

**РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ  
ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ**

**Методические указания**

**Часть 1**

**Составители: *Г. В. Беликов, И. С. Антонов***

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ  
ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ**

**Методические указания**

**Часть I**

**Составители: *Г. В. Беликов, И. С. Антонов***

**Ульяновск  
2009**

**УДК 539.9(076)**

**ББК 30.121я7**

**Р 23**

*Печатается по решению Ученого совета  
инженерно-физического факультета высоких технологий  
Ульяновского государственного университета*

Рецензент – доктор физико-математических наук, профессор *А.С. Андреев*

**Р 23**      **Расчетно-проектировочные задания по сопротивлению материалов** : методические указания : в 2 ч. Ч. 1 / сост.: Г. В. Беликов, И. С. Антонов. – Ульяновск : УлГУ, 2009. – 19 с.

В методических указаниях приведены расчетные схемы и исходные данные к расчетно-проектировочным работам по сопротивлению материалов, охватывающие первую половину курса. Изложены методика выполнения работ, основные требования к их оформлению, разработаны и представлены контрольные вопросы.

Предназначены для студентов всех специальностей, изучающих курс «Сопротивление материалов».

**УДК 539.9(076)**

**ББК 30.121я7**

© Беликов Г. В., Антонов И. С., составители, 2009  
© Ульяновский государственный университет, 2009

## Содержание

Введение.....	4
<b>1. Требования к выполнению и оформлению расчетно-проектировочных заданий.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Расчетно-проектировочные задания.....</b>	<b>7</b>
<i>Задание 1.</i> Расчет стержня при растяжении и сжатии .....	7
<i>Задание 2.</i> Определение геометрических характеристик поперечных сечений стержней.....	9
<i>Задание 3.</i> Расчет стержня круглого поперечного сечения при кручении .....	11
<i>Задание 4.</i> Расчет стержня при поперечном изгибе .....	14
Библиографический список.....	18

## **Введение**

В соответствии с программой курса «Сопротивление материалов» студенты выполняют расчетно-проектировочные работы по основным темам дисциплины. В результате выполнения этих работ студенты обучаются практическим методам проведения расчетов на прочность, жесткость и устойчивость, приобретают навыки оформления инженерных расчетов, которые понадобятся впоследствии при выполнении курсовых и дипломного проектов. Выполнение расчетно-проектировочных заданий придает целенаправленный характер самостоятельной работе студентов, расширяет кругозор, способствует формированию технического мышления.

Перед выполнением расчетов студент должен изучить теоретические вопросы соответствующей темы, а также разобраться в задачах, решаемых на практических занятиях.

Вариант задания для каждого студента устанавливается преподавателем. Законченная работа проверяется преподавателем и защищается студентом. Студент должен уметь объяснить порядок выполнения работы и ответить на вопросы по заданию. Работа студента оценивается с учетом качества ее выполнения, правильности ответов на вопросы и своевременности сдачи задания. Студенты допускаются к зачету или экзамену лишь после сдачи всех расчетно-проектировочных работ, предусмотренных рабочей программой.

## **1. Требования к выполнению и оформлению расчетно-проектировочных заданий**

1.1. Текстовая часть расчетно-проектировочного задания выполняется на стандартных листах бумаги формата А4 на одной стороне листа, другая остается чистой для возможных исправлений и ответов при защите работы. Листы нумеруются и вместе со схемами сшиваются в тетрадь с титульным листом. Титульный лист выполняется по указанному образцу (рис. 1).

1.2. Текст пишется четко и аккуратно. Слева оставляются поля шириной 20 мм для сшивания, справа – шириной 30 мм для записи основных результатов и замечаний преподавателя.

1.3. Запись условий каждой задачи обязательна. Кроме того, приводится схема рассчитываемого объекта и таблица исходных данных.

1.4. Не допускается приведение основных формул и вычислений без текстового комментария.

1.5. Все расчеты должны выполняться с соблюдением правил приближенных вычислений с точностью до двух-трех значащих цифр после запятой. Результаты вычислений выносятся на поля.

1.6. Схемы выполняются с соблюдением масштабов, на которых указываются как буквенные обозначения, так и числовые значения всех величин (нагрузок, размеров, реакций опор и т. д. с указанием единиц измерения), а на графиках – значения ординат.

1.7. Большинство буквенных обозначений введено лишь для выбора числовых данных из таблиц. Выкладки с использованием этих обозначений, приводящие к громоздким формулам, не допускаются.

1.8. Основные формулы в тексте, а также таблицы и рисунки следует нумеровать.

