бр010
3	-40	20	-50	0,4	0,9	Сталь 25
4	50	-10	40	0,5	1,0	Сталь 30
5	-10	50	-30	0,1	1,1	Латунь ЛМц 58-2
6	20	-40	20	0,2	2,2	Сталь 35
7	-30	30	-10	0,3	1,3	Сталь 40
8	40	-20	50	0,4	1,4	Бронза БрА5
9	-50	10	-40	0,5	1,5	Сталь 45

Порядок решения задачи

- 1 Изобразить расчетную схему.
- 2 Построить эпюру осевых сил.
- 3 Подобрать диаметры стержня на всех участках, исходя из условия прочности. Привести эскиз стержня.
- 4 Определить абсолютные деформации отдельных ступеней и всего стержня, построить эпюру перемещений.

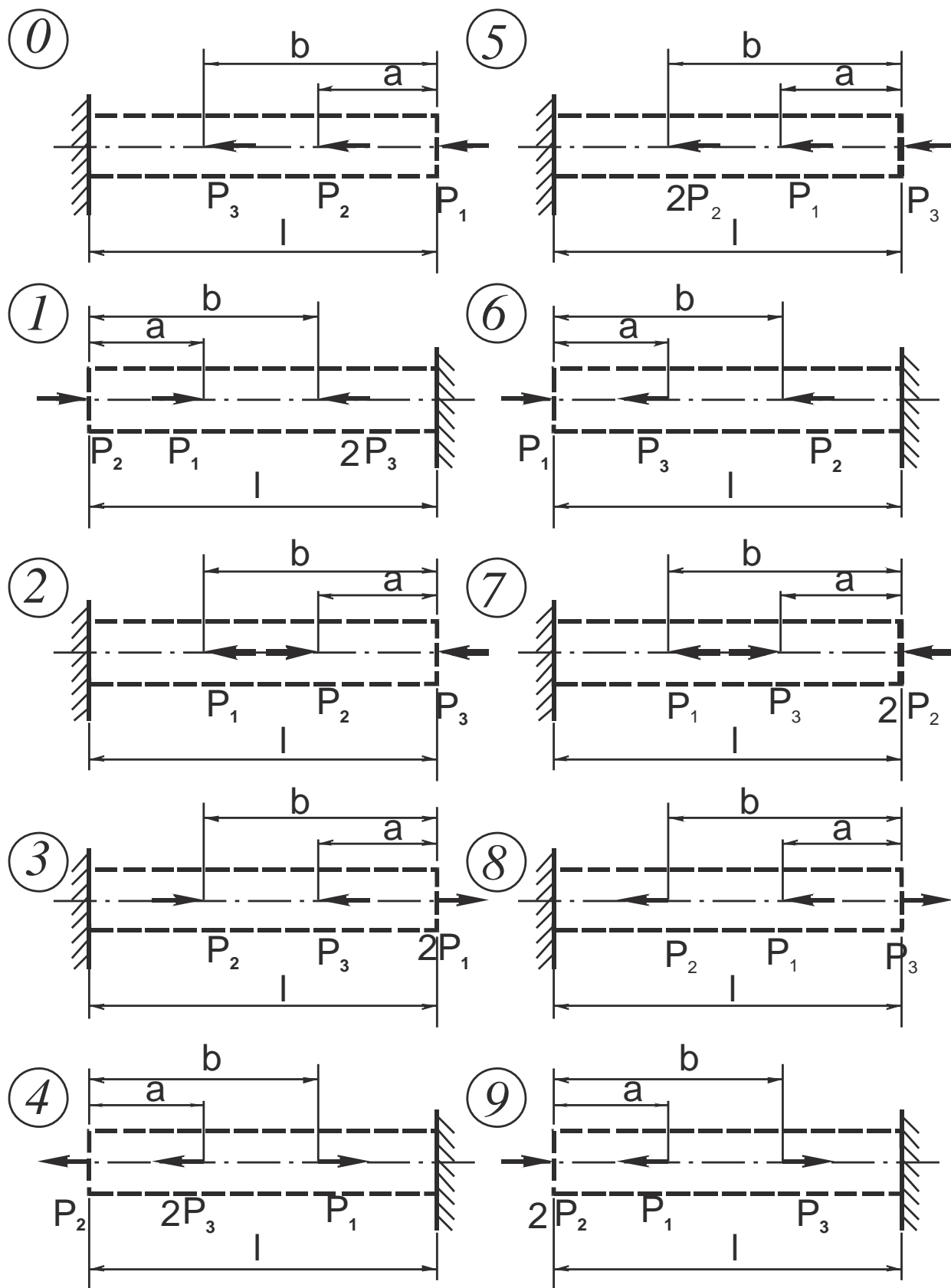


Рисунок 6

**ЗАДАЧА 6****РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ  
СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ**

Для заданной стержневой системы (рисунок 7, таблица 6) определить диаметры стержней, если известны соотношения площадей и величина действующей нагрузки. Принять  $n_m=1,5$ ;  $n_e=2,5$ .

