

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

## **ТЕОРИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания для проведения практических занятий и по  
организации самостоятельной работы студентов

Томск 2023

**УДК 006.89**  
**ББК 92.9**  
**К 392**

**Рецензент:**

**Антипин М.Е.**, доцент каф. управления инновациями ТУСУР,  
канд. физ.-мат. наук

**Килина, Ольга Владимировна**

К 392 Теория сопротивления материалов: методические указания для проведения практических занятий и по организации самостоятельной работы студентов / О. В. Килина. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектронники, 2023. – 17с.

Рассмотренные в методических указаниях примеры решения задач помогут студентам проводить исследования напряженно деформированного состояния твердых тел, получить навыки решения практических задач. Указания содержат необходимые разъяснения по форме организации и выполнению практической и самостоятельной работы обучающихся и ориентированы на достижение результатов образовательной деятельности в соответствии с ФГОС 3++ по направлениям инженерного и технического профилей.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерным и техническим направлениям подготовки.

Одобрено на заседании кафедры УИ, протокол № 4 от 23.11.2023г.

**УДК 006.89**  
**ББК 92.9**

© Килина О.В., 2023  
© Томск. гос. ун-т систем  
упр. и радиоэлектронники, 2023

## Оглавление

Введение .....	4
1. Общие положения.....	5
2. Примерный перечень заданий для практических занятий .....	5
2.1. Геометрические характеристики плоских сечений .....	5
2.2. Теория напряженного и деформированного состояния. Теории прочности. ....	7
2.3. Внецентренное растяжение (сжатие).....	8
2.4 Изгиб .....	10
2.5. Изгиб с кручением .....	12
3. Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки.....	14
4. Варианты тестовых заданий .....	14
5. Перечень вопросов к экзамену .....	17
6. Список рекомендуемой литературы .....	17

## Введение

Дисциплина «Теория сопротивления материалов» – наука о прочности, жесткости и устойчивости отдельных элементов конструкций (сооружений и машин). Инженеру любой специальности часто приходится производить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость. Неправильный расчет самой незначительной, на первый взгляд, детали может повлечь за собой очень тяжелые последствия – привести к разрушению конструкции в целом. При проведении подобных расчетов на прочность необходимо стремиться к сочетанию надежности работы конструкции с ее экономичностью, добиваться наибольшей прочности при наименьшем расходе материала. Необходимо повышать эффективность проектных решений, применять новые прогрессивные конструкционные материалы.

Для изучения дисциплина «Теория сопротивления материалов» учебным планом определены аудиторные занятия: лекционные и практические, а также самостоятельная работа.

Перед началом занятий студенты должны изучить инструкцию по охране труда. Преподаватель должен убедиться в знании инструкции, задавая студенту вопросы по ее содержанию, после чего сделать соответствующую запись в журнале охраны труда.

Преподаватель, давая консультацию студенту, указывает раздел технической документации или методической литературы, в которой имеется ответ на вопрос студента. Если необходимые сведения в документации и литературе отсутствуют, то преподаватель должен дать устные пояснения или продемонстрировать практические действия, приводящие к требуемому результату, с последующим повторением студентом.

Консультации, выдача заданий и прием результатов выполнения осуществляется только во время аудиторных занятий. Задания выполняются последовательно. Правильное выполнение некоторых заданий возможно только, если студент корректно выполнил предыдущие задания. Поэтому приступать к следующему заданию студент может, только сдав преподавателю результат выполнения предыдущего.

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемым элементом изучения дисциплины «Теория сопротивления материалов». Самостоятельная работа студентов предполагает изучение теоретического материала по актуальным вопросам дисциплины и подготовку документации по выполненным работам в процессе прохождения практических занятий. Рекомендуется самостоятельное изучение доступной учебной и научной литературы, нормативно-технических документов.

Самостоятельно изученные теоретические материалы обсуждаются на практических занятиях и входят в вопросы к промежуточной аттестации.

В процессе самостоятельной работы студенты:

- осваивают материал, предложенный им на практических занятиях с привлечением указанной преподавателем литературы;
- готовятся к практическим занятиям в соответствии с индивидуальными и/или групповыми заданиями;
- представляют конспекты самоподготовки;
- готовятся и выполняют контрольные работы;
- готовятся к тестированию;
- ведут подготовку к промежуточной аттестации по данному курсу.

Целями самостоятельной работы студентов являются:

- формирование навыков самостоятельной образовательной деятельности;

- выявления и устранения студентами пробелов в знаниях, необходимых для изучения данного курса;
- осознания роли и места изучаемой дисциплины в образовательной программе, по которой обучаются студенты.

Самостоятельная работа студентов должна быть обеспечена необходимыми учебными и методическими материалами:

- основной и дополнительной литературой;
- демонстрационными материалами, представленными во время лекционных и практических занятий;
- методическими указаниями по проведению практических занятий;
- перечнем тестовых заданий и вопросов, выносимых на экзамен.

## **1. Общие положения**

Сложным сопротивлением называется такой вид сопротивления, когда имеет место комбинация простейших деформаций: растяжение и сжатие, сдвиг, кручение и изгиб. При расчетах на сложное сопротивление применяется принцип независимости действия сил, который справедлив в том случае, если деформации малы, упругие и выполняется закон Гука. При этом действие одной из сил не вызывает существенного изменения в расположении других сил. Сначала определяются напряжения и деформации от действия отдельных силовых факторов, а затем находится полное напряжение и деформация как геометрическая или алгебраическая сумма напряжений и деформаций, определенных от каждой силы в отдельности.