1.9. При исправлении полученного от преподавателя расчета не разрешается убирать его вопросы и замечания. Мелкие исправления производятся в соответствующем месте расчета. Крупные исправления выполняются на новых листах, подшиваемых к тетради расчета со ссылкой на них в местах ошибок.

1.10. Расчетно-проектировочная работа, выполненная и оформленная с нарушениями настоящих требований, не принимается.

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Ульяновский государственный университет

Кафедра физического материаловедения

Расчетно-проектировочное задание №  
по сопротивлению материалов

Название задания

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Схема № \_\_\_\_\_

Исходные данные \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

Ульяновск

20

*Рис. 1.* Титульный лист расчетно-проектировочного задания

## 2. Расчетно-проектировочные задания

### Задание 1. Расчет стержня при растяжении и сжатии

Для стального стержня ( $E = 2 \cdot 10^5$  МПа) требуется:

1. Определить реакцию в заделке.
2. Построить эпюру продольных сил  $N$ .
3. Построить эпюру нормальных напряжений  $\sigma$ .
4. Проверить прочность стержня при допусаемом напряжении  $[\sigma] = 150$  МПа.
5. Построить эпюру перемещений сечений стержня.

### Расчетные схемы к заданию 1

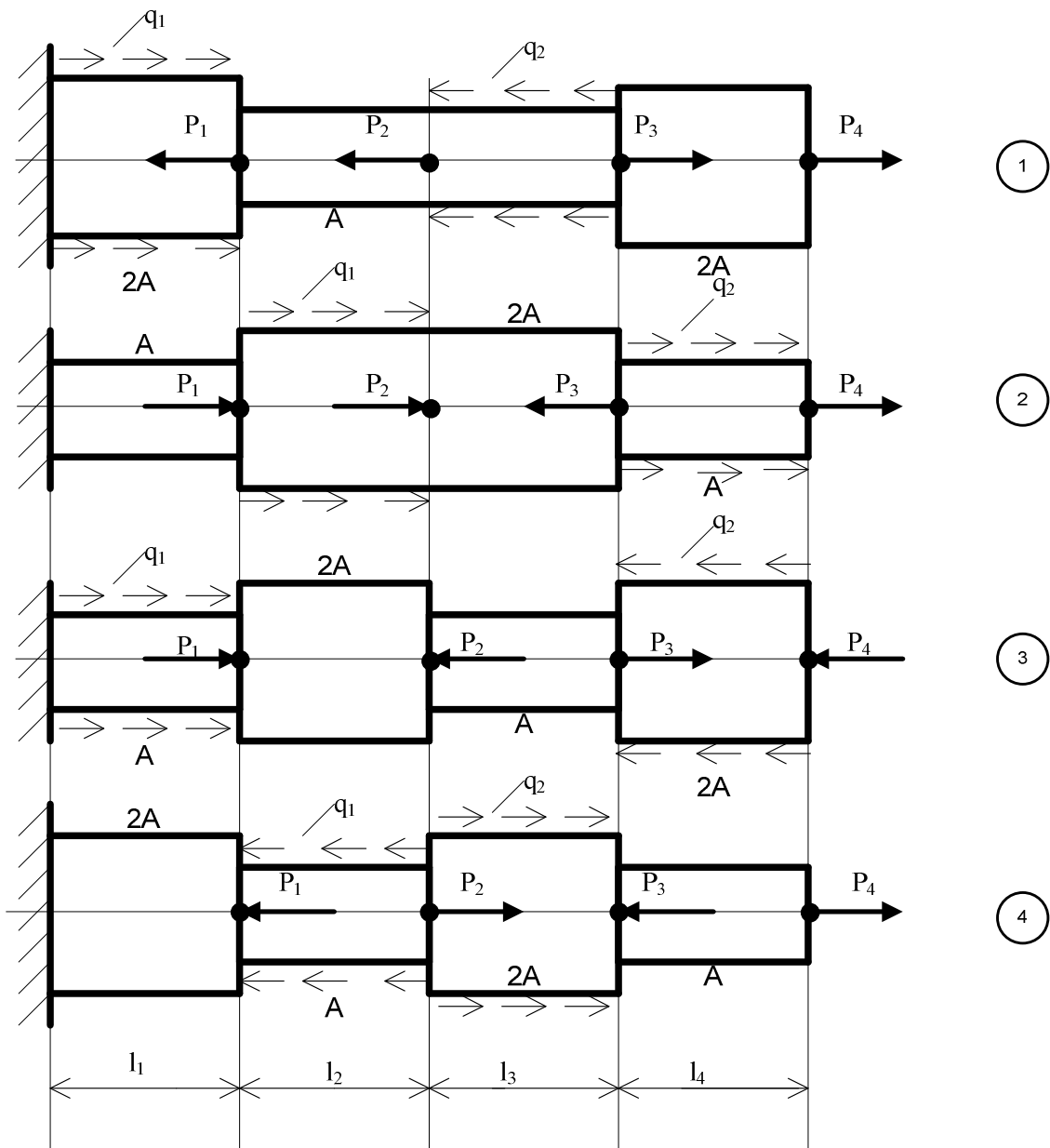




Таблица 1

## Исходные данные к заданию 1\*

Номер схемы	Номер варианта	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$q_1$	$q_2$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$A$
		кН				кН/м		м				см <sup>2</sup>
1	1	38	-	26	68	10	-	1	2	1	2	10
	2	-	38	74	24	8	-	3	1	3	2	8
	3	48	54	-	16	10	-	1	2	-	1	6
	4	54	48	38	-	8	-	2	1	3	1	5
	5	-	26	40	38	-	8	2	2	2	2	8
