

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 20.06.2024 10:08:24  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:  
Руководитель ООП:  
С.М. Дудаков  
«30» 2023 года  
ФАКУЛЬТЕ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ  
Тверской государственный университет

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)  
**СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки  
15.03.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Профиль подготовки  
Интеллектуальное управление в мехатронных и робототехнических системах

Для студентов 3-го курса  
Форма обучения – очная

Составитель:

д.ф.-м.н., профессор К.М. Зингерман \_\_\_\_\_

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цели и задачи дисциплины:**

Целью освоения дисциплины является:

Формирование у студентов фундаментальных знаний в области расчетов элементов инженерных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость; освоение студентами расчетно-экспериментальных основ дисциплины и практических методов расчета элементов конструкций.

Задачами освоения дисциплины являются:

Изучение основных уравнений и методов решения задач сопротивления материалов; изучение основных методов расчетов на прочность, жесткость и устойчивость машин и конструкций; умение конструировать элементы машин и конструкций с учетом обеспечения прочности, устойчивости и долговечности; освоение навыков конструирования типовых узлов машин и элементов конструкций и выбора материалов по критериям прочности.

**2. Место дисциплины в структуре ООП:** дисциплина относится к разделу «Дисциплины профиля подготовки» элективные дисциплины.

Предварительные знания и навыки:

Основой для освоения дисциплины являются знания, получаемые в рамках дисциплины «Математический анализ», «Вычислительная математика», «Алгебра и геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Физика».

Дальнейшее использование:

Полученные в ходе изучения дисциплины знания используются при изучении дисциплин «Теория автоматического управления», «Гидроавтоматика и электропневмоавтоматика мехатронных и робототехнических систем», «Детали мехатронных модулей, роботов и их конструирование» «Автоматизация производственных процессов», в научно-исследовательской работе, учебной и производственной практике, при подготовке выпускной квалификационной работы.

**3. Объем дисциплины:** 5 зачетных единицы, 180 академических часа, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 30 часов, в т. ч. практическая подготовка 0 часа, практические занятия 15 часов, в т. ч. практическая подготовка 0 часа;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы \_\_\_0\_\_\_, в том числе курсовая работа \_\_\_0\_\_\_;

**самостоятельная работа:** 135 часа, в том числе контроль 36 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем	ПК-1.1 Разрабатывает математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей

**5. Форма промежуточной аттестации:** экзамен, 5 семестр.

**6. Язык преподавания** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самост. работа (час.)
		Лекции	Практические занятия	
Основные понятия дисциплины	14	2	2	5
Основы теории напряженного и деформированного состояний	20	6	2	15
Растяжение и сжатие	21	4	2	14
Сдвиг (срез), смятие	25	3	1	14
Кручение	20	4	2	14
Геометрические характеристики плоских сечений стержня	20	3	2	16
Изгиб	20	4	2	17
Сложное сопротивление	20	2	1	20
Прочность при циклически изменяющихся напряжениях и динамическое действие нагрузок	20	2	1	20
<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>135</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
Основные понятия дисциплины	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Основы теории напряженного и деформированного состояний	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Растяжение и сжатие	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Сдвиг (срез), смятие	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Кручение	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Геометрические характеристики плоских сечений стержня	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Изгиб	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Сложное сопротивление	Лекции	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Прочность при циклически изменяющихся напряжениях и динамическое действие нагрузок	Лекции	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лекций, практических занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций: традиционные лекции, практические занятия в диалоговом режиме, выполнение индивидуальных заданий в рамках самостоятельной работы.

Дисциплина предусматривает выполнение контрольных работ, письменных домашних заданий.

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Правила прохождения промежуточной аттестации
2. Типовые задания для практических занятий, домашней работы и рейтингового контроля
3. Примерный список вопросов на экзамен
4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

### **Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

#### **1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции**

ПК-1 Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем

ПК-1.1 Разрабатывает математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей.

<b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков</b>	<b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания</b>
Закон Гука при сдвиге. Связь упругих постоянных $G$ , $\mu$ , $E$ .	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов. Задание выполнено частично – 5 баллов.
Закон Гука. Расчет на жесткость.	Корректно выполненное задание – 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
1. Понятия о реальном объекте и расчетной схеме. Исходные гипотезы и допущения. 2. Метод сечений. Внутренние силы. 3. Понятие о напряжении.	Правильный ответ – 2 балла.