Таблица 6

Вариант	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$P_3$ , кН	$\alpha$	$F_1:F_2$	Марка материала
0	-40	0	0	1,25	1:1	Сталь 45
1	0	40	0	0,75	2:1	Бронза Бр010
2	0	0	40	1,5	1:2	Латунь Л68
3	50	0	0	1,8	1:3	Сталь 20
4	0	-50	0	0,8	3:1	Сталь 50
5	0	0	50	0,25	1:1	Бронза БрА5
6	30	0	0	0,75	2:1	Сталь 35
7	0	30	0	1,25	1:2	Сталь 45
8	0	0	30	1,75	2:3	Сталь 20
9	40	0	0	1,5	3:1	Сталь 50

**Порядок решения задачи**

- 1 Составить уравнение равновесия стержня **AB**.
- 2 Изобразить предполагаемый вид системы после деформации и сопоставить соотношение между деформациями стержней 1 и 2, записать уравнение совместимости деформаций.
- 3 Записать физические уравнения, выразив удлинение стержней через действующие в них усилия согласно закону Гука.
- 4 Решить уравнения пп.2 и 3 совместно с уравнением п.1 и определить усилия в стержнях 1 и 2.
- 5 Сравнить напряжения в стержнях и подобрать сечение стержней из условия прочности для более напряженного стержня, выдерживая заданное соотношение  $F_1:F_2$ .



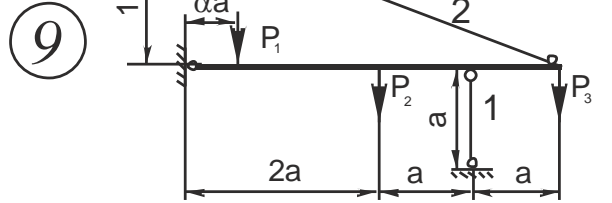
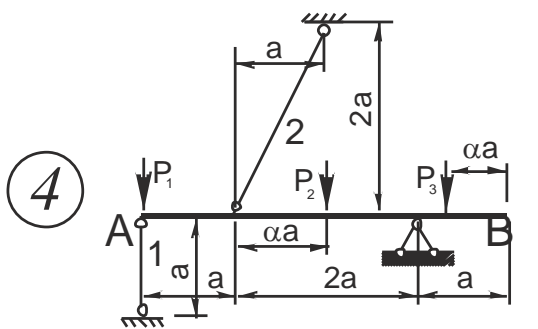
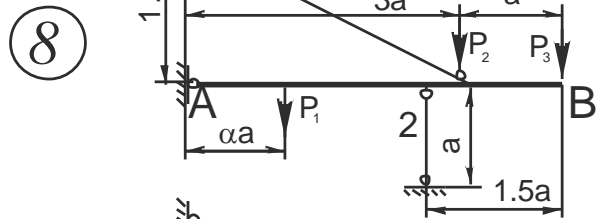
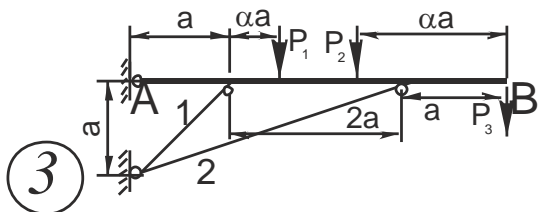
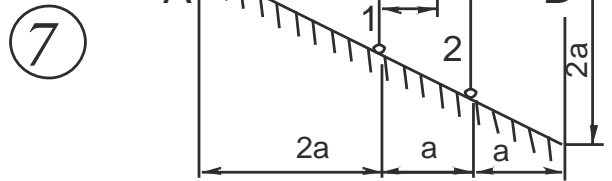
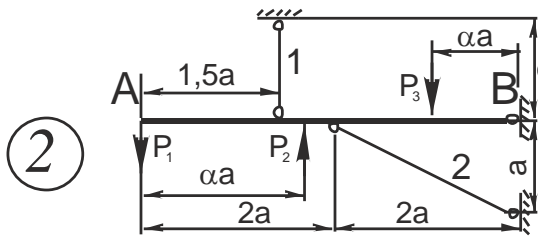
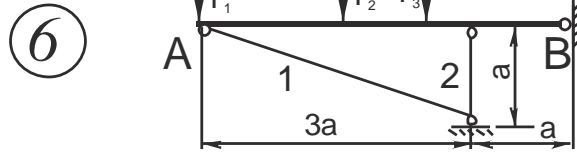
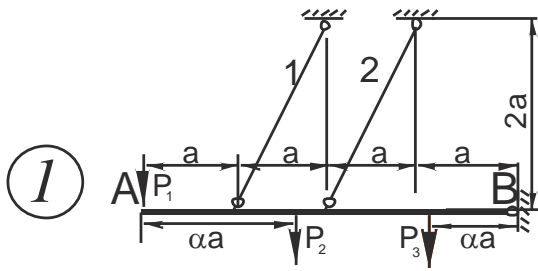
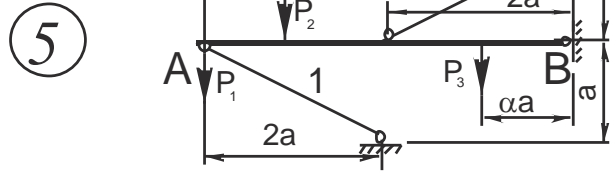
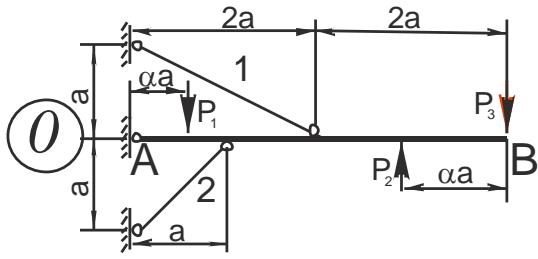