	6	16	-	28	28	-	10	1	1	-	3	10
	7	54	48	30	-	-	8	1	1	2	3	6
	8	-	30	12	26	-	10	1	2	1	1	5
	9	40	18	16	-	8	-	2	2	2	1	4
	10	16	-	40	38	-	8	2	2	1	1	8
2	1	20	30	-	60	-	6	1	1	2	3	6
	2	25	40	-	60	-	12	2	2	1	3	10
	3	10	25	-	40	-	10	1	3	1	3	12
	4	20	-	48	30	-	8	2	3	1	1	8
	5	-	12	40	20	12	-	1	2	1	1	10
	6	-	24	8	32	8	-	2	2	2	1	12
	7	-	30	12	26	10	-	1	3	2	2	5
	8	15	18	24	-	6	-	2	2	1	2	6
	9	25	14	8	-	-	8	1	2	1	2	4
	10	20	26	12	-	10	-	2	2	2	1	6
3	1	10	-	20	15	-	10	0,5	2	1	2	5
	2	15	-	30	40	-	8	1	2	1	1	6
	3	5	-	20	35	6	-	2	1	1	2	8
	4	-	20	40	60	8	-	2	1	2	1	10
	5	-	10	28	18	10	-	1	2	1	1	10
	6	-	25	34	42	12	-	1	2	2	1	6
	7	5	25	-	30	-	6	1	2	2	2	5
	8	10	40	-	30	-	8	2	1	1	2	4
	9	15	25	-	45	10	-	0,5	1	2	1	6
	10	10	15	-	35	6	-	0,5	1	2	1	5
4	1	10	20	-	40	4	-	1	1	2	2	10
	2	4	16	-	12	8	-	1	2	1	2	6
	3	8	20	-	26	10	-	2	1	1	2	5
	4	-	12	18	10	-	8	1	1	1	1	8
	5	6	-	10	16	-	6	2	2	2	2	5
	6	-	14	24	18	-	4	0,5	1	2	0,5	5
	7	5	-	15	25	6	-	2	0,5	1	0,5	6
	8	12	18	10	-	8	-	1	2	0,5	0,5	8
	9	6	-	10	16	-	10	1	2	2	2	10
	10	6	12	18	-	-	6	1	1	1	2	6

\* Нагрузки, отсутствующие в заданном варианте, на расчётной схеме не изображать.

## Контрольные вопросы

1. Как определяют нормальную силу в заданном сечении стержня?
2. Как определяют нормальное напряжение в заданном сечении стержня?
3. Как определяют перемещение произвольного сечения стержня?
4. Что называется модулем упругости материала при растяжении-сжатии?
5. Как записывается условие прочности при центральном растяжении или сжатии?
6. Как подбирают марку материала стержня?
7. От каких факторов зависит коэффициент запаса прочности?
8. Какие напряжения действуют в произвольных (не перпендикулярных продольной оси) сечениях стержня при растяжении?