На практике имеет место различные комбинации простейших видов деформаций и соответственно различные случаи сложного сопротивления: кривой изгиб, внецентренное растяжение (сжатие), изгиб с кручением. Комбинация всех простейших деформаций: растяжения (сжатия), кручения, сдвига и изгиба — называется общим случаем сложного сопротивления.

## **2. Примерный перечень заданий для практических занятий**

### ***2.1. Геометрические характеристики плоских сечений***

#### *Задача 1*

Для заданного поперечного сечения бруса, состоящего из полосы (сечение прямоугольник:  $h$

— больший размер,  $b$ — меньший размер), стандартных прокатных профилей швеллера и неравнополочного уголка (рисунок 1.1) провести главные центральные оси инерции и определить величину главных центральных моментов инерции. Данные принять из таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные данные к задаче 1

№ строки	Схема по рисунку 1.2	Элементы заданного сечения			
		Полоса		Швеллер ГОСТ 8240-72	Неравнополочный уголок ГОСТ 8510-86
		$h$ , мм	$b$ , мм		
1	<i>I</i>	155	38	14	140×90×10
2	<i>II</i>	160	28	14а	110×70×8
3	<i>III</i>	165	34	16	125×80×7
4	<i>IV</i>	170	24	16а	125×80×12
5	<i>V</i>	175	36	18	140×90×8
6	<i>VI</i>	180	26	18а	80×50×6
7	<i>VII</i>	185	32	20	90×56×8
8	<i>VIII</i>	190	20	20а	100×63×7
9	<i>IX</i>	195	26	22	100×63×10
0	<i>X</i>	200	30	22а	125×80×10
	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>z</i>	<i>e</i>	<i>d</i>

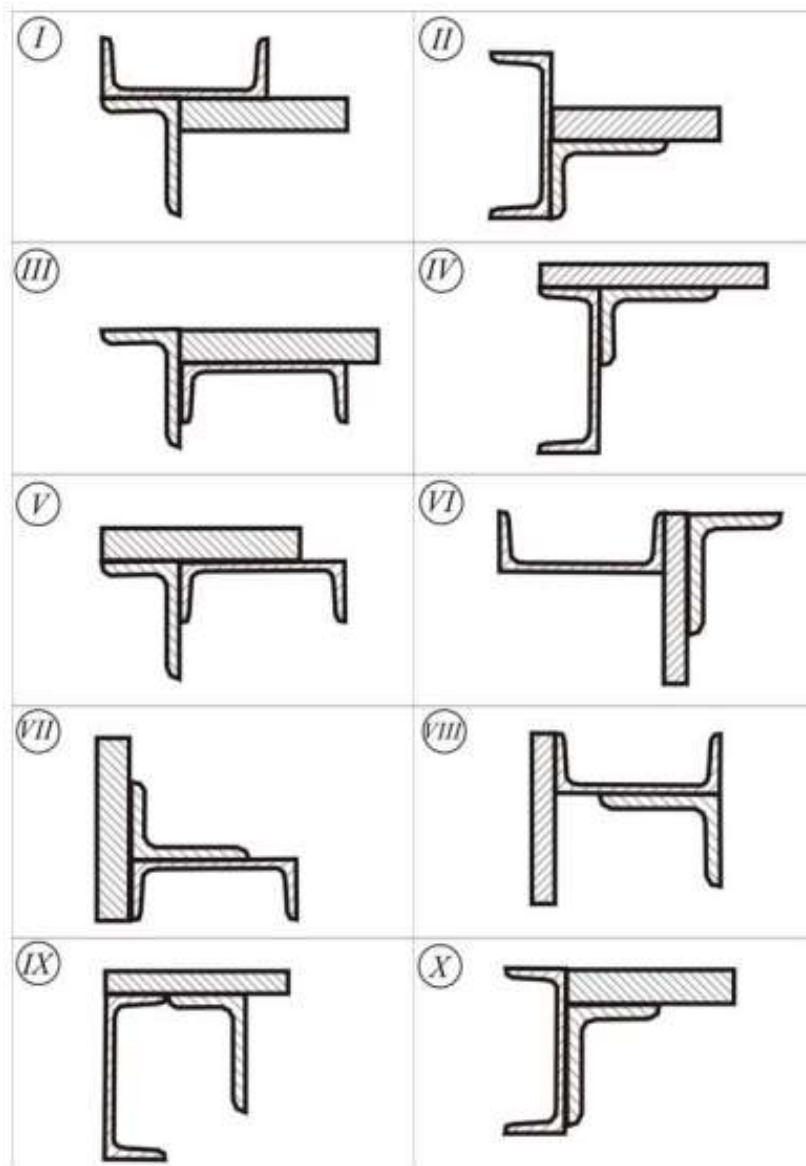


Рисунок 1.1 – Схема поперечного сечения бруса

## 2.2. Теория напряженного и деформированного состояния. Теории прочности.

### Задача 2

В окрестности опасной точки стальной конструкции выделен бесконечно малый элемент в виде прямоугольного параллелепипеда. На его гранях действуют нормальные ( $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ) и касательные ( $\tau_{xy}, \tau_{yx}$ ) напряжения (рисунок 2.1). Требуется: определить и показать главные площадки и главные напряжения; определить максимальные касательные напряжения; найти главные деформации и относительное изменение объема; определить удельную потенциальную энергию деформации; проверить прочность материала, используя третью и четвертую классические теории прочности, принимая  $[\sigma] = 160$  МПа. Данные к задаче принять из таблицы 2.1.