Растяжение–сжатие при наличии пластических деформаций. Диаграмма Прандтля.	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов. Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.
Испытание на растяжение и сжатие. Диаграмма растяжения–сжатия.	Корректно выполненное задание– 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
Поперечные деформации при растяжении–сжатии.	Правильный ответ – 2 балла.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Межецкий, Г.Д. Сопротивление материалов : учебник / Г.Д. Межецкий, Г.Г. Загребин, Н.Н. Решетник. - 5-е изд. - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. - 432 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-394-02628-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453911>

### **б) Дополнительная литература**

1. Агаханов М.К. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Агаханов М.К., Богопольский В.Г.– Электрон. текстовые данные.– М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016.– 268 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/42912.–> ЭБС «IPRbooks»

### **2) Программное обеспечение**

<b>Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 46 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</b>	
Adobe Acrobat Reader DC - Russian	бесплатно
Apache Tomcat 8.0.27	бесплатно
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1	бесплатно
Google Chrome	бесплатно

Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit)	бесплатно
JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3	бесплатно
JetBrains PyCharm Edu 3.0	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
MiKTeX 2.9	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
NetBeans IDE 8.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
Oracle VM VirtualBox 5.0.2	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.1 pygame-1.9.1	бесплатно
Python 3.4 numpy-1.9.2	бесплатно
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64-bit)	бесплатно
WCF RIA Services V1.0 SP2	бесплатно
WinDjView 2.1	бесплатно
R Studio	бесплатно
Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit)	бесплатно

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «**ZNANIUM.COM**» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
2. ЭБС «**Университетская библиотека онлайн**» <https://biblioclub.ru/>;
3. ЭБС «**Лань**» <http://e.lanbook.com>.

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Интернет-университет <http://www.intuit.ru>

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

### **1. Правила прохождения промежуточной аттестации**

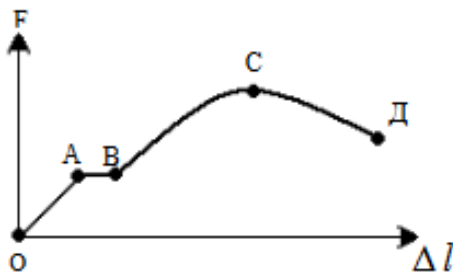
Для успешной сдачи экзамена студент должен:

- Успешно сдать промежуточный контроль, представляющий собой две контрольные работы по тематике упражнений, перечисленных выше.
- Ответить на устные вопросы и решить ряд письменных упражнений (в ходе экзамена) по тематике учебной программы.



• Типовые задания для практических занятий, домашней работы и рейтингового контроля

1. Какой участок диаграммы растяжения является зоной упрочнения материала?



- А) участок OA;  
 Б) участок АВ;  
 В) участок CD;  
 Г) участок ВС.

2. Как называется напряжение, при котором деформация образца происходит при постоянном растягивающем усилии?

- А) предел прочности(временное сопротивление);    Б) предел упругости;  
 В) предел пропорциональности;    Г) предел текучести.

3. Условие прочности при растяжении – сжатии имеет вид:

А)  $\sigma = \frac{N}{A}$ ;    Б)  $\sigma = E\varepsilon$ ;    В)  $\sigma^{\max} = \frac{N^{\max}}{A} \leq [\sigma]$ ;    Г)  $\Delta l = \frac{Nl}{EA} \leq [\Delta l]$

4. Растягиваемый стержень заменили другим с площадью поперечного сечения в два раза большей. В каком из вариантов напряжения останутся неизменными:

- А) силу увеличили в 4 раза;    Б) силу уменьшили в 2 раза;  
 В) силу увеличили в 2 раза;    Г) силу уменьшили в 4 раза.

5. Как называется напряжение, соответствующее максимальной силе?

- А) предел прочности(временное сопротивление);    Б) предел упругости;  
 В) предел пропорциональности;    Г) предел текучести.

6. По какой из формул определяется коэффициент запаса прочности для пластичного материала?

А)  $n = \frac{\sigma^{\text{пред}}}{\sigma^{\max}}$ ;    Б)  $n = \frac{\sigma_T}{\sigma^{\max}}$ ;    В)  $n = \frac{\sigma_\varepsilon}{[\sigma]}$ ;    Г)  $n = \frac{\sigma^{\max}}{\sigma_T}$

7. В каких координатных осях вычерчивается машинная диаграмма?

- А)  $F - \Delta l$ ;    Б)  $\sigma - \varepsilon$ ;    В)  $\sigma - \Delta l$ ;    Г)  $F - \varepsilon$ .

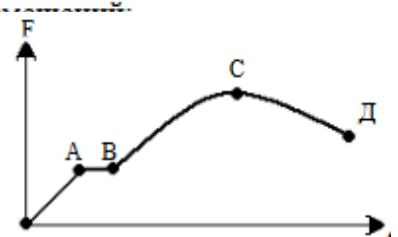
8. Какие напряжения нужно создавать в образце, чтобы при повторном нагружении у него был выше предел пропорциональности?

- А)  $\sigma > \sigma_T$ ;    Б)  $\sigma = \sigma_T$ ;    В)  $\sigma < \sigma_T$ ;    Г) нет правильного ответа.