Рисунок 7

ЗАДАЧА 7

## РАСЧЕТ ВАЛА НА КРУЧЕНИЕ

Для заданного вала (рисунок 8, таблица 7) определить его размеры на наиболее нагруженном участке, полагая, что сечение квадратное;  $a = 0,5$  м;  $[\vartheta] = 0,5$  град/м.

Таблица 7

Вариант	$N_1$ , кВт	$N_2$ , кВт	$N_3$ , кВт	$N_4$ , кВт	$\omega$ , рад/с	Марка материала
0	15	25	20	30	10	Сталь 50
1	10	20	30	40	20	Сталь 45
2	20	10	15	45	10	Чугун СЧ36-56
3	40	30	20	10	30	Сталь 40ХН
4	30	10	20	40	20	Сталь 20Х
5	35	25	25	50	50	Чугун СЧ18-36
6	15	15	20	25	10	Сталь ЭИ 826
7	10	40	40	60	75	Сталь 50
8	40	25	20	45	60	Сталь 40ХН
9	50	15	30	25	40	Сталь 20Х

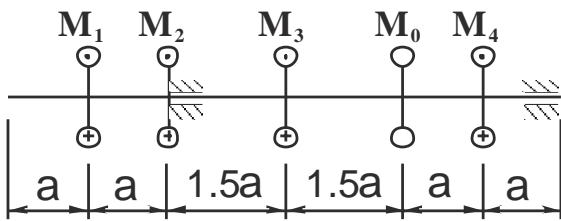
Порядок решения задачи.

1 Из условия равномерности вращения вала, пренебрегая трением в подшипниках, определить мощность на шкиве.

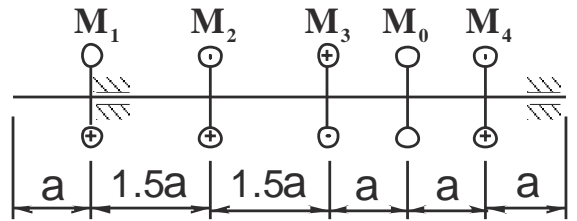
2 Пользуясь формулой  $M_{кр} \text{ (кН}\cdot\text{м)} = 9,549 N \text{ (кВт)} / n \text{ (об/мин)}$ , подсчитать крутящие моменты и построить эпюру крутящих моментов.

3 Определить размеры квадратного вала на участке конструкции, где возникает максимальный крутящий момент, записав условие прочности и жесткости для стержней некруглого сечения.