### Методические указания для решения задачи 2

1. Определить по формуле величину угла, на который следует повернуть грани исходного элемента до их совмещения с главными площадками.
2. Показать на схеме угол, найденный в п. 1, и главные площадки.

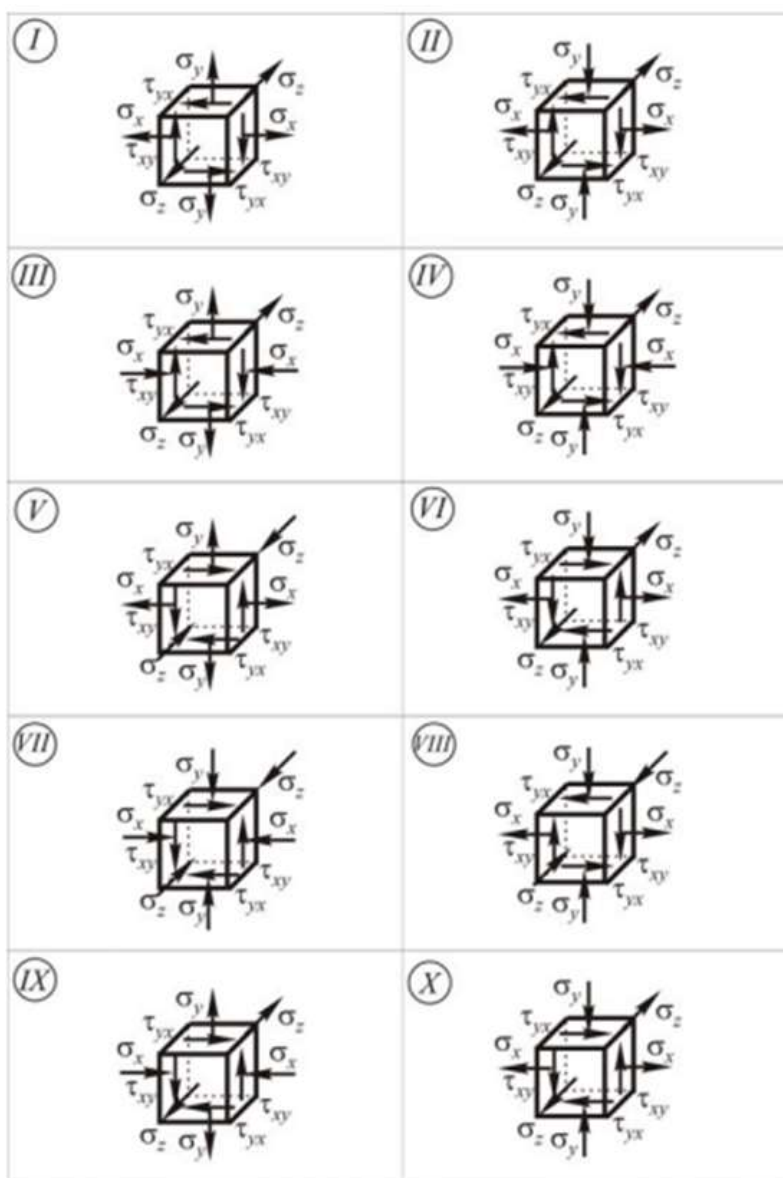


Рисунок 2.1 – Схемы нормальных и касательных напряжений, действующих по граням выделенного элемента

Таблица 2.1 – Исходные данные к задаче 2

№ строки	Схема по рисунку 2.1	Напряжения (приведены по модулю)			
		$\sigma_x$ , МПа	$\sigma_y$ , МПа	$\sigma_z$ , МПа	$\tau_{xy}$ , МПа
1	<i>I</i>	20	75	10	18
2	<i>II</i>	25	70	15	20
3	<i>III</i>	30	65	20	22
4	<i>IV</i>	35	60	25	24
5	<i>V</i>	40	55	30	26
6	<i>VI</i>	45	50	25	28
7	<i>VII</i>	50	45	20	25
8	<i>VIII</i>	55	40	15	23
9	<i>IX</i>	60	35	10	21
0	<i>X</i>	65	30	25	17
	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>e</i>

### 2.3. Внецентренное растяжение (сжатие)

#### Задача 3

Чугунный короткий стержень, поперечное сечение которого изображено на рисунке 3.1, сжимается силой  $F$ , параллельной оси  $x$ , приложенной в точке В. Требуется: определить положение нейтральной линии и найти опасные точки сечения; вычислить наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряжения в поперечном сечении; найти допускаемую нагрузку  $[F]$  при заданных размерах сечения и допускаемых напряжениях для чугуна на сжатие  $[\sigma_c]$  и растяжение  $[\sigma_p]$ . Данные взять из таблицы 3.1.