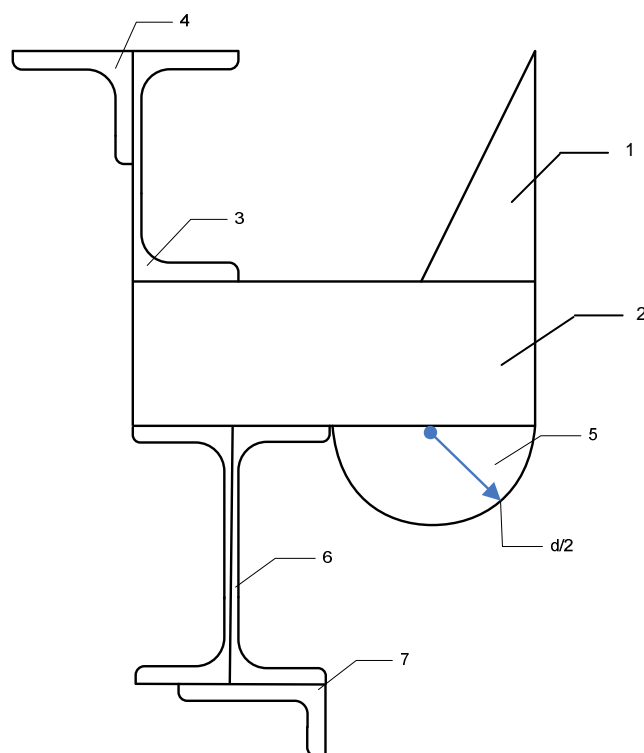
### ***Задание 2. Определение геометрических характеристик поперечных сечений стержней***

Задана плоская фигура (составное сечение колонны или балки) с указанием всех ее размеров.

Требуется:

1. Определить положение центра тяжести сечения.
2. Найти осевые и центробежные моменты инерции относительно центральных осей сечения.
3. Определить положение главных центральных осей.
4. Вычислить главные центральные моменты инерции.
5. Подсчитать главные центральные радиусы инерции.

## Схема сечения к заданию 2



Элементы, не включенные в заданный вариант, на схеме не изображаются. Схема сечения выполняется карандашом на миллиметровой бумаге формата А4.

### Контрольные вопросы

1. Как определяют положение центра тяжести сечения? Что называется статическим моментом площади относительно оси?
2. Какие оси называются главными?
3. Чему равна сумма осевых моментов инерции относительно двух взаимно перпендикулярных осей?
4. Для каких сечений можно без вычислений установить положение главных центральных осей?
5. Относительно каких центральных осей осевые моменты инерции имеют наибольшее и наименьшее значение?
6. Как изменится центробежный момент инерции сечения при повороте осей на  $90^\circ$ ?
7. Какой из двух главных центральных моментов инерции полуциркулярного сечения больше: относительно оси, параллельной диаметру, ограничивающему сечение, или относительно перпендикулярной оси?
8. Объясните геометрический смысл радиуса инерции.

Таблица 2

## Исходные данные к заданию 2

Номер варианта	Номер элемента	А	Б	В	Г	Д
1	1	300*15	260*14	250*12	300*12	240*20
	2	120*180	120*150	130*150	100*150	110*160
	3	№20	№20	№18	№18	№18
2	1	270*14	260*8	300*14	250*18	290*12
	3	№16а	№16	№20а	№18	№22а
	4	80*80*8	80*80*8	100*100*10	120*120*8	140*140*10
3	1	220*15	230*18	240*15	260*12	270*12
	5	d=80	d=110	d=100	d=120	d=100
	6	№22а	№22	№24	№24а	№30
4	1	200*20	220*14	230*12	230*14	240*12
	6	№14	№16	№18	№18а	№20
	7	11/7(8)	12,5/8(10)	14/9(8)	14/9(10)	16/10(10)
5	1	300*12	220*16	250*16	250*16	250*18
	3	№20	№20а	№22	№24	№27
	6	№14	№16	№18	№18а	№20
6	1	350*20	240*18	300*12	250*14	280*12
	2	150*200	100*200	150*200	130*200	150*180
	5	d=200	d=140	d=120	d=100	d=120
7	1	300*14	220*14	250*14	270*12	280*18
	3	№20	№20а	№22	№24	№27
	5	d=200	d=120	d=120	d=150	d=140
8	1	360*24	300*20	280*18	300*32	280*28
	2	180*90	160*100	180*80	200*120	220*100
	6	№20	№18а	№18	№22	№22а

**Задание 3. Расчет стержня круглого поперечного сечения при кручении**

Для стального стержня ( $G = 0,8 \cdot 10^5$  МПа) требуется:

1. Определить реакцию в заделке (схемы 1 и 3) и момент  $T_0$  (схемы 2 и 4).
2. Построить эпюру крутящих моментов  $T_k$ .
3. Вычислить диаметр вала, приняв  $[\tau] = 70$  МПа. Полученное значение величины диаметра округлить до ближайшего большего значения, используя ГОСТ 6636–69 «Ряды нормальных линейных размеров».
4. Построить эпюру углов закручивания (в схемах 2 и 4 относительно сечений, в которых приложен момент  $T_0$ ).
5. Определить наибольший относительный угол закручивания.