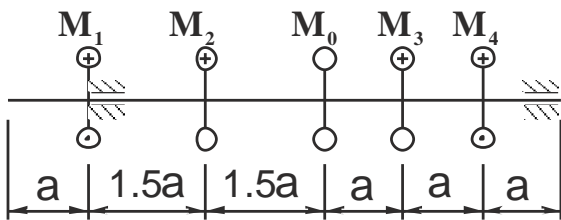
0



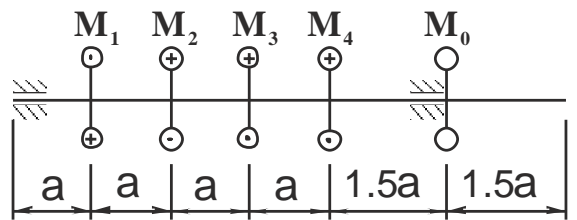
5



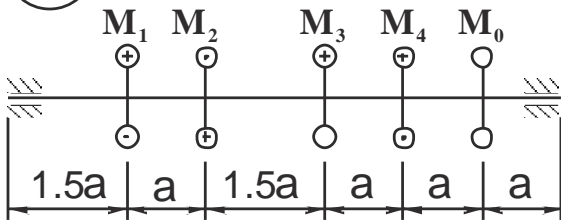
1



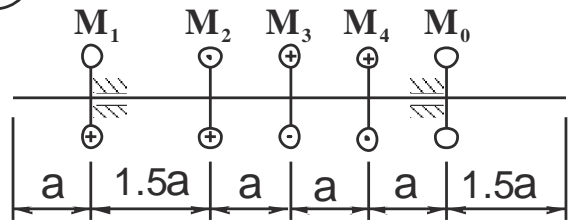
6



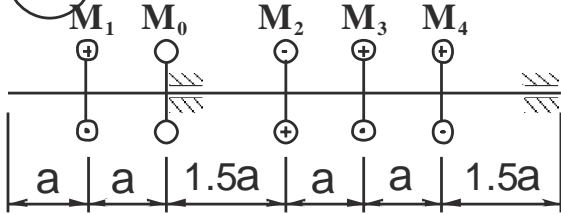
2



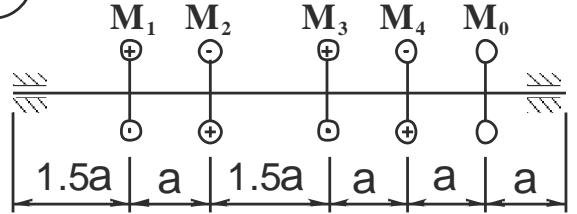
7



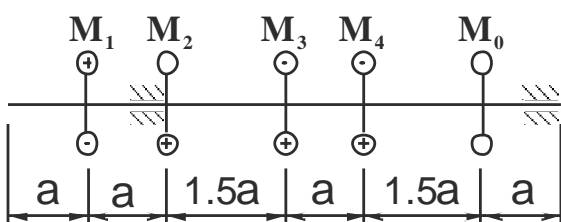
3



8



4



9

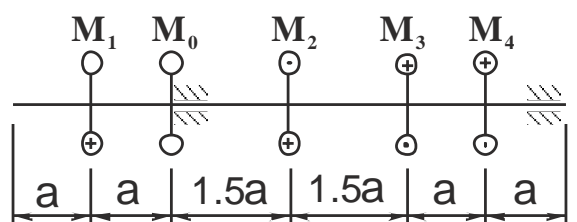


Рисунок 8

**ЗАДАЧА 8****РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ**

Для стальной балки, рассчитанной в задаче 2 (рисунок 3, таблица 2), подобрать двутавровое сечение и в характерных сечениях определить величины прогибов и углов поворотов. Изобразить изогнутую ось балки;  $[\sigma]=160\text{МПа}$ .

Порядок решения задачи.

- 1 Подобрать сечение из условия прочности по нормальным напряжениям.
- 2 Произвести проверку прочности по касательным напряжениям.
- 3 Построить эпюры распределения нормальных и касательных напряжений по сечению.
- 4 Произвести полную проверку прочности сечения по одной из теорий прочности.
- 5 Изобразить упругую линию балки.

**ЗАДАЧА 9****РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ ПЛОСКОЙ РАМЫ**

Для заданной статически неопределимой рамы (рисунок 9, таблица 8) подобрать двутавровое сечение и определить перемещение в сечении, указанном преподавателем.

Материал рамы Ст. 3,  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ,  $l = 1 \text{ м}$ ,  $\mu = 0,25$ .

Считать жесткость рамы одинаковой на всех участках.

Таблица 8

Параметр	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q$ , кН/м	10	15	20	-10	-20	15	-15	20	18	12
$P$ , кН	10	15	20	5	-15	-20	-10	-5	25	12
$M$ , кН·м	10	20	15	5	-10	-15	-20	12	-12	18

## Порядок решения задачи

- 1 Раскрыть статическую неопределимость, используя метод сил.
- 2 Построить эпюры продольных сил, поперечных сил и изгибающих моментов.
- 3 Определить из условия прочности по нормальным напряжениям размеры двутаврового поперечного сечения рамы.
- 4 Определить линейное перемещение (прогиб) в сечении, указанном преподавателем.