#### Методические указания для решения задачи 3

1. Вычертить в масштабе 1:1 или 1:2 заданное поперечное сечение.
2. Определить координаты центра тяжести сечения  $y_c$  и  $z_c$ .
3. Обозначить на чертеже главные центральные оси инерции сечения.
4. Рассчитать главные моменты инерции сечения  $J_{yc}$  и  $J_{zc}$ .
5. Определить положение нейтральной линии по уравнению нейтральной линии в отрезках. Обозначить рассчитанные отрезки на чертеже, провести нейтральную линию.
6. Найти и обозначить опасные точки сечения.
7. Выразить наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряжения через силу  $F$  и размеры поперечного сечения.
8. Приравнять полученные выражения к допускаемым напряжениям на растяжение или сжатие для чугуна.
9. Из полученных уравнений рассчитать значения допускаемой нагрузки, выбрать из них удовлетворяющие обоим условиям прочности.



Таблица 3.1 – Исходные данные к задаче 3

Номер строки	Схема по рисунку 5.1	Размеры сечения, мм		Допускаемые напряжения, МПа	
		$a$	$b$	$[\sigma_c]$	$[\sigma_p]$
1	<i>I</i>	60	40	100	25
2	<i>II</i>	70	50	90	24
3	<i>III</i>	80	60	80	23
4	<i>IV</i>	70	70	70	22
5	<i>V</i>	60	80	60	21
6	<i>VI</i>	50	40	150	30
7	<i>VII</i>	40	50	140	29
8	<i>VIII</i>	50	60	130	28
9	<i>IX</i>	60	70	120	27
0	<i>X</i>	70	80	110	26
	$e$	$\delta$	$e$	$z$	$e$

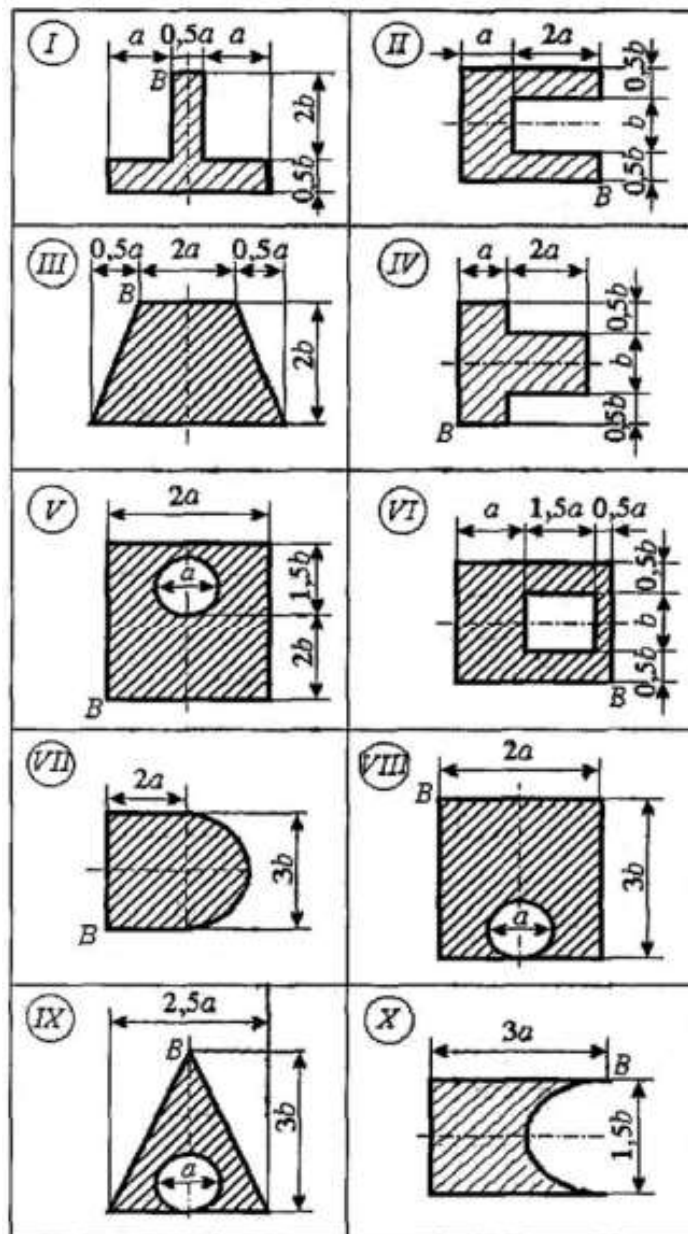


Рисунок 3.1 – Схемы поперечного сечения

## 2.4 Изгиб

### Задача 4

Для заданных двух схем балок (рисунок 4.1) требуется построить эпюры внутренних силовых факторов ( $Q$  и  $M$ ) и подобрать для схемы:

- а) деревянную балку круглого поперечного сечения при  $[\sigma] = 10$  МПа;
- б) стальную балку двутаврового поперечного сечения при  $[\sigma] = 160$  МПа.

Данные принять из таблицы 4.1.