### Расчетные схемы к заданию 3

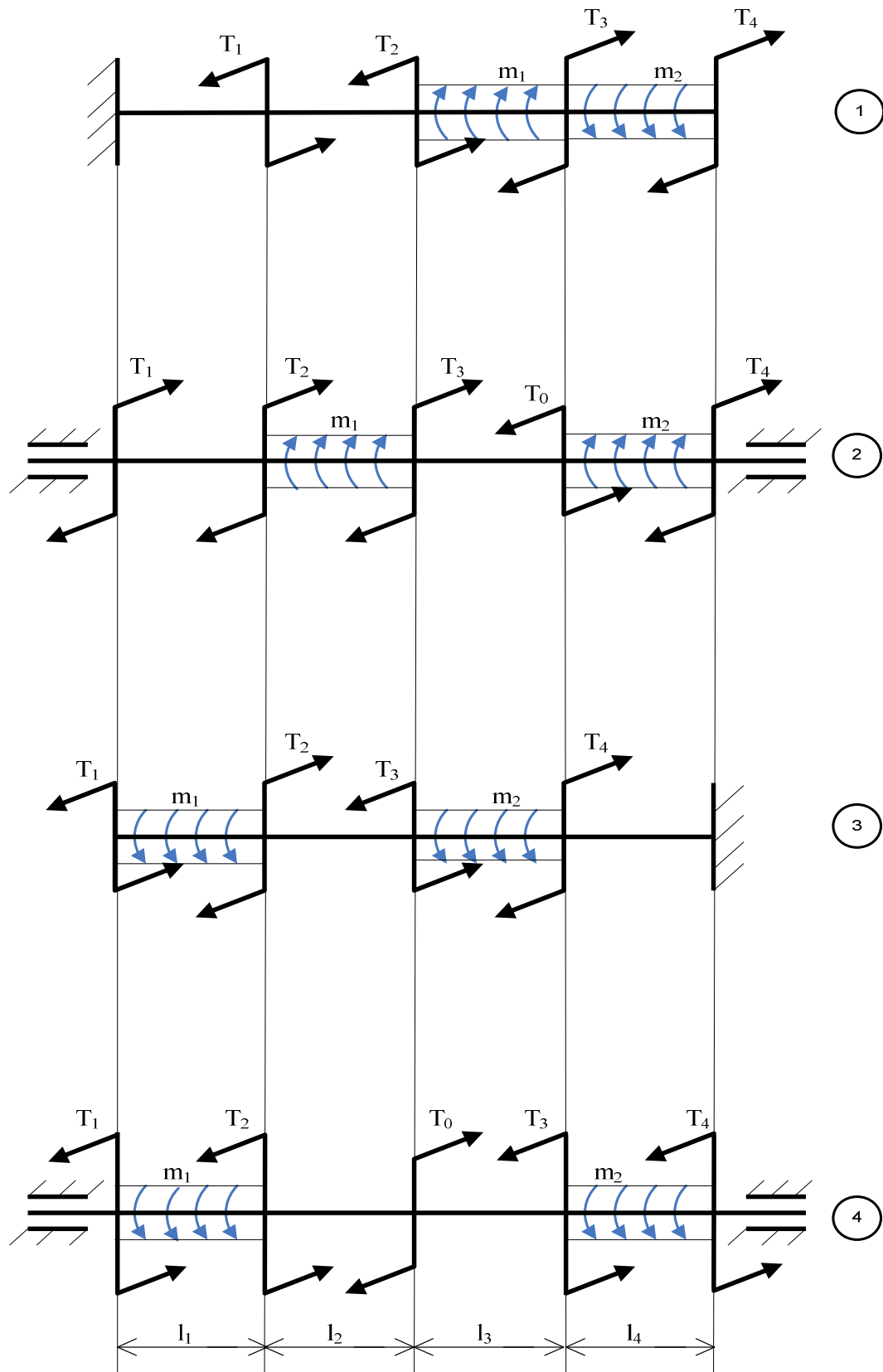


Таблица 3

## Исходные данные к заданию 3\*

Номер схемы	Номер варианта	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$m_1$	$m_2$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
		Нм				Нм/м		м			
1	1	100	400	200	500	-	100	1,0	0,5	0,5	0,4
	2	200	200	300	400	200	-	0,6	0,5	0,4	0,5
	3	300	600	200	600	-	100	0,4	0,4	0,4	0,4
	4	200	400	100	600	200	-	0,8	0,4	0,4	0,6
	5	100	200	400	800	-	200	0,6	0,4	0,3	0,4
	6	200	600	400	500	200	-	0,8	0,8	0,3	0,5
	7	400	200	300	600	-	200	0,4	0,6	0,3	0,2
	8	100	300	600	200	100	-	0,4	0,5	0,2	0,3
	9	200	500	400	100	-	100	0,6	0,4	0,3	0,2
	10	200	700	400	300	100	-	0,8	0,5	0,5	0,6
2	1	800	400	500	500	400	-	0,3	0,4	0,5	1,0
	2	600	400	300	200	300	-	0,4	0,6	0,5	0,6
	3	400	600	300	300	200	-	0,3	0,4	0,4	1,0
	4	200	300	800	600	100	-	0,5	0,6	0,6	1,0
	5	200	800	600	300	300	-	0,5	1,2	0,4	1,0
	6	600	600	300	500	-	300	0,2	0,9	0,5	0,6
	7	500	600	500	300	-	500	0,3	0,7	0,2	1,0
	8	300	800	400	200	-	400	0,5	0,6	0,3	0,5
	9	400	800	200	500	-	100	0,6	0,4	0,2	1,0
	10	600	400	300	200	-	300	0,5	0,5	0,6	0,6
3	1	1200	800	400	400	500	-	0,5	0,3	0,4	0,6
	2	600	600	600	400	600	-	0,6	0,4	0,5	0,5
	3	400	600	400	600	-	100	0,8	0,3	0,4	0,6
	4	800	400	400	400	-	200	0,4	0,6	0,5	0,4
	5	800	400	400	500	400	-	0,5	0,4	0,4	0,6
	6	1200	600	800	800	300	-	0,4	0,2	0,6	0,3
