



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

**УТВЕРЖДАЮ**  
**И.о. проректора**

\_\_\_\_\_ **А.В. Троицкий**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ***

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ  
«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки:** 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

**Направленность (профиль):** Автоматизация производственных процессов

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Королёв  
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

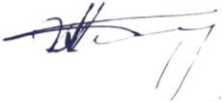
**Автор: Фролова А.А. Рабочая программа дисциплины: «Сопроотивление материалов». – Королев МО: «Технологический университет», 2023**

**Рецензент: д.т.н., профессор Евдокимов А.П.**

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол №9 от 11.04.2023 г.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Мороз А.П. д.т.н., с.н.с. 			
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026
Номер и дата протокола заседания кафедры	№9 от 28.03.23			

Рабочая программа согласована: 

Руководитель ОПОП ВО \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Т.Н.Архипова

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:**

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026
Номер и дата протокола заседания УМС	№5 от 11.04.2023 г.			

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

**Целью** изучения дисциплины является:

- формирование у студентов знаний в области сопротивления материалов, обеспечение базы инженерной подготовки, теоретическая и практическая подготовка в области механики деформируемого твёрдого тела, развитие инженерного мышления.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции.

**Общепрофессиональные компетенции:**

ОПК-7 Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении;

ОПК-10 Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах;

ОПК-13 Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основ проектирования и современных методов расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов машин и конструкций для использования полученных в области прочности знаний в практической инженерной деятельности.

**Основными задачами** дисциплины являются:

- овладение теоретическими основами и практическими методами расчётов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций и машин;

- овладение основными законами механики деформируемого твёрдого тела, методами и приёмами решения конкретных прочностных задач при различных видах деформации;

- формирование навыков механических испытаний образцов различных материалов и деталей машин;

- развитие способности использовать расчёты на прочность и жёсткость при проектировании машиностроительных изделий заданного качества при наименьших затратах материала.

После завершения освоения данной дисциплины студент должен:

ОПК-7.1.

ОПК-7.2.

ОПК-7.

ОПК-10.1.

ОПК-10.2. Способен выбирать технические средства контроля и реализации производственной и экономической безопасности на рабочих местах;

ОПК-10.3..

ОПК-13.1.;

ОПК-13.2.

ОПК-13.3. Способен использовать методы анализа и прогнозирования качества изделий и объектов.

#### **Трудовые действия:**

- Контролирует и обеспечивает соблюдение производственной и экологической безопасности на рабочих местах;
- Способен проводить контроль качества продукции машиностроения;
- Применяет современные методы для разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий;

#### **Необходимые умения:**

- Способен применять современное техническое и программное обеспечение для контроля качества мехатронных и робототехнических систем
- Способен определять вредные и опасные воздействия технологических процессов на работника и разрабатывать эффективные технологические процессы.

#### **Необходимые знания:**

- Знает нормативные документы в сфере производственной и экологической безопасности и методы контроля их соблюдения
- Применяет методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении;

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина относится к обязательной части блока основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Дисциплина реализуется кафедрой Техники и технологии.

Изучение данной дисциплины базируется на ранее изученной дисциплине «Физика», «Теоретическая механика», «Математический анализ» и компетенциях: УК-1,6, ОПК-1,2,8,10,11.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины «Сопротивление материалов», являются базовыми при изучении дисциплины «Детали машин и основы конструирования», прохождения практики, государственной итоговой аттестации и выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

## **3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной формы составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

**Таблица 1**

<b>Виды занятий</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Семестр 4</b>	<b>Семестр ...</b>	<b>Семестр ...</b>	<b>Семестр ...</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>180</b>	<b>180</b>			
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>					
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>64</b>	<b>64</b>			
Лекции (Л)	32	32			
Практические занятия (ПЗ)	16	16			

Лабораторные работы (ЛР)	16	16			
Практическая подготовка	-	-			
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>116</b>	<b>116</b>			
<b>Курсовые, расчетно-графические работы</b>	-	-			
<b>Контрольная работа, домашнее задание</b>	+	+			
<b>Текущий контроль знаний</b>	+	+			
<b>Вид итогового контроля</b>	Экзамен	Экзамен			