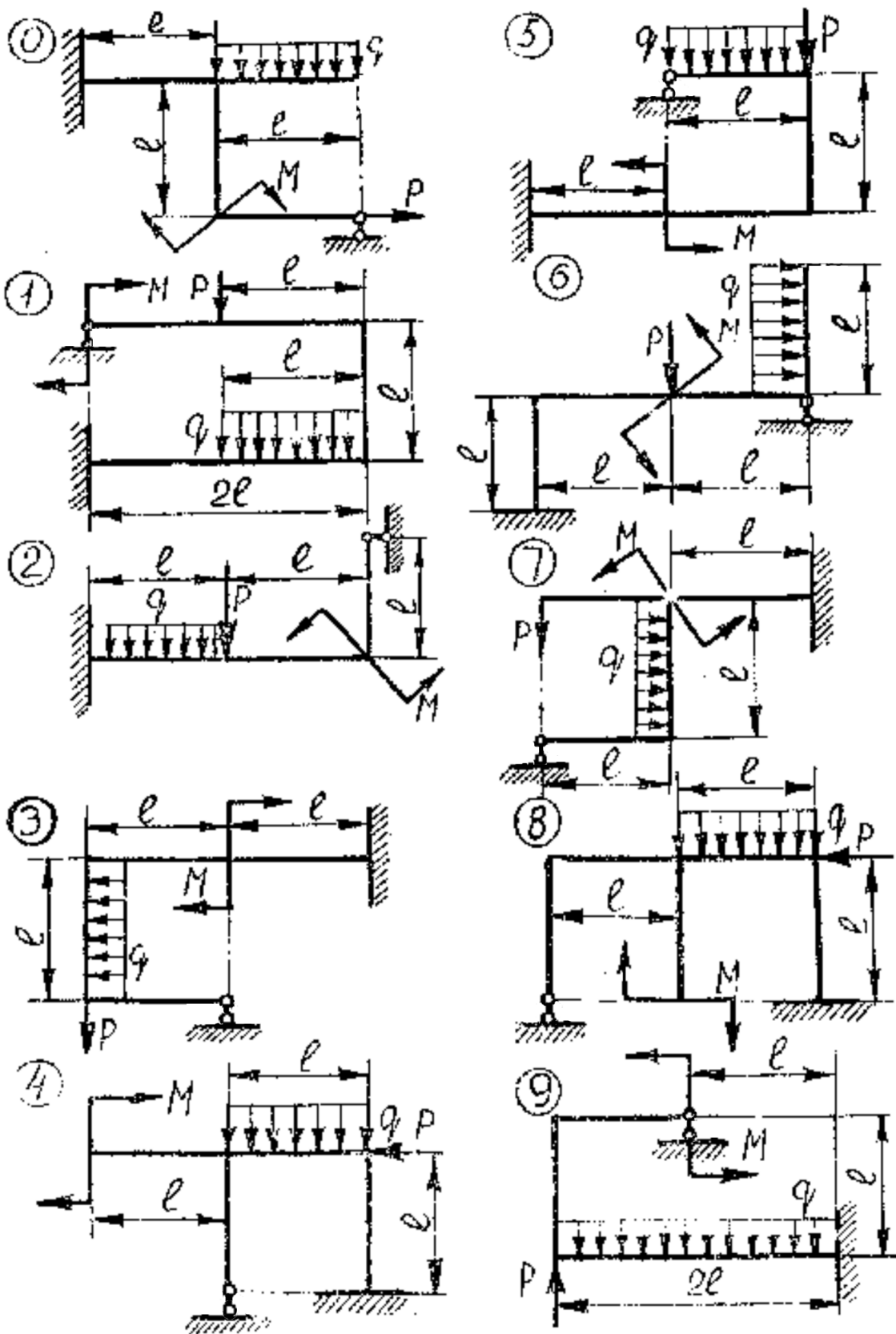


Рисунок 9.

**ЗАДАЧА 10****КОСОЙ ИЗГИБ**

Для заданной балки (рисунок 10, таблица 9) подобрать прямоугольное сечение с соотношением сторон  $h/b=2$ , расположив стороны  $h, b$  наиболее рационально. Определить положение нейтральной линии в опасном сечении балки, построить пространственную эпюру распределения напряжений по сечению. Определить полное линейное перемещение сечения А.

Материал балки Ст. 3,  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ,  $a = 1 \text{ м}$ .

Таблица 9

Номер варианта	$q$ , кН/м	$P$ , кН	$M$ , кН·м	$\alpha^\circ$
<b>0</b>	5	5	10	30
<b>1</b>	10	10	5	45
<b>2</b>	15	15	15	60
<b>3</b>	12	20	20	120
<b>4</b>	8	-10	-10	135
<b>5</b>	6	-20	-5	150
<b>6</b>	-15	-5	-15	210
<b>7</b>	-10	-15	-20	225
<b>8</b>	-5	12	12	240
<b>9</b>	-12	14	16	300

**Порядок решения задачи**

1 Разложить заданные нагрузки по осям  $X, Y$ , построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

2 Определить опасное сечение и установить наиболее рациональное расположение сечения относительно нагрузки.

3 Определить размеры поперечного сечения балки из условия прочности по нормальным напряжениям.

4 Определить положение нейтральной линии в опасном сечении балки, построить пространственную эпюру распределения напряжений по сечению.

5 Определить, используя способ Верещагина, горизонтальный, вертикальный и полный прогибы в сечении А.