	7	400	600	1200	800	-	200	0,3	0,3	0,2	0,6
	8	600	800	1000	800	-	300	0,5	0,5	0,6	0,4
	9	800	200	600	600	400	-	0,4	0,6	0,8	0,2
	10	800	200	400	800	-	300	0,5	0,3	0,2	0,5
4	1	900	400	2400	600	-	100	0,4	0,8	0,6	0,5
	2	1000	400	2800	600	-	200	0,5	0,6	0,8	0,6
	3	800	600	2800	400	-	300	0,6	0,4	0,4	0,8
	4	800	300	2200	500	-	400	0,8	0,4	0,5	0,6
	5	2200	800	1800	400	-	500	0,5	0,4	0,3	0,6
	6	400	800	2800	600	200	-	0,4	0,4	0,3	0,4
	7	2200	600	2800	200	200	-	0,3	0,6	0,4	0,4
	8	2400	1200	2200	300	400	-	0,6	0,4	0,5	0,5
	9	1000	800	2400	300	400	-	0,8	0,8	0,4	0,3
	10	900	600	1800	400	300	-	0,5	0,5	0,6	0,4

\* Нагрузки, отсутствующие в заданном варианте, на расчётной схеме не изображать.

## Контрольные вопросы

1. Какие напряжения возникают в произвольных сечениях вала круглого поперечного сечения?
2. Как находят величину касательных напряжений в произвольной точке круглого поперечного сечения вала?
3. Возникают ли при кручении нормальные напряжения?
4. Как вычисляют момент, передаваемый шкивом, по мощности и частоте вращения?
5. Как вычисляют угол закручивания: при  $T$  и  $J_p$  – var; при  $T$  и  $J_p$  – const?
6. Как производят расчеты вала на прочность и жесткость?
7. Чему равен полярный момент инерции круглого сечения?
8. Как рассчитать полярный момент сопротивления круглого сплошного и кольцевого сечения?