9. На основании какого принципа тип захвата не оказывает существенного влияния на напряженное состояние точек образца, достаточно удалённых от мест закрепления?

- А) начальных размеров;    Б) возможных перемещений;  
 В) Сен – Венана;    Г) минимума работ

10. Какой участок диаграммы растяжения является зоной текучести?



11. Сущность явления наклёпа:

- А) повышенный предел пропорциональности и большие пластические деформации;
- Б) повышенный предел пропорциональности и меньшие пластические деформации;
- В) большие пластические деформации;
- Г) нет правильного ответа .

12. По какой из формул находятся касательные напряжения в любом сечении сжатого стержня?

А)  $\sigma = \frac{N}{A}$ ;    Б)  $\tau_\alpha = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha$ ;    В)  $\tau_\alpha = -\sigma \cos^2 \alpha$ ;    Г)  $\tau_\alpha = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$ .

13. Растягиваемый стержень заменили другим, тех же размеров, с модулем Юнга в два раза большим. В каком из вариантов относительное удлинение останется прежним:

- А) силу увеличили в 4 раза;
- Б) силу увеличили в 2 раза;
- В) силу оставили неизменной;
- Г) силу уменьшили в 2 раза.

14. По какой из приведённых формул определяются нормальные напряжения при растяжении:

А)  $\sigma = \frac{N}{A}$ ;    Б)  $\sigma^{\max} = \frac{M^{\max}}{W_x} \leq [\sigma]$ ;    В)  $n = \frac{\sigma_T}{\sigma^{\max}}$ ;    Г)  $\sigma_\alpha = \sigma_z \sin^2 \alpha$ .

15. В каких единицах измеряются нормальные и касательные напряжения?

- А) Н/м<sup>3</sup>;
- Б) МПа;
- В) 3) кН/м;
- Г) нет правильного ответа .

16. Какие параметры характеризуют пластичность материала?

- А) наибольшая выдерживаемая нагрузка ;
- Б) относительное остаточное удлинение;
- В) одновременно и  $\Psi$  и  $\delta$ ;
- Г) относительное сужение площади сечения( $\Psi$ ) .

17. Как называется напряжение, до которого остаточная деформация при разгрузке не обнаруживается?

- А) предел прочности ;
- Б) предел упругости ;
- В) предел текучести;
- Г) предел пропорциональности.

18. Два сжатых равными силами стержня отличаются только длиной. У какого деформации больше?

- А) у длинного абсолютная и относительная ;
- Б) у длинного абсолютная, относительные равны;
- В) у короткого абсолютная и относительные равны .

19. В каком сечении сжатого стержня действуют наибольшие касательные напряжения?

- А) в поперечном сечении;
- Б) в наклонных (под углом 45° к поперечному);
- В) в продольных сечениях;
- Г) в наклонных (под углом 60° к поперечному).

ТЕМА:

«ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ»

Перечень вопросов

1. Статический момент сечения относительно оси "X" определяется: А)  $\int_A y dA$  ;  
 Б)  $\int_A y^2 dA$  ;      В)  $\int_A x dA$  ;      Г)  $\int_A x^2 dA$  .
2. Какова размерность статического момента сечения ?  
 А)  $\text{см}^4$  ;      Б)  $\text{см}^2$  ;      В)  $\text{см}^3$  ;      Г)  $\text{см}$  .
3. Чему равен осевой момент инерции прямоугольника с размерами  $B \times h$  относительно центральной оси "y" ?  
 А)  $\frac{hb^3}{12}$  ;      Б)  $\frac{bh^3}{12}$  ;      В)  $\frac{hb^3}{6}$  ;      Г)  $\frac{bh^3}{36}$  .
4. Чему равен осевой момент инерции круга относительно оси, проходящей через его центр тяжести ?  
 А)  $\frac{\pi D^4}{32}$  ;      Б)  $\frac{\pi D^4}{64}$  ;      В)  $\frac{\pi D^3}{16}$  ;      Г)  $\frac{\pi D^3}{32}$  .
5. Осевой момент инерции сечения относительно оси "y" равен :  
 А)  $\int_A x^2 dA$  ;      Б)  $\int_A y^2 dA$  ;      В)  $\int_A x dA$  ;      Г)  $\int_A y dA$  .
6. Какой интеграл определяет полярный момент инерции сечения ?  
 А)  $\int_A xy dA$  ;      Б)  $\int_A y^2 dA$  ;      В)  $\int_A \rho^2 dA$  ;      Г)  $\int_A \rho dA$  .
7. Осевой момент инерции квадрата с размерами  $(a \times a)$  относительно центральной оси "X" равен :  
 А)  $\frac{a^3}{6}$  ;      Б)  $\frac{a^4}{12}$  ;      В)  $\frac{a^4}{6}$  ;      Г)  $a^2$  .
8. Какой знак имеют осевые моменты инерции ?  
 А) положительный;      Б) отрицательный;      В) равен нулю.
9. Какова размерность осевых моментов инерции сечения ?  
 А)  $\text{см}^4$  ;      Б)  $\text{см}^2$  ;      В)  $\text{см}^3$  ;      Г)  $\text{см}$  .
10. Чему равен полярный момент инерции круга относительно его центра?