### Методические указания для решения задачи 4

1. Вычертить в масштабе схему балки, оставляя под ней место для двух эпюр. Показать координатные оси, совместив ось  $x$  с осью балки.
2. Показать опорные реакции и обозначить их.
3. Установить количество расчетных участков. Расчетным участком называется часть длины балки, в пределах которой внутренний силовой фактор изменяется по одному и тому же закону. Тогда границами участков будут являться сечения балки, в которых изменяется характер действующей нагрузки.
4. Используя уравнения равновесия для балки как плоской системы, определить величину опорных реакций, а также выполнить проверку правильности их нахождения.
5. Последовательно, для каждого расчетного участка схемы:
  - провести перпендикулярно оси  $x$  секущую плоскость, разделяющую балку на две части. Расстояние до поперечного сечения, совпадающего с секущей плоскостью, отсчитывается от левого или правого конца балки и обозначается  $x_i$  ( $i$  – порядковый номер расчетного участка);
  - составить уравнение поперечной силы;
  - произвести расчет поперечной силы.
6. Построить для балки эпюру поперечных сил  $Q$ .
7. Последовательно, для каждого расчетного участка схемы составить уравнение изгибающего момента и произвести его расчет.
8. Построить для балки эпюру изгибающих моментов  $M$ .
9. Проверить правильность построения эпюр  $Q$  и  $M$ , используя при этом следствия, вытекающие из соотношений между нагрузкой, поперечной силой и изгибающим моментом.
10. Используя условие прочности при изгибе, подобрать размеры поперечного сечения балки.