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час, очн/очн-заоч	Практ. занятия час, очн/очн-заоч	Лабораторн. занятия час, очн/очн-заоч	Занятия в интеракт. форме, час очн/очн-заоч	Практическая подготовка, час Очная /заочная форма	Код компетенций
<b>Семестр 4/ Курс 2</b>						
1. Введение.	2/-	1/-		0		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
2. Растяжение и сжатие	2/-	1/-	2/-	1/-		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
3. Основы теории напряженного и деформированного состояния	3/-	1/-	1/-	0		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
4. Геометрические характеристики плоских сечений	3/-	1/-	1/-	0		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
5. Сдвиг и кручение	4/-	2/-	2/-	1/-		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
6. Изгиб	4/-	2/-	2/-	1/-		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
7. Перемещения при изгибе	2/-	2/-	2/-	1/-		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
8. Статически неопределимые системы	2/-	2/-	2/-			ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
9. Сложное сопротивление	2/-	1/-	1/-	1/-		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13

10. Устойчивость сжатых стержней	2/-	1/-	1/-	1/-		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
11. Динамическое действие нагрузки	4/-	1/-	1/-	1/-		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
12. Расчёт на прочность при циклически изменяющихся напряжениях	4/-	1/-	1/-	1/-		ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13
<b>Итого:</b>	<b>32/-</b>	<b>16/-</b>	<b>16/-</b>	<b>8/-</b>	-	

## 4.2. Содержание тем дисциплины

**Тема 1. Введение.** Задачи курса «Сопротивление материалов». Связь курса с общеинженерными и специальными дисциплинами. Внешние силы и их классификация. Расчетные схемы. Внутренние силы и методы их определения. Эпюры внутренних сил.

Основные гипотезы о деформируемом теле. Понятие напряженного деформированного состояния. Деформации линейные и угловые.

**Тема 2. Растяжение и сжатие.** Закон Гука. Расчет на прочность и жесткость стержней при растяжении – сжатии. Механические характеристики материалов. Модуль продольной упругости. Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.

Механические свойства материалов при сжатии. Диаграммы сжатия пластичных и хрупких материалов.

Действительные и допускаемые напряжения. Выбор допускаемых напряжений при расчете на прочность пластичных и хрупких материалов.

Коэффициент запаса прочности. Действительный запас прочности.

Расчет на допускаемые деформации при растяжении и сжатии.

Потенциальная энергия при растяжении и сжатии.

**Тема 3. Основы теории напряженного и деформированного состояния.** Плоское и объемное напряженное состояние. Деформации при объемном напряженном состоянии. Потенциальная энергия деформации. Понятие о главных площадках и главных напряжениях. Виды напряженного состояния.

Исследование плоского напряженного состояния. Закон парности касательных напряжений. Напряжения на наклонных площадках. Определение главных напряжений и главных площадок при плоском напряженном состоянии. Наибольшие касательные напряжения. Обобщенный закон Гука.

**Тема 4. Геометрические характеристики плоских сечений.** Статический момент плоской фигуры. Центр тяжести сечения. Осевой, центробежный и полярный моменты инерции для параллельных осей. Изменение осевых и центробежных моментов инерции при повороте координатных осей. Главные оси инерции. Главные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных профилей.

**Тема 5. Сдвиг и кручение.** Сдвиг. Расчеты на срез. Напряжение при сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Срез. Основное расчетное уравнение при расчете на срез. Потенциальная энергия при сдвиге.

Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Понятие о крутящем моменте и эпюры крутящих моментов. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания. Основные расчетные уравнения на прочность и жесткость. Определение допускаемых напряжений. Потенциальная энергия деформации при кручении.

**Тема 6. Изгиб.** Расчет на прочность и жесткость стержней при изгибе. Виды изгибов. Внешние силы, вызывающие изгиб и виды нагрузок. Опоры и опорные реакции. Изгибающий момент и поперечная сила. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил. Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки.

Нормальные напряжения при изгибе. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси бруса. Жесткость при изгибе.

Касательные напряжения при изгибе (формула Д. И. Журавского).

Главные напряжения при изгибе. Расчет на прочность при изгибе. Основные расчетные уравнения на прочность. Проверочные уравнения на прочность.

**Тема 7. Перемещения при изгибе.** Сложное сопротивление. Энергетические теоремы и их применение. Теорема Кастильяно. Теорема Лагранжа. Интеграл Мора и способ Верещагина по его вычислению. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Вывод обобщенного уравнения упругой линии балки. Физический смысл постоянных интегрирования.

**Тема 8. Статически неопределимые системы.** Статически неопределимые системы. Способы раскрытия статической неопределимости. Статически неопределимые задачи при изгибе, растяжении и кручении. Выбор основной системы. Уравнения совместности деформаций.

**Тема 9. Сложное сопротивление.** Общий случай действия сил на брус. Внутренние силовые факторы. Определение нормальных и касательных напряжений, перемещений.