- A)  $\frac{\pi D^3}{32}$ ;      Б)  $\frac{\pi D^4}{32}$ ;      В)  $\frac{\pi D^3}{16}$ ;      Г)  $\frac{\pi D^4}{64}$ .

11. Чему равна сумма осевых моментов инерции сечения относительно двух взаимно перпендикулярных осей?

- A)  $J_p$ ;      Б)  $J_{xy}$ ;      В)  $S_x$ ;      Г)  $J_x$ .

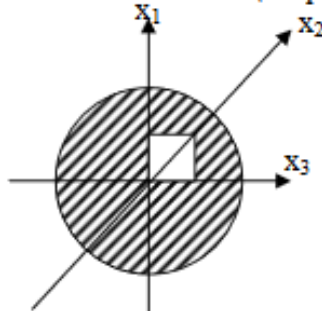
12. Какой момент инерции может принимать отрицательные значения?

- A)  $J_p$ ;      Б)  $J_{xy}$ ;      В)  $J_y$ ;      Г)  $J_x$ .

13. Чему равен статический момент сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения?

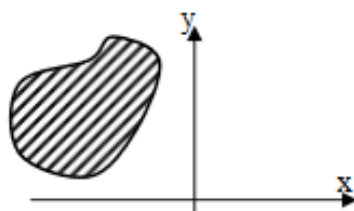
- A)  $S_{\max}$ ;      Б)  $S_{\min}$ ;      В)  $S = 0$ .

14. Какая ось является центральной для данного сечения?



- A)  $x_1$ ;      Б)  $x_2$ ;      В)  $x_3$ .

15. Определить знак центробежного момента инерции данного сечения.

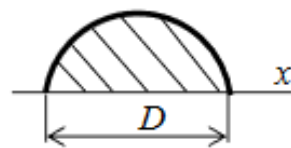


- A)  $J_{xy} > 0$ ;      Б)  $J_{xy} < 0$ ;      В)  $J_{xy} = 0$ .

16. Единицы измерения полярного момента инерции сечения.

- A)  $\text{см}^4$ ;      Б)  $\text{см}^2$ ;      В)  $\text{см}^3$ ;      Г)  $\text{см}$ .

17. Осевой момент инерции полукруга относительно основания равен:



- A)  $\frac{\pi D^4}{32}$ ;      Б)  $\frac{\pi D^4}{64}$ ;      В)  $\frac{\pi D^4}{128}$ ;      Г)  $\frac{\pi D^3}{32}$ .

18. По какой формуле определяются положения главных центральных осей инерции сечения?

- A)  $\text{tg} 2\alpha_0 = \frac{J_{x_i y_i}}{J_{y_i} - J_{x_i}}$ ;      Б)  $\text{tg} \alpha_0 = \frac{2J_{x_i y_i}}{J_{x_i} - J_{y_i}}$ ;      В)  $\text{tg} 2\alpha_0 = \frac{2J_{x_i y_i}}{J_{y_i} - J_{x_i}}$ .

19. Связь между осевыми и полярными моментами инерции

- A)  $J_p = J_x + J_y$ ;      Б)  $J_p = J_x - J_y$ ;      В)  $J_p = J_y - J_x$ .

20. Какова размерность центробежного момента инерции сечения?

- A)  $\text{см}^4$ ;      Б)  $\text{см}^2$ ;      В)  $\text{см}^3$ ;      Г)  $\text{см}$ .

Перечень вопросов

1. Условие прочности при кручении имеет вид:

$$\text{А) } \sigma^{\max} = \frac{M^{\max}}{W_x} \leq [\sigma]; \quad \text{Б) } \sigma^{\max} = \frac{N^{\max}}{A} \leq [\sigma];$$

$$\text{В) } \tau^{\max} = \frac{T^{\max}}{W_p} \leq [\tau]; \quad \text{Г) } \tau = \frac{T_{\text{кр}} \cdot \rho}{J_p}$$

2. Указать выражение, соответствующее жёсткости сечения при кручении

А)  $EJ$ ;      Б)  $GA$ ;      В)  $GJ_p$ ;      Г)  $EA$ .

3. Полярный момент инерции для сплошного круглого сечения определяется:

А)  $\frac{\pi D^4}{64}$ ;      Б)  $\frac{\pi D^3}{32}$ ;      В)  $\frac{\pi D^4}{32}$ ;      Г)  $\frac{\pi D^3}{16}$ .