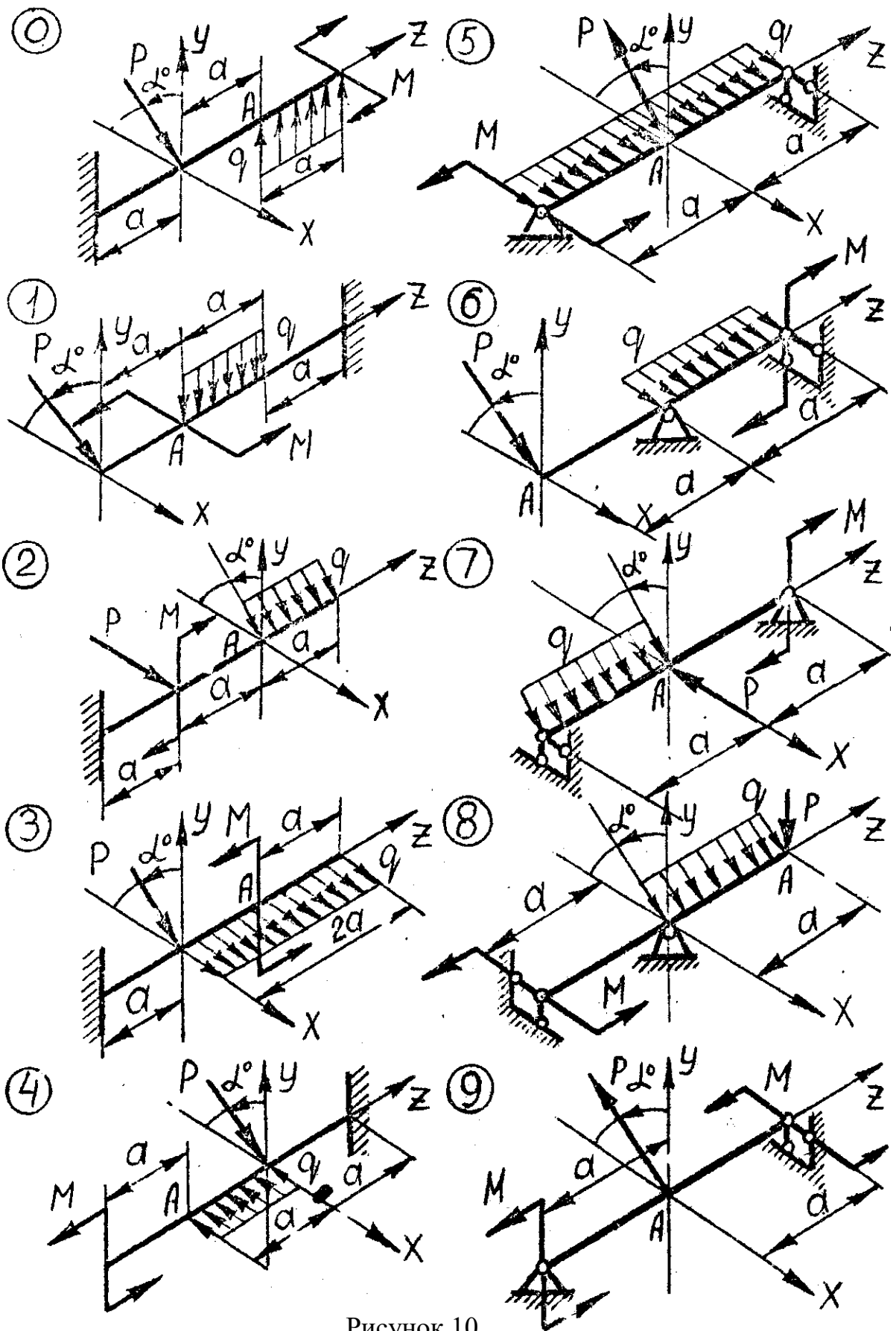


Рисунок 10.



ЗАДАЧА 11

## ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВАЛА

Стальной вал трансмиссии (рисунок 11, таблица 10) делает  $n$  об/мин и передает через два ведомых шкива мощности, заданные в таблице 10; диаметры шкивов  $D_1 = 0,5 м$ ,  $D_2 = 0,3 м$ ,  $D_3 = 0,2 м$ ,  $a = 0,5 м$ .

Определить диаметр вала.