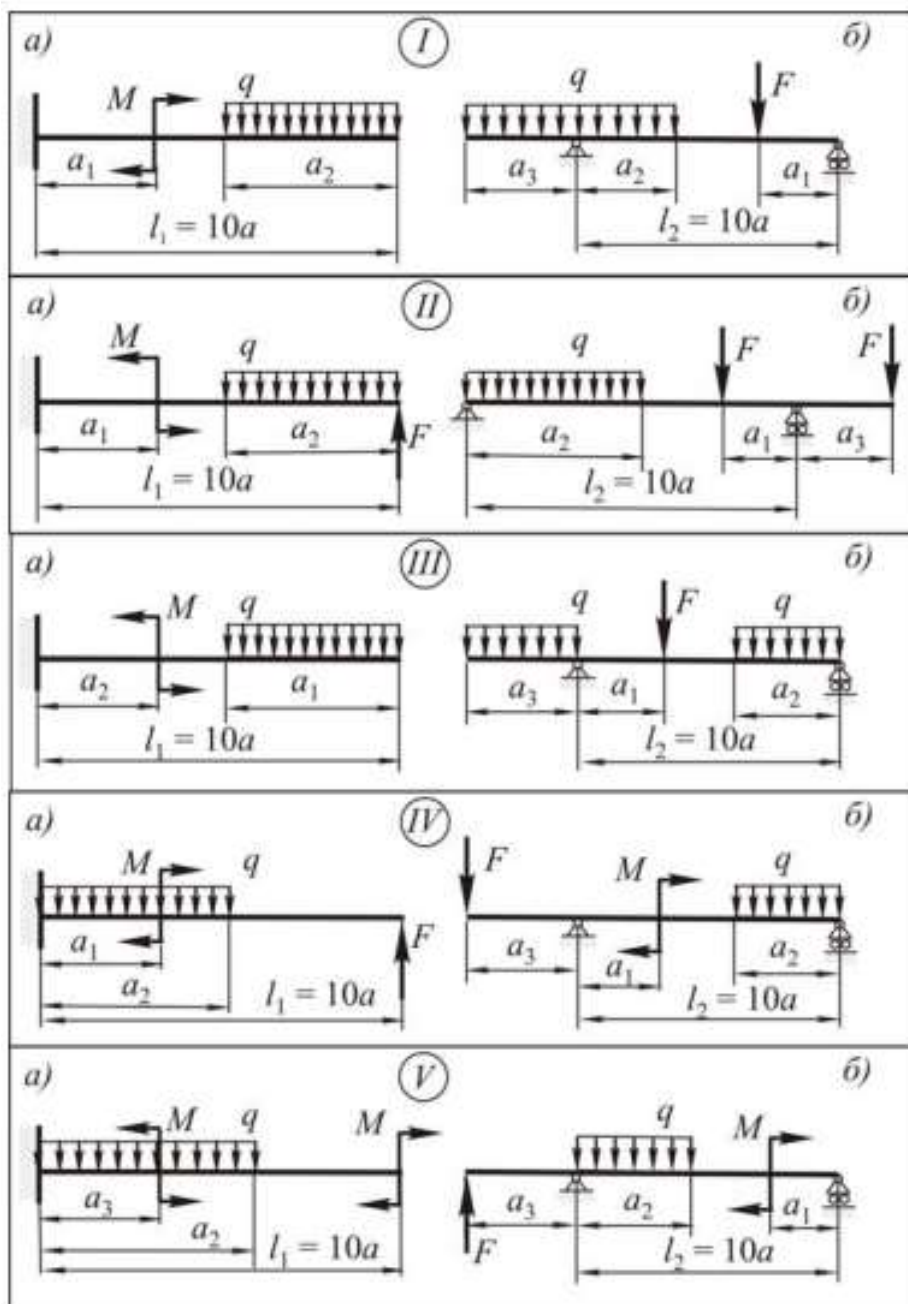


Рисунок 4.1 – Схемы балок

Таблица 4.1 – Исходные данные к задаче 4

№ строки	Схема по рисунку 3.1	Расстояния		Соотношение расстояний			Нагрузки		
		$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$\frac{a_1}{a}$	$\frac{a_2}{a}$	$\frac{a_3}{a}$	$M, \text{ кН м}$	$F, \text{ кН}$	$q, \text{ кН/м}$
1	<i>I</i>	2,1	8	1	4	1	10	11	11
2	<i>II</i>	2,2	5	2	8	2	11	12	12
3	<i>III</i>	2,3	7	3	7	3	12	3	3
4	<i>IV</i>	2,4	6	4	6	4	4	4	4
5	<i>V</i>	2,5	4	5	5	5	5	5	5
6	<i>VI</i>	2,6	5	6	6	1	6	6	6
7	<i>VII</i>	2,7	4	7	7	2	7	7	7
8	<i>VIII</i>	2,8	6	8	8	3	8	8	8
9	<i>IX</i>	2,9	7	5	4	4	9	9	9
0	<i>X</i>	3,0	5	6	7	5	5	10	10
	<i>e</i>	<i>δ</i>	<i>e</i>	<i>z</i>	<i>δ</i>	<i>e</i>	<i>z</i>	<i>δ</i>	<i>e</i>

## 2.5. Изгиб с кручением

### Задача 5

Вал вращается с частотой  $n$  оборотов в минуту. На вал насажены три шкива: один с диаметром  $D_1$  и углом наклона ветвей ремня к горизонту  $\alpha_1$  передает мощность  $P$ , два других с диаметрами  $D_2$  и углами наклона ветвей к горизонту  $\alpha_2$  передают мощность  $P/2$  каждый (рисунок 5.1). Определить диаметр вала по третьей теории прочности при  $[\sigma] = 70$  МПа и принять его значение из стандартного ряда. Данные взять из таблицы 5.1.

### Методические указания для решения задачи 5

1. Выполнить в масштабе расчетную схему вала с расположенными на нем шкивами.
2. Провести и обозначить в поперечном сечении вала главные центральные оси инерции  $z$  и  $y$ , ось  $x$  совместить с осью вала.
3. По заданным  $P$  и  $n$  определить скручивающие моменты, приложенные к шкивам.
4. Построить эпюру крутящих моментов ( $T$ ).
5. Определить окружные усилия  $t_1$  и  $t_2$ , действующие на шкивы, по найденным скручивающим моментам и заданным диаметрам  $D_1$  и  $D_2$ .
6. Определить усилия, действующие на вал, принимая их равными трем окружным усилиям.
7. Составить расчетную схему вала, нагруженного внешними силами в главной центральной плоскости  $uox$ .
8. Построить эпюру изгибающих моментов вала относительно оси  $z$  ( $M_z$ ).

9. Составить расчетную схему вала, нагруженного внешними силами в главной центральной плоскости  $zox$ .

10. Построить эпюру изгибающих моментов вала относительно оси  $y$  ( $M_y$ ).