4. Для кольцевого поперечного сечения полярный момент инерции равен:

А)  $\frac{\pi D^4}{32}(1-\alpha^4)$ ;      Б)  $\frac{\pi D^3}{32}(1-\alpha^4)$ ;      В)  $\frac{\pi D^3}{16}(1-\alpha^4)$ ;      Г)  $\frac{\pi D^4}{64}(1-\alpha^4)$ .

5. Величина  $\frac{d\varphi}{dz} = \theta$  называется:

- А) относительным углом закручивания;      Б) нет правильного ответа;      В) полным углом закручивания;      Г) абсолютным углом закручивания.

6. По какой из формул определяется коэффициент запаса прочности для хрупкого материала?

А)  $n = \frac{\sigma^{\text{пред}}}{\sigma^{\max}}$ ;      Б)  $n = \frac{\tau_s}{\tau^{\max}}$ ;      В)  $n = \frac{[\tau]}{\tau_s}$ ;      Г)  $n = \frac{\sigma_T}{\sigma^{\max}}$

7. Два вала одинаковой длины и диаметра, но из разных материалов ( $G_2=2G_1$ ), закручивается на одинаковый угол. Каково отношение крутящих моментов  $T_1 : T_2$  ?

- А) 2;      Б) 1;      В) 0,25;      Г) 0,5.

8. Стальной скручиваемый вал заменили таким же, но медным, как изменятся напряжения?

- А) не изменятся;      Б) увеличатся в два раза;      В) уменьшатся в два раза;      Г) нет правильного ответа.

9. Условие жесткости при кручении имеет вид:

А)  $\varphi = \frac{T \cdot l}{GJ_p}$ ;      Б)  $\theta = \frac{T}{GJ_p} \leq [\theta]$ ;      В)  $\tau^{\max} = \frac{T^{\max}}{W_p} \leq [\tau]$ ;      Г)  $\tau = \frac{T \cdot \rho}{J_p}$ .

10. По какой из приведенных формул определяются касательные напряжения в произвольной точке поперечного сечения ?

А)  $\tau = \frac{T}{W_p}$ ;      Б)  $\tau = \frac{T \cdot J_p}{\rho}$ ;      В)  $\tau^{\max} = \frac{T^{\max}}{W_p} \leq [\tau]$ ;      Г)  $\tau = \frac{T \cdot \rho}{J_p}$ .

11. Какой математической зависимостью связаны физические величины  $E$ ,  $\mu$  и  $G$ ?

А)  $G = \frac{E}{1+\mu}$ ;      Б)  $G = \frac{2(1+\mu)}{E}$ ;      В)  $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ ;      Г)  $\mu = \frac{2G}{E} + 1$ .



12. Крутящий момент увеличили в 16 раз. Как следует изменить диаметр вала, чтобы не изменился угол закручивания?

- А) увеличить в 3 раза;                      Б) увеличить в 2 раза;  
В) уменьшить в 2 раза;                      Г) увеличить в 4 раза.

13. Какое из приведенных выражений будет соответствовать проекровочному расчету при кручении ?

А)  $W_p \geq \frac{T}{[\tau]}$ ;      Б)  $T \leq W_p [\tau]$ ;      В)  $\tau^{\max} = \frac{T^{\max}}{W_p} \leq [\tau]$ ;      Г)  $\tau = \frac{T \cdot \rho}{J_p}$ .

14. Как вычисляется по заданной мощности (в кВт) к числу оборотов (об/мин) момент, передаваемый шкивом?

А)  $T = 7028 \frac{N}{n}$ ;      Б)  $T \leq W_p [\tau]$ ;      В)  $T = 9549 \frac{N}{n}$ ;      Г)  $T = 702 \frac{N}{n}$ .

15. Вычислить полярный момент инерции для круглого сечения диаметром  $D = 4$  см.

А)  $J_p = 256 \text{ см}^4$ ;      Б)  $J_p = 12,56 \text{ см}^4$ ;      В)  $J_p = 25,1 \text{ см}^4$ ;      Г)  $J_p = 2,51 \text{ см}^4$ .

16. Какое из приведенных выражений соответствует полярному моменту сопротивления ?

А)  $\frac{J_p}{\rho^{\max}}$ ;      Б)  $\frac{J_x}{y^{\max}}$ ;      В)  $\frac{J_y}{x^{\max}}$ ;      Г)  $\frac{\rho^{\max}}{J_p}$ .

17. По какой формуле определяется коэффициент запаса прочности для пластичного материала?

А)  $n = \frac{\sigma^{\text{пред}}}{\sigma^{\max}}$ ;      Б)  $n = \frac{\tau_T}{\tau^{\max}}$ ;      В)  $n = \frac{[\tau]}{\tau_T}$ ;      Г)  $n = \frac{\sigma_B}{\sigma^{\max}}$ .