Таблица 10

Номер варианта	$\alpha_1^\circ$	$\alpha_2^\circ$	$\alpha_3^\circ$	$n$ об/мин	$N_1$ кВт	$N_2$ кВт	$N_3$ кВт	Материал
0	270	0	30	1000	20	10	-	сталь 40
1	240	30	180	1500	-	10	20	сталь 50
2	240	60	60	1200	30	10	-	сталь 10
3	180	90	90	800	15	-	20	сталь 45
4	150	120	120	900	60	70	-	сталь 20
5	120	150	30	1600	50	-	60	сталь 4
6	90	180	0	700	-	40	80	сталь 3
7	60	210	300	600	90	-	20	сталь 5
8	30	240	330	900	70	-	30	сталь 6
9	0	270	150	1000	60	15	-	сталь 25

## Порядок решения задачи

- 1 Определить мощность на шкиве, где она не задана.
- 2 Определить скручивающие моменты, создаваемые на каждом шкиве, и построить эпюру крутящих моментов.
- 3 Определить давление, передаваемое шкивом на вал, считая, что натяг ведущей ветви ремня в два раза больший, чем натяг ведомой.
- 4 Показать на схеме в аксонометрии расположение усилий, действующих на вал, и разложить их на горизонтальные и вертикальные составляющие.
- 5 Определить составляющие, действующие в горизонтальных и вертикальных плоскостях.
- 6 Построить эпюры изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
- 7 Построить суммарную эпюру изгибающих моментов.
- 8 Установить опасное сечение и изгибающий и крутящий моменты в этом сечении.
- 9 Определить диаметр вала, используя третью теорию прочности. Запасом прочности задаться с соответствующим обоснованием.

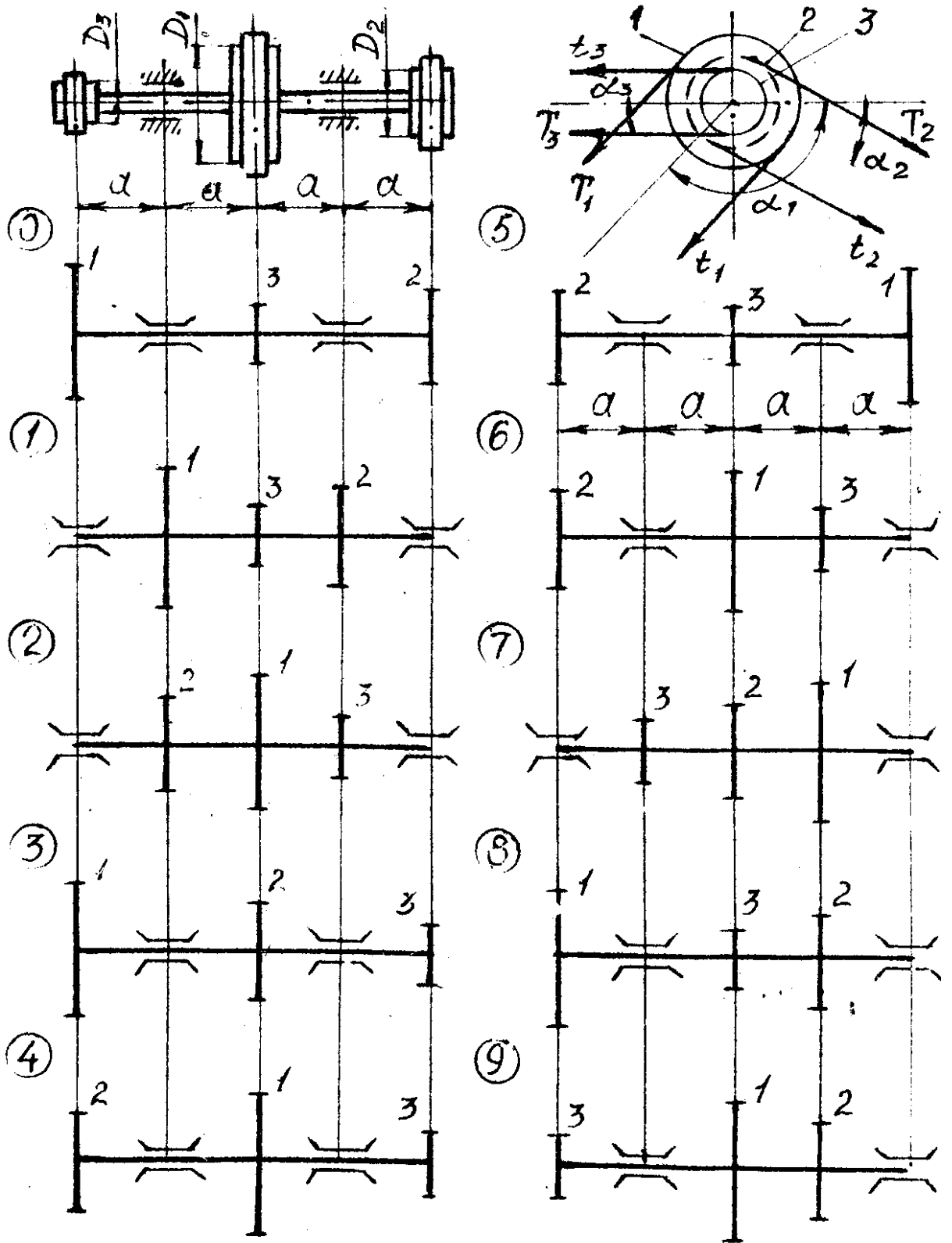


Рисунок 11

**ЗАДАЧА 12****РАСЧЕТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТОГО СТЕРЖНЯ**

Для заданной стойки (рисунок 12, таблица 11) подобрать прямоугольное сечение с заданным соотношением сторон (**h/b**). Материал стойки - сталь,  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