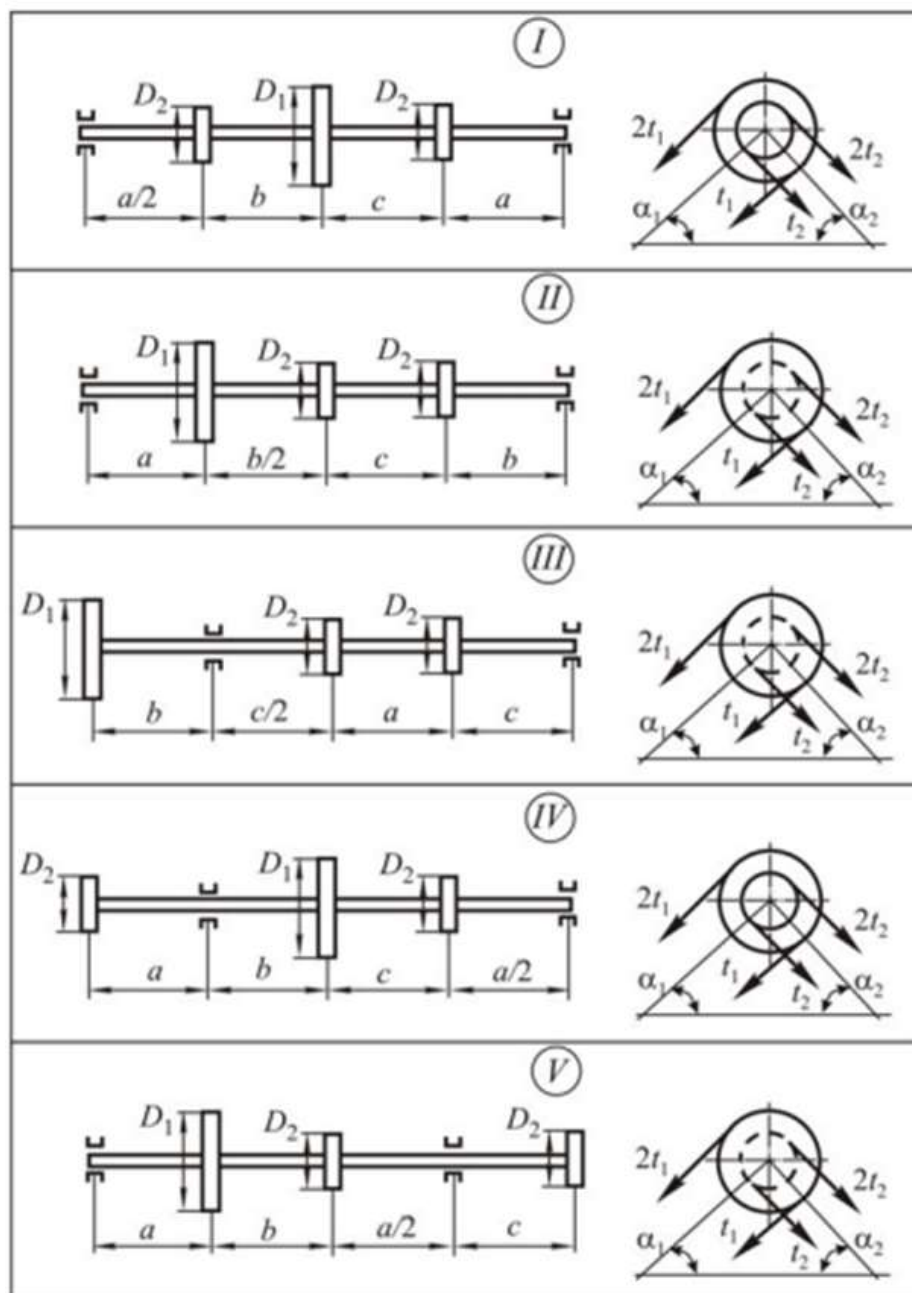


Рисунок 5.1 – Схемы валов

Таблица 5.1 – Исходные данные к задаче 5

№ строки	Схема по рисунку 6.1	$P$ , кВт	$n$ , мин <sup>-1</sup>	Размеры, м					$\alpha_1$ , градус	$\alpha_2$ , градус
				$a$	$b$	$c$	$D_1$	$D_2$		
1	<i>I</i>	8	100	1,1	2,0	1,0	0,8	0,6	10	0
2	<i>II</i>	10	150	1,2	1,9	1,1	0,9	0,7	20	10
3	<i>III</i>	12	200	1,3	1,8	1,2	1,0	0,8	30	20
4	<i>IV</i>	15	250	1,4	1,7	1,3	1,1	0,9	40	30
5	<i>V</i>	20	300	1,5	1,6	1,4	1,2	1,0	50	40
6	<i>VI</i>	22	400	1,6	1,5	1,5	1,0	0,8	60	50
7	<i>VII</i>	24	500	1,7	1,4	1,6	0,8	0,9	70	60
8	<i>VIII</i>	26	600	1,8	1,3	1,7	0,9	0,6	80	70
9	<i>IX</i>	14	800	1,9	1,2	1,8	0,6	0,5	90	80
0	<i>X</i>	16	700	2,0	1,1	2,0	0,7	0,7	0	90
	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>z</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>e</i>

### 3. Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки

1. Геометрические характеристики плоских сечений.
2. Теория напряженного и деформированного состояния.
3. Основы теории прочности.
4. Теория предельных напряжённых состояний.
5. Главные оси и главные моменты инерции.
6. Чистый сдвиг. Напряжённое состояние.
7. Внецентренное растяжение (сжатие).
8. Изгиб с кручением.
9. Кручение тонкостенных стержней.
10. Продольный изгиб прямых стержней.

### 4. Варианты тестовых заданий

1. Способность элементов конструкций сохранять под нагрузкой первоначальную форму упругого равновесия называется...
  - 1) твердостью
  - 2) жесткостью
  - 3) устойчивостью
  - 4) прочностью
2. Устойчивостью называется способность элементов конструкции...
  - 1) находиться в состоянии статического равновесия под действием внешних сил
  - 2) сохранять под нагрузкой первоначальную форму упругого равновесия
  - 3) оказывать сопротивление деформации
  - 4) воспринимать приложенные к ним нагрузки, не разрушаясь
3. Одним из основных допущений (принципов) в сопротивлении материалов является...
  - 1) допущение об идеальной упругости материала
  - 2) принцип возможных перемещений
  - 3) закон сохранения энергии
  - 4) принцип Даламбера
4. Допущением об изотропности материалов предполагается, что...

- 1) свойства материалов в данной точке тела по всем направлениям одинаковы
  - 2) свойства материалов во всех точках тела одинаковы
  - 3) деформации материалов в каждой точке тела прямо пропорциональны напряжениям
  - 4) материал совершенно упругий
5. Допущением об однородности материалов предполагается, что
- 1) материалы изотропны
  - 2) материалы обладают одинаковыми свойствами во всех точках тела
  - 3) свойства материала в данной точке тела по различным направлениям одинаковы
  - 4) материал заполняет объем тела без пустот
6. Расчетной схемой в сопротивлении материалов называется...
- 1) абсолютно твердое тело
  - 2) модель, учитывающая только реальную форму тела
  - 3) реальный объект, освобожденный от несущественных особенностей
  - 4) реальная конструкция
7. В сопротивлении материалов основное внимание уделяется изучению
- 1) массива
  - 2) пластины
  - 3) стержня (бруса)
  - 4) оболочки
8. Единицей измерения интенсивности распределенной по поверхности нагрузки является... 1) паскаль (Па)
- 2) Н/м
  - 3) ньютон (Н)
  - 4) Н/м<sup>3</sup>
9. Разрушение тела (конструкции или её элементов) при действии внешних нагрузок наступит, если деформация достигнет размеров, при которых...
- 1) появляются недопустимые пластические деформации
  - 2) нарушается первоначальная форма упругого равновесия
  - 3) конструкция неспособна выполнять свое назначение из-за значительных изменений размеров и формы
  - 4) существование тела как единого целого становится невозможным, и наступает его разделение на части
10. Опорные реакции относятся...
- 1) к объемным силам
  - 2) к внутренним силам
  - 3) к внутренним силовым факторам
  - 4) к внешним силам
11. Внутренними силами в сопротивлении материалов называют...
- 1) силы взаимодействия между атомами в теле
  - 2) собственный вес тела
  - 3) силы инерции
  - 4) дополнительные силы взаимодействия между атомами, возникающие вследствие деформации тела