18. Какая существует связь между  $J_p$  и  $J_x$  для круга?

А)  $J_p = J_x$ ;      Б)  $J_p = 2 J_x$ ;      В)  $J_p = 4 J_x$ ;      Г)  $2 J_p = J_x$ .

19. Закон Гука при сдвиге имеет вид:

А)  $\sigma = E \varepsilon$ ;      Б)  $\tau = G \gamma$ ;      В)  $\tau^{\max} = \frac{T^{\max}}{W_p} \leq [\tau]$ ;      Г)  $\tau = \frac{T \cdot \rho}{J_p}$ .

20. Какое из приведенных выражений будет соответствовать проверочному расчету при кручении ?

А)  $T \leq W_p [\tau]$ ;      Б)  $W_p \geq \frac{T}{[\tau]}$ ;      В)  $\tau^{\max} = \frac{T^{\max}}{W_p} \leq [\tau]$ ;      Г)  $\tau = \frac{T \cdot \rho}{J_p}$ .

#### ТЕМА: «ИЗГИБ»

##### Перечень вопросов

1. Возникновением каких внутренних силовых факторов характеризуется прямой поперечный изгиб?

- А)  $M_{\text{изг}}$ ;      Б)  $M_{\text{изг}}$  и  $Q$ ;      В)  $Q$ ;      Г) нет правильного ответа.

2. Как называется внутренний силовой фактор, численно равный сумме поперечных внешних сил, приложенных к балке по одну сторону от рассматриваемого сечения?

- А) осевая сила;                              Б) крутящий момент;  
В) изгибающий момент;                      Г) поперечная сила.

3. Назовите внутренний силовой фактор, численно равный сумме моментов внешних сил, приложенных по одну сторону от рассматриваемого сечения относительно центра тяжести этого сечения.

- А) осевая сила;                      Б) крутящий момент;  
В) изгибающий момент;            Г) поперечная сила.

4. Возникновением каких внутренних силовых факторов характеризуется прямой чистый изгиб?

- А)  $M_{изг}$ ;            Б)  $M_{изг}$  и  $Q$ ;            В)  $Q$ ;            Г) нет правильного ответа.

5. По какому закону меняется по длине оси бруса поперечная сила и изгибающий момент при отсутствии распределенной нагрузки?

- А)  $Q=0$ , изгибающий момент имеет постоянное значение;  
Б) сила имеет постоянное значение, изгибающий момент меняется по линейному закону;  
В) поперечная сила меняется по линейному закону, а изгибающий момент – по закону квадратной параболы.

6. По какому закону меняется по длине оси бруса поперечная сила и изгибающий момент на участках бруса, на которых действует равномерно распределённая нагрузка?

- А)  $Q=0$ , изгибающий момент имеет постоянное значение;  
Б) сила имеет постоянное значение, изгибающий момент меняется по линейному закону;  
В) поперечная сила меняется по линейному закону, а изгибающий момент – по закону квадратной параболы.

7. Чему равна горизонтальная опорная реакция горизонтальной балки при вертикальной нагрузке?

- А) зависит от внешней нагрузки;            Б) нулю;  
В) величине вертикальной нагрузки;            Г) нет правильного ответа.

8. Чему равна поперечная сила в сечениях бруса, в которых изгибающий момент достигает экстремальных значений?

- А) 0;            Б)  $Q^{max}$ ;            В) не зависит.

9. Первая производная от изгибающего момента по длине балки равна:

- А) поперечной силе;            Б) изгибающему моменту;  
В) интенсивности равномерно распределенной нагрузки.

10. На участке балки, производная от момента по координате сечения  $\frac{dM}{dz} = 0$ .

Какой изгиб испытывает балка, если все силы лежат в главной плоскости инерции на этом участке?

- А) плоский изгиб;                      Б) поперечный изгиб;  
В) чистый изгиб;                      Г) нет правильного ответа.

11. Вторая производная от изгибающего момента по длине балки равна:

- А) поперечной силе;            Б) изгибающему моменту;  
В) интенсивности равномерно распределенной нагрузки.

12. Первая производная от поперечной силы по длине балки равна:

- А) поперечной силе;            Б) изгибающему моменту;  
В) интенсивности равномерно распределенной нагрузки.

13. Дифференциальные зависимости при изгибе между поперечной силой и изгибающим моментом:

- А)  $q=Q'$ ;      Б)  $M=Q'$ ;      В)  $Q=M'$ ;      Г)  $Q=M$ .

14. По какой из приведённых формул вычисляются нормальные напряжения при плоском изгибе в произвольной точке сечения.

- А)  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ ;      Б)  $\sigma = \frac{M \cdot y}{J_x}$ ;      В)  $\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x}$ ;      Г)  $\sigma = \frac{N}{A}$ .