Косой изгиб. Определение нормальных напряжений. Положение нейтральной линии. Опасные точки в сечении. Условие прочности. Определение прогиба. Внецентренное сжатие - частный и общий случай. Уравнение нейтральной линии. Эпюра напряжений. Ядро сечения. Совместное действие кручения и изгиба. Определение напряжений и условие прочности при изгибе с кручением.

**Тема 10. Устойчивость сжатых стержней.** Понятие о предельном состоянии. Понятие устойчивости и неустойчивости стержней. Задачи Эйлера. Устойчивость сжатых стержней. Понятие о критической нагрузке. Формула Эйлера для различных случаев опорных закреплений. Понятие о гибкости и приведенной длине стержня. Пределы применимости формулы Эйлера. Понятие о потере устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Ясинского, пределы ее применимости. Полный график критических напряжений. Расчет на устойчивость по коэффициенту уменьшения основного допускаемого напряжения на сжатие. Выбор типа сечения и материала.

**Тема 11. Динамическое действие нагрузки.** Расчет на прочность при динамическом нагружении. Движение тела с постоянным ускорением. Динамический коэффициент. Внезапное приложение нагрузки. Ударные нагрузки. Продольный удар. Изгибающий удар.

**Тема 12. Расчет на прочность при циклически изменяющихся напряжениях.** Явление усталости материалов. Предел выносливости. Усталость и долговечность. Циклы переменных напряжений и их основные характеристики. Кривые выносливости.

Факторы, влияющие на предел выносливости детали: концентрация напряжений, масштабный фактор, состояние поверхности, число циклов нагружений. Влияние степени асимметрии цикла. Диаграмма предельных амплитуд.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине**

1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Сопrotивление материалов».
2. Рабочая тетрадь.
3. Практикум.

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



Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Сопротивление материалов» приведена в Приложении 1.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **Основная литература:**

- 1.1. Сопротивление материалов : учебник / П.А. Павлов, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников, В.А. Шерстнев ; под ред. Б.Е. Мельникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 556 с. — ISBN 978-5-8114-4208-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116013>
2. Куликов, Ю. А. Сопротивление материалов. Курс лекций : учебное пособие / Ю. А. Куликов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-2449-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167372> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Степин, П. А. Сопротивление материалов : учебник / П. А. Степин. — 13-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1038-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168383> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **Дополнительная литература:**

1. Сопротивление материалов : учебно-методическое пособие / И. Н. Миролюбов, Ф. З. Алмаметов, Н. А. Курицин, И. Н. Изотов. — 9-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0555-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168607> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кузьмин, Л. Ю. Сопротивление материалов : учебное пособие / Л. Ю. Кузьмин, В. Н. Сергиенко, В. К. Ломунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-2056-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168995> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Сопротивление материалов : учебно-методическое пособие / И. Н. Миролюбов, Ф. З. Алмаметов, Н. А. Курицин, И. Н. Изотов. — 9-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0555-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168607> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### **Интернет-ресурсы:**

[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

[www.rucont.ru](http://www.rucont.ru)

[www.znaniyum.com](http://www.znaniyum.com)

[www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приведены в Приложении 2.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**Перечень программного обеспечения:** *MSOffice, Excel, ANSYS, SolidWorks.*

**Информационные справочные системы:** не предусмотрены курсом дисциплины

**Ресурсы информационно-образовательной среды Университета.**

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Сопротивление материалов».

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

### **Лекционные занятия:**

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

### **Практические занятия:**

- компьютерный класс с проектором для интерактивного обучения и проведения лекций в форме слайд-презентаций, оборудованный современными лицензионными программно-техническими средствами: операционная система не ниже Windows 7; офисные программы MSOffice 10;
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

Проведение компьютерного тестирования может осуществляться в компьютерном классе университета, а также с использованием возможностей информационно-обучающей среды.



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московской области

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова

## Приложение 1

***ИНСТИТУТ  
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ***

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ**

**«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

(Приложение 1 к рабочей программе)

**Направление подготовки:** 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

**Профиль:** Автоматизация производственных процессов

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Королёв  
2023

# 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Таблица 1

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции, (или ее части), обучающийся приобретает:		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	ОПК-7	Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении;	Темы 1-12	Применяет методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении и	Применяет современные методы для разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий;	Способен определять вредные и опасные воздействия технологических процессов на работника и разрабатывать эффективные технологические процессы.
2	ОПК-10.	Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах;	Темы 1-12	Контролирует и обеспечивает соблюдение производственной и экологической безопасности на рабочих местах;	Способен выбирать технические средства контроля и реализации производственной и экономической безопасности на рабочих местах;	Знает нормативные документы в сфере производственной и экологической безопасности и методы их контроля и соблюдения.
3	ОПК-13	Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности;	Темы 1-12	Способен применять современное техническое и программное обеспечение для контроля качества мехатронных и робототехнических систем;	Способен проводить контроль качества продукции машиностроения;	Способен использовать методы анализа и прогнозирования качества изделий и объектов.