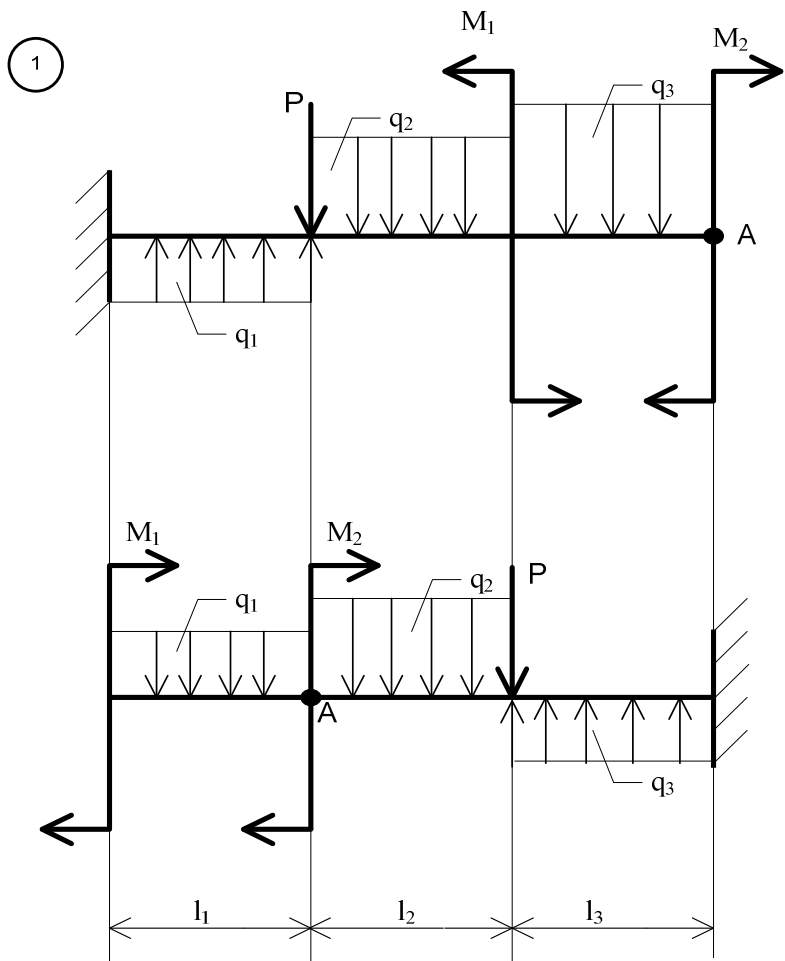
### **Задание 4. Расчет стержня при поперечном изгибе**

Для стальной балки ( $E = 2 \cdot 10^5$  МПа) требуется:

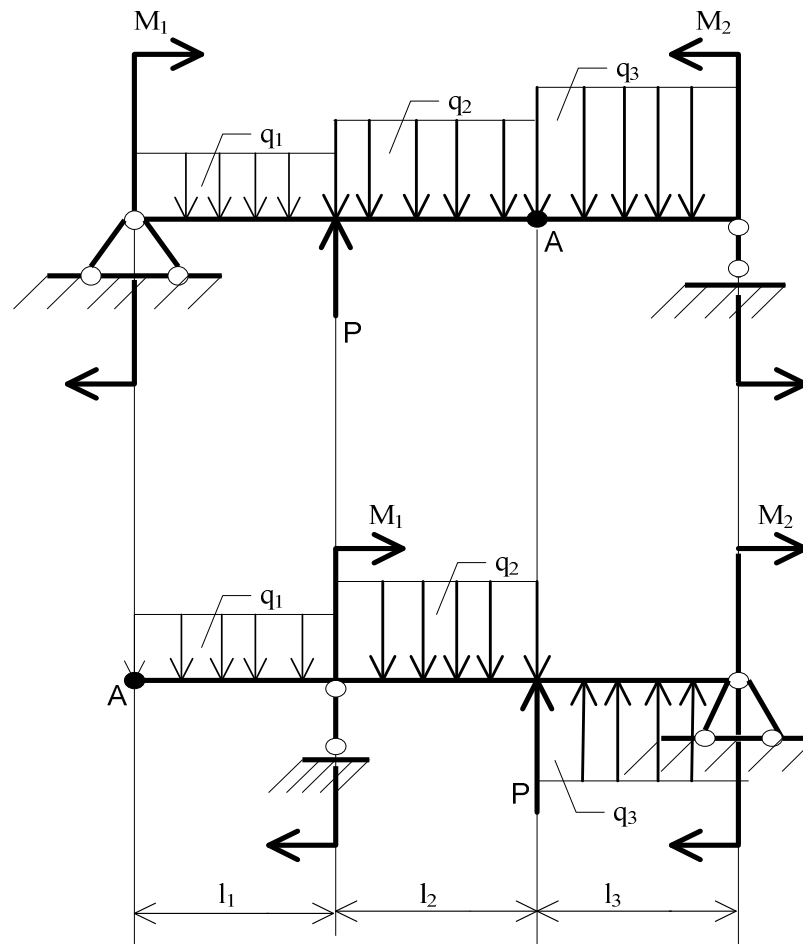
1. Определить реакции опор.
2. Построить эпюры изгибающих моментов  $M_z$  и поперечных сил  $Q_y$ .
3. Подобрать двутавровое сечение при допуске напряжении  $[\sigma] = 180$  МПа.
4. Определить прогиб и угол поворота сечения  $A$ .