15. Какие напряжения в поперечных сечениях балки изменяются по линейному закону по высоте сечения?

- А)  $\tau$ ;      Б)  $\sigma$ ;      В)  $\tau$  и  $\sigma$ ;      Г) нет правильного ответа.

16. Условие прочности при изгибе имеет вид:

- А)  $\sigma^{\max} = \frac{M^{\max}}{W_x} \leq [\sigma]$ ;      Б)  $\sigma = \frac{M \cdot y}{J_x}$ ;      В)  $\sigma^{\max} = \frac{N^{\max}}{A} \leq [\sigma]$ ;      Г)  $\tau^{\max} = \frac{T^{\max}}{W_p} \leq [\tau]$ .

17. Поперечные сечения бруса, плоские и нормальные к его оси до деформации, остаются плоскими и нормальными к оси и после деформации. Что за гипотеза сформулирована?

- А) суперпозиции;      Б) начальных размеров;  
В) Бернулли (плоских сечений);      Г) нет правильного ответа.

18. Как изменятся напряжения, если стальную балку заменили такой же медной?

- А) уменьшатся;      Б) не изменятся;      В) увеличатся.

19. Разделив изгибающий момент на осевой момент сопротивления, получим:

- А) нормальное напряжение;      Б) допускаемую силу;  
В) момент инерции;      Г) касательное напряжение

20. По какой формуле определяются максимальные нормальные напряжения при изгибе?

- А)  $\sigma^{\max} = \frac{E \cdot y}{\rho}$ ;      Б)  $\sigma^{\max} = \frac{M}{W_x}$ ;      В)  $\sigma^{\max} = \frac{M \cdot y}{J_x}$ ;      Г)  $\sigma = \frac{N}{A}$ .

### 3. Примерный список вопросов на экзамен

- Введение. Понятие о предмете сопротивления материалов; цель и задачи курса.
- Понятия о реальном объекте и расчетной схеме. Исходные гипотезы и допущения.
- Метод сечений. Внутренние силы.
- Понятие о напряжении.
- Растяжение–сжатие прямого бруса. Определение продольных усилий, напряжений, подбор сечений.
- Закон Гука. Расчет на жесткость.
- Поперечные деформации при растяжении–сжатии.



- Испытание на растяжение и сжатие. Диаграмма растяжения–сжатия.
- Коэффициент запаса при растяжении–сжатии.
- Потенциальная энергия при растяжении–сжатии.
- Интеграл Мора при растяжении–сжатии.
- Статически неопределимые задачи шарнирно- стержневых систем при растяжении–сжатии.
- Растяжение–сжатие при наличии пластических деформаций. Диаграмма Прандтля.
- Статически-неопределимые системы растяжения–сжатия при наличии пластических деформаций. Расчет предельных нагрузок.
- Конструктивный расчет при наличии пластических деформаций систем растяжения-сжатия.
- Напряжения в наклонных сечениях при растяжении–сжатии.
- Закон парности касательных напряжений.
- Закон Гука при сдвиге. Связь упругих постоянных  $G$ ,  $\mu$ ,  $E$ .
- Геометрические характеристики плоских сечений. Общие понятия и определения.
- Определение центра тяжести сечения.
- Изменение осевых и центробежного момента инерция при параллельном переносе осей.
- Изменение моментов инерции при повороте осей. Главные моменты инерции.
- Геометрические характеристики простейших фигур (прямоугольник, треугольник, окружность).
- Кручение бруса круглого поперечного сечения. Эпюры моментов, касательных напряжений и углов закручивания. Подбор диаметров вала.
- Кручение стержня с кольцевым сечением (труба).
- Испытание на кручение. Диаграмма сдвига и ее характерные точки. Понятие о допускаемом напряжении  $\tau$ .
- Потенциальная энергия деформации при кручении.
- Интеграл Мора для систем, работающих на кручение.
- Правило Верещагина (графоаналитический метод вычисления интеграла Мора).
- Статически неопределимая задача кручения.
- Упруго-пластическое кручение бруса круглого поперечного сечения. Предельный момент при кручении, конструктивный расчет диаметра.
- Изгиб прямого бруса. Общие понятия и определения.
- Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе. Дифференциальные зависимости Журавского.