**1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.**

<b>Характеристика уровней освоения компетенции</b>			
<b>Уровни</b>		<b>Содержание</b>	<b>Проявления</b>
<i>Компетенция не сформирована</i>		Результаты обучения свидетельствуют об усвоении обучающимися некоторых, элементарных знаний основных вопросов	Допущенные ошибки и неточности показывают, что обучающиеся не овладели необходимой системой знаний
<i>Базовый</i>		Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями	Обучающийся способен понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практикоориентированных задач
<i>Продвинутый</i>		Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного выполнения трудовых действий, владения учебным материалом, учебными умениями и навыками	Обучающийся способен анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практикоориентированных ситуациях
<i>Высокий</i>		Высокий уровень является основой для формирования универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций; соответствующих требованиям федерального государственного образовательного стандарта	Обучающийся способен использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практикоориентированных ситуациях
Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Этапы и показатель оценивания компетенции	Критерии оценивания компетенции на различных этапах формирования и шкалы оценивания
ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13	Задачи	<i>А) полностью сформирована (компетенция, освоена на высоком уровне) - 5 баллов Б) частично</i>	<i>Например: Проводится в письменной форме. 1. Выбор оптимального метода решения задачи (1балл).</i>

		<p><i>сформирована:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>компетенция освоена на продвинутом уровне - 4 балла;</i></li> <li>• <i>компетенция освоена на базовом уровне - 3 балла;</i></li> </ul> <p><i>В) не сформирована компетенция не сформирована) - 2 и менее баллов</i></p>	<p><i>2. Умение применить выбранный метод (1балл).</i></p> <p><i>3. Логический ход решения правильный, но имеются арифметические ошибки в расчетах (1балл).</i></p> <p><i>4. Решение задачи и получение правильного результата (2 балла).</i></p> <p><i>5. Задача не решена вообще (0 баллов).</i></p> <p><i>Максимальная оценка - 5 баллов.</i></p>
ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13	Тест	<p><i>А) полностью сформирована (компетенция освоена на высоком уровне) - 90% правильных ответов</i></p> <p><i>Б) частично сформирована:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>компетенция освоена на продвинутом уровне- 70% правильных ответов;</i></li> <li>• <i>компетенция освоена на базовом уровне- от 51% правильных ответов;</i></li> </ul> <p><i>В) не сформирована (компетенция не сформирована) - менее 50% правильных ответов</i></p>	<p><i>Проводится письменно. Время, отведенное на процедуру - 30 минут. Неявка — 0 баллов.</i></p> <p><i>Критерии оценки определяются процентным соотношением.</i></p> <p><i>Неудовлетворительно - менее 50% правильных ответов.</i></p> <p><i>Удовлетворительно - от 51 % правильных ответов.</i></p> <p><i>Хорошо - от 70%.</i></p> <p><i>Отлично - от 90%.</i></p> <p><i>Максимальная оценка – 5 баллов</i></p>
ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13	Лабораторные работы	<p><i>А) полностью сформирована (компетенция освоена на высоком уровне) – 5 баллов</i></p> <p><i>Б) частично сформирована:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>компетенция освоена на продвинутом уровне – 4 балла;</i></li> <li>• <i>компетенция освоена на базовом уровне</i></li> </ul>	<p><i>Например:</i></p> <p><i>1. Оформление в соответствии с требованиями (1 балл).</i></p> <p><i>2. Выбор методов измерений и вычислений (1 балл).</i></p> <p><i>3. Умение применять выбранные методы (1 балл).</i></p> <p><i>4. Анализ и выводы, отражающие суть</i></p>

		– 3 балла; В) не сформирована (компетенция не сформирована) – 2 и менее баллов	изучаемого явления с указанием конкретных результатов (2 балла). Максимальная оценка – 5 баллов.
--	--	--	--

### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **3.1. Примерная тематика докладов в презентационной форме**

1. Продольные и поперечные деформации.
2. Перемещения с учётом температуры и собственного веса стержня.
3. Статически неопределимые стержневые системы.
4. Исследование плоского напряжённого состояния с помощью круга Мора.
5. Объёмная деформация и потенциальная энергия деформации.
6. Объёмная деформация и потенциальная энергия деформации при чистом сдвиге.
7. Вычисление моментов инерции сложных сечений.
8. Статически неопределимые задачи при кручении.
9. Формулы Журавского.
10. Центр изгиба прямого бруса.
11. Косой изгиб.
12. Внецентренное растяжение и сжатие.
13. Внутренние усилия в поперечных сечениях кривых брусьев.
14. Интеграл Мора и способ Верещагина.
15. Каноническое уравнение метода сил.
16. Потеря устойчивости стержней при напряжениях, превышающих предел пропорциональности.
17. Колебания систем с одной степенью свободы.
18. Диаграмма предельных амплитуд напряжений.
19. Расчёт на прочность при переменных напряжениях.
20. Расчёт бесконечно длинной балки, лежащей на сплошном упругом основании.

#### **3.2. Примерная тематика реферата**

1. Внешние и внутренние силы. Метод сечений.
2. Растяжение и сжатие прямого бруса.
3. Геометрические характеристики плоских сечений.
4. Механические характеристики конструкционных материалов.
5. Основы теории напряжённого состояния.
6. Основы теории деформированного состояния.

7. Деформация сдвига.
8. Деформация кручения.
9. Деформация чистого сдвига.
10. Деформация поперечного сдвига.
11. Теории прочности.
12. Сложное сопротивление.
13. Общие методы определения перемещений.
14. Статически неопределимые системы.
15. Элементы теории тонкостенных оболочек.
16. Расчёт конструкций по предельным состояниям.
17. Устойчивость сжатых стержней.
18. Упругие колебания.
19. Явление усталости в конструкционных материалах.
20. Расчёты на ударную нагрузку.

**4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Формой контроля знаний по дисциплине «Сопротивление материалов» являются две текущие аттестации в виде тестов и экзамен.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающих знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
в соответствии с учебным планом	тестирование	ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13	25 вопросов	Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру - 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка - 0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.



в соответствии с учебным планом	тестирование	ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13	25 вопросов	Компьютерное тестирование; время, отведенное на процедуру – 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.
в соответствии с учебным планом	Экзамен	ОПК-7; ОПК-10; ОПК-13	2 вопроса одна задача	Экзамен проводится в письменной форме, путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру – 30 минут.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	Критерии оценки: <b>«Отлично»:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знание основных понятий предмета;</li> <li>• умение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• работа на практических занятиях;</li> <li>• знание основных научных теорий, изучаемых предметов;</li> <li>• ответ на вопросы билета.</li> </ul> <b>«Хорошо»:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знание основных понятий предмета;</li> <li>• умение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• работа на практических занятиях;</li> <li>• знание основных научных теорий, изучаемых предметов;</li> <li>• ответы на вопросы билета</li> <li>• неправильно</li> </ul>

						<p>решено практическое задание «Удовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• демонстрирует частичные знания по темам дисциплин;</li> <li>• незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• не работал на практических занятиях;</li> </ul> <p>«Неудовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• демонстрирует частичные знания по темам дисциплин;</li> <li>• незнание основных понятий предмета;</li> <li>• неумение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• не работал на практических занятиях;</li> <li>• не отвечает на вопросы.</li> </ul>
--	--	--	--	--	--	--

#### 4.1. Типовые вопросы, выносимые на тестирование

Тесты используются в режиме промежуточного контроля. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом). Каждому вопросу соответствует один или несколько вариантов ответа.

##### 1. Какой из следующих принципов не относится к основным допущениям:

- (?) принцип начальных размеров
- (?) принцип независимости действия сил
- (?) принцип Сен-Венана
- (!) принцип возможных перемещений

**2. Какой из нижеперечисленных методов является основным при расчёте машиностроительных конструкций**

- (?) метод разрушающих нагрузок
- (?) метод предельных состояний
- (!) метод допускаемых напряжений
- (?) любой из указанных методов

**3. В сопротивлении материалов материал конструкций предполагается**

- (?) упругопластичным
- (?) прочным и жёстким
- (!) сплошным, однородным и линейно упругим
- (?) пластичным и изотропным

**4. В общем случае нагружения стержня в его поперечных сечениях отличны от нуля**

- (?) два внутренних силовых фактора
- (?) пять внутренних силовых факторов
- (?) три внутренних силовых фактора
- (!) Шесть внутренних силовых факторов

**5. Модуль Юнга  $E$ , коэффициент Пуассона  $\nu$  и модуль сдвига  $G$  связаны соотношением:**

- (?)  $G = \frac{E}{2(1+2\nu)}$
- (!)  $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$
- (?)  