### Расчетные схемы к заданию 4

15



3



2

4



Таблица 4

## Исходные данные к заданию 4\*

Номер схемы	Номер варианта	$P$	$M_1$	$M_2$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
		кН	кНм		кН/м			м		
1	1	20	5	15	-	5	-	1	2	1
	2	30	10	15	20	-	-	2	1	1
	3	25	15	10	-	-	20	1	1	2
	4	20	30	10	20	-	10	2	1	2
	5	10	30	15	15	10	-	2	2	1
	6	30	40	10	-	5	10	1	2	2
	7	20	-	5	20	10	-	2	2	1
	8	15	20	-	10	-	10	1	1	2
	9	30	-	5	-	10	5	1	2	2
	10	20	30	-	10	20	-	1	2	1
2	1	30	10	15	20	-	-	2	1	1
	2	25	15	10	-	10	-	1	2	1
	3	10	10	5	-	-	20	1	1	2
	4	10	15	10	15	20	-	2	2	1
	5	5	5	15	10	-	20	2	1	1
	6	5	10	5	-	10	10	1	2	2
	7	5	-	10	10	-	20	2	1	1
	8	10	10	-	16	20	-	2	2	1
	9	5	-	10	10	-	-	2	1	1
	10	10	10	-	12	-	20	2	1	2
3	1	15	10	10	-	20	-	1	2	1
	2	20	10	20	15	-	-	2	1	2
	3	30	5	15	-	-	10	1	1	2
	4	25	15	20	10	15	-	1	2	1
	5	20	10	15	15	-	20	1	1	2
	6	15	5	10	-	15	20	1	2	2
	7	20	-	25	10	-	15	1	1	2
	8	15	10	-	5	10	-	2	2	1
	9	20	15	-	10	-	20	2	1	2
	10	10	-	10	5	15	-	1	2	1
4	1	18	20	16	-	-	12	1	1	2
	2	20	18	10	16	-	-	2	2	1
	3	16	24	12	-	16	-	1	2	1
	4	20	12	8	10	-	8	2	1	2
	5	12	14	6	-	16	10	1	2	2
	6	10	-	4	12	-	16	2	1	1
	7	8	-	2	-	18	12	2	2	1
	8	12	16	-	18	-	16	3	1	2
	9	10	12	-	-	12	8	1	2	2
	10	12	-	8	10	20	-	2	2	1

\* Нагрузки, отсутствующие в заданном варианте, на расчётной схеме не изображать.

## Контрольные вопросы

1. Как определяют поперечную силу и изгибающий момент в произвольном сечении балки?
2. Какие зависимости используют для контроля эпюр поперечных сил и изгибающих моментов?
3. Как распределяются нормальные и касательные напряжения по высоте сечения балки?
4. Какой случай изгиба называется чистым изгибом?
5. Что называется нейтральным слоем и нейтральной линией сечения?
6. Что называется осевым моментом сопротивления сечения при изгибе?
7. Как выгоднее положить балку прямоугольного сечения при работе на изгиб: на ребро или плашмя?
8. Как записывается общее дифференциальное уравнение изогнутой оси балки?
9. Какая форма сечения балки при расчете на изгиб считается рациональной?
10. Какое напряженное состояние испытывает элементарный объем, находящийся на произвольном расстоянии от нейтрального слоя?

## Библиографический список

1. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов / В. И. Феодосьев. – М. : Из-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 592 с.
2. Беляев, Н. М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев. – М. : Наука, 1976. – 608 с.
3. Сопротивление материалов / Г. С. Писаренко, В. А. Агаев, А. Л. Квитка и др. – Киев : Вища шк., 1986. – 775 с.
4. Сопротивление материалов / П. А. Павлов, Л. К. Паршин, Б. Е. Мельников, В. А. Шерстнев. – М. : Лань, 2007. – 553 с.
5. Ицкович, Г. М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров. – М. : Высшая школа, 1999. – 591 с.
6. Писаренко, Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев : Наукова думка, 1988. – 724 с.
7. Фесик, С. П. Справочник по сопротивлению материалов / С. П. Фесик. – Киев : Будивельник, 1982. – 279 с.

Учебное издание

**Расчетно-проектировочные задания  
по сопротивлению материалов**

**Методические указания  
Часть I**

**Составители: *Г. В. Беликов, И. С. Антонов***

Директор Издательского центра *Т.В. Филиппова*  
Редактирование и подготовка оригинал-макета *Е.Г. Туженковой*

Подписано в печать 26.10.09.  
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,1. Уч.-изд. л. 0,9.  
Тираж 150 экз. Заказ 131 /

Оригинал-макет подготовлен  
в Издательском центре  
Ульяновского государственного университета

Отпечатано в Издательском центре  
Ульяновского государственного университета  
432000, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42