- Прямой чистый изгиб. Определение нормальных напряжений. Расчеты на прочность при изгибе.
- Моменты сопротивления изгибу (прямоугольник, круг, сложный профиль). Понятие о рациональности сечения при изгибе.
- Нормальные напряжения при поперечном изгибе. Оценка касательных напряжений.
- Основы расчетов на жесткость при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси и его интегрирование.
- Потенциальная энергия деформации при изгибе.
- Интеграл Мора при изгибе. Использование правила Верещагина.
- Определение перемещение в статически определимом брус (раме).
- Сдвиг. Статическая, геометрическая и физическая сторона задачи.
- Расчет заклепочных соединений.
- Расчет сварных соединений.
- Проектирование равнопрочных многопролетных балок с промежуточными шарнирами.
- Учет упруго-пластичных деформаций в статически определимых и статически неопределимых балках.
- Статически неопределимые задачи изгиба балок. Метод сил.
- Критерии выбора основной системы при расчете по методу сил.
- Система канонических уравнений метода сил.
- Расчет статически неопределимых балок методом сил на силовые воздействия.
- Расчет статически неопределимых балок методом сил на осадки опор.
- Расчет статически неопределимых балок методом сил на температурные перепады.
- Косой изгиб. Расчет на прочность.
- Внецентренное растяжение–сжатие.
- Ядро сечения.
- Определение перемещений при косом изгибе и внецентренном растяжении–сжатии.
- Основы расчетов на прочность при сложном напряженном состоянии. Понятия об эквивалентном напряжении.
- Гипотезы пластичности и разрушения (теории прочности).
- Определение эквивалентного напряжения в упрощенном плоском напряженном состоянии по 3-й и 4-й теориям прочности.
- Основы расчетов на устойчивость. Задача Эйлера определения критической силы для стойки.

- Расчет стоек малой гибкости. Формула Ясинского.
- Расчет на устойчивость по коэффициенту снижения допускаемых напряжений  $\varphi$ .
- Определение пределов выносливости при симметричном и асимметричном циклах.
- Влияние основных факторов на предел выносливости (концентрация напряжений, состояние поверхности, размеры образцов и т.д.).
- Определение деформаций и напряжений в упругих деталях при внезапном приложении нагрузки.
- Расчет упругого тела при колебаниях: проверка на прочность, выносливость и на резонанс.

#### **4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы**

Организуя свою учебную работу, студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

##### *1. Работа с учебными пособиями.*

Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

##### *2. Самостоятельное изучение тем.*

Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной

переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, написание рефератов, выступление с докладом, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту и экзамену.

### *3. Подготовка к практическим занятиям.*

При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется следовать методическим рекомендациям по работе с учебными пособиями, приведенным выше.

### *4. Составление конспектов.*

В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания используются схемы и таблицы.

### *5. Подготовка к зачету / экзамену.*

При подготовке к зачету / экзамену студенты должны использовать как самостоятельно подготовленные конспекты, так и материалы, полученные в ходе лекций. Для получения зачета по дисциплине необходимо набрать минимум 50 баллов в течение семестра (минимальная оценка – удовлетворительно), в противном случае зачет считается не сданным. Экзамен студенты могут сдавать в виде теста, письменной контрольной работы или устного ответа по вопросам, представленным в данной программе. Для получения положительной оценки на экзамене необходимо продемонстрировать знания, не ниже базового (минимального) уровня. Процедура оценивания знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности обучающихся по дисциплине производится в рамках балльно-рейтинговой системы, включая рубежную и текущую аттестации. Согласно подходам балльно-рейтинговой системы в рамках оценки знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности дисциплины установлены следующие аспекты.

Содержание учебной дисциплины в рамках одного семестра делится на два модуля (периода обучения). По окончании модуля (периода обучения) осуществляется рейтинговый контроль успеваемости знаний студентов.

Сроки проведения рейтингового контроля:

осенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 8-9 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса;

весенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 31-32 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль

успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса.

Максимальное количество баллов, которое может быть получено в результате освоения дисциплины, составляет 100 баллов. Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, 60 баллов отводится на текущий контроль (например, по 30 баллов на каждый модуль) и 40 баллов на промежуточную аттестацию. Для дисциплин, заканчивающихся зачетом, общее количество баллов делится между первым и вторым модулями (например, по 50 баллов на каждый модуль).

Максимальная сумма рейтинговых баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам промежуточной аттестации составляет 40 баллов.

Студент, набравший от 20 до 49 баллов включительно, сдает экзамен. Студенту, набравшему менее 20 баллов, в экзаменационной ведомости ставится оценка «неудовлетворительно». Применяется следующая шкала перевода баллов в оценки: от 50 до 69 – удовлетворительно, от 70 до 84 – хорошо, от 85 и выше – отлично.

## VII. Материально-техническое обеспечение

Для аудиторной работы

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практических занятий, № 304 (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Набор учебной мебели, экран, комплект аудиотехники (радиосистема, стационарный микрофон с настольным держателем, усилитель, микшер, акустическая система), проектор, ноутбук.
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практических занятий,	Набор учебной мебели, экран, компьютер, проектор, МФУ.

№ 3 л (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	
---	--

Для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы, компьютерный класс общего доступа 4б (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Компьютер, экран, проектор, кондиционер.
--	---

**VIII . Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в программное обеспечение	От 24.08.2023 года, протокол № 1 ученого совета факультета