12. В общем случае пространственного нагружения элемента конструкции главный вектор и главный момент внутренних сил, действующих по проведенному сечению, могут быть разложены в системе координат, на...

- 1) на три силы
- 2) на пять внутренних силовых факторов
- 3) шесть внутренних силовых факторов
- 4) на три момента

13. Составляющая полного напряжения, перпендикулярная к плоскости сечения, называется...

- 1) касательным напряжением
- 2) средним напряжением
- 3) истинным напряжением
- 4) нормальным напряжением

14. Единица измерения напряжения – ...

- 1) ньютон (Н)
- 2) Н/м<sup>3</sup>
- 3) Н/м
- 4) паскаль (Па)

15. В том случае, когда внутренние силы в поперечном сечении приводятся только к одной равнодействующей – продольной силе, возникает деформация...

- 1) сдвига
- 2) кручения
- 3) растяжения (сжатия)
- 4) изгиба

16. Изменение размеров и формы тела под действием приложенных к нему сил называется... 1) деформацией

- 2) линейной деформацией
- 3) деформированным состоянием
- 4) перемещением

17. При сжатии образца из пластичного материала можно определить...

- 1) относительное остаточное сужение
- 2) относительное остаточное удлинение
- 3) предел текучести
- 4) предел прочности

18. При сжатии образца из хрупкого материала можно определить...

- 1) относительное остаточное сужение
- 2) относительное остаточное удлинение
- 3) предел текучести
- 4) предел прочности

19. При замене ступенчатого вала гладким валом его прочность ...

- 1) уменьшится незначительно
- 2) уменьшится
- 3) увеличится
- 4) не изменится



20. Перемещение центра тяжести сечения по направлению, перпендикулярному к оси балки, называется ...

- 1) жесткостью балки
- 2) углом поворота сечения балки
- 3) податливостью балки
- 4) прогибом сечения балки

## **5. Перечень вопросов к экзамену**

1. Виды нагрузок.
2. Напряжения и внутренние усилия (силы и моменты) в поперечном сечении бруса. Связь между напряжениями и внутренними усилиями.
3. Дифференциальные уравнения равновесия прямого бруса.
4. Геометрические характеристики поперечного сечения бруса.
5. Моменты инерции сечения.
6. Главные оси и главные моменты инерции сечений. Их особенности.
7. Моменты инерции простых фигур (прямоугольник, треугольники, круг).
8. Напряжения в наклонном сечении стержня.
9. Деформации растяжения (сжатия). Коэффициент Пуассона. Закон Гука.
10. Учет собственного веса при растяжении. Стержень равного сопротивления.
11. Физико-механические свойства материалов.
12. Методы расчета строительных конструкций (методы допускаемых напряжений)
13. Внутренние усилия и напряжения в поперечном сечении бруса.
14. Энергия деформации при сдвиге.
15. Определение деформаций при кручении. Расчет круглого стержня на жесткость.
16. Главные напряжения при кручении стержня с круглым поперечным сечением.
17. Свободное кручение тонкостенного стержня замкнутого профиля.
18. Внутренние усилия при изгибе. Понятия о различных видах изгиба (плоском и поперечном)
19. Нормальные напряжения при чистом изгибе.
20. Распределение касательных напряжений в прямоугольном сечении.

## **6. Список рекомендуемой литературы**

1. Теоретическая механика: Учебное пособие / Б. А. Люкшин - 2012. 303 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1451> (дата обращения: 20.11.2023).
2. Гребенкин, В. З. Техническая механика: учебник и практикум для вузов/ В.З. Гребенкин, Р. П. Заднепровский, В. А. Летагин; под редакцией В. З. Гребенкина, Р. П. Заднепровского. — Москва: Издательство Юрайт, 20243. — 390 с. [Электронный ресурс]: —Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/536568> (дата обращения: 21.11.2023).
3. Теоретическая механика: Учебно-методическое пособие для студентов технических направлений подготовки и специальностей / Н. Ю. Гришаева, Б. А. Люкшин, Г. Е. Уцын -2020. 184 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9224>(дата обращения: 20.11.2023).
4. Методические указания к выполнению лабораторных и расчетно-графических работ по механике, теоретической и прикладной механике: Методические указания по лабораторным работам / Б. А. Люкшин - 2011. 14 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/234> (дата обращения: 21.11.2023).