Таблица 11

Параметр	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P</b> , кН	1000	800	600	1200	1400	400	200	1600	1800	2000
<b>l</b> , м	2,5	1,5	3	3,5	4	2	1	4	4,4	5

## Порядок решения задачи

1 С учетом коэффициента уменьшения допускаемых напряжений из условия устойчивости задаемся  $\varphi_1$ .

2 Определяем площадь составного сечения. Определяем размеры поперечного сечения и минимальный радиус инерции.

3 Находим гибкость стержня.

4 По гибкости из справочных данных определяем  $\varphi'_1$ .

5 Если  $\varphi_1$  и  $\varphi'_1$  отличаются друг от друга более чем на 5%, задаемся во втором приближении  $\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi'_1}{2}$  и проводим расчет заново (пп. 2 – 5).

Рисунок 12

Для схем 0, 1, 2, 3, 4 -  $h/b=3/2$ .

Для схем 5, 6, 7, 8, 9 -  $h/b=4/3$ .

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- 1 Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко, В.А. Агаров, А.Л. Квитка и др. - Киев: Вища школа, 1986. – 680 с.
- 2 Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. - М.: Наука, 1986. - 512 с.
- 3 Дарков А.В., Широ Г.С. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 1989. - 621 с.

Таблица 12

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Материал	$\sigma_t$ , кН/см <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , кН/см <sup>2</sup>	Удельный вес, кН/см <sup>3</sup>	$\delta$ , %	$\mu$	E, кН/см <sup>2</sup>	G, кН/см <sup>2</sup>
Сталь 10	18	40	0,0000783	30	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 20	24	42	0,0000783	25	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 25	24	43	0,0000783	18	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 30	26	50	0,0000783	16	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 35	28	52	0,0000782	15	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 40	30	62	0,0000782	16	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 45	32	68	0,0000781	15	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 50	34	64	0,0000781	14	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 3	24	40	0,0000783	16	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 4	24	43	0,0000782	18	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 5	28	52	0,0000781	15	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 6	32	68	0,0000781	15	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 20Х	40	70	0,0000783	10	0,3	$2,1 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 45Х	75	95	0,0000782	9	0,3	$2,1 \cdot 10^4$	$8,05 \cdot 10^3$
Сталь 20ГА	35	50	0,0000774	19	0,28	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь 50Г	40	70	0,0000781	15	0,29	$2,05 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^3$
Сталь 30ХГСА	85	110	0,0000785	10	0,29	$2,1 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^3$
Сталь 30ХНЗА	80	100	0,0000788	10	0,29	$2 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^3$
Сталь 40ХН	46	78	0,0000782	11	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^3$
Сталь 20Г	28	46	0,0000774	24	0,26	$2,05 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^3$
Сталь 2	18	41	0,0000783	28	0,25	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$
Сталь ЭИ826	72	105	0,0000788	10	0,28	$2,04 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^3$
Сталь 45ХА	55	80	0,0000782	12	0,29	$2,1 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^3$
Дуралюмин Д1Т	20	34	0,000028	10	0,32	$0,71 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^3$
Дуралюмин Д6Т	22	38	0,000028	12	0,32	$0,71 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^3$
Дуралюмин Д16Т	28	40	0,000028	12	0,32	$0,71 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^3$
Бронза БР010	18	23	0,000088	6	0,32	$1 \cdot 10^4$	$4,2 \cdot 10^3$
Бронза БРА5	16	65	0,000082	12	0,35	$1,1 \cdot 10^4$	$4,2 \cdot 10^3$
Латунь Л68	10	30	0,000084	30	0,36	$1 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^3$
Латунь ЛМц58-2	12	30	0,000085	9	0,37	$1,1 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$
Чугун СЧ 18-36	-	$18 \sigma_{вр}$	0,000072	0,5	0,24	$1,3 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$
Чугун СЧ 36-56	-	$36 \sigma_{вр}$	0,000072	0,5	0,24	$1,3 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^3$
Бронза БРАЖ 9-4	35	50	0,000075	11	0,35	$1,16 \cdot 10^4$	$4,3 \cdot 10^3$
Бронза бериллиевая Б2	30	50	0,0000823	5	0,36	$1,2 \cdot 10^4$	$4,4 \cdot 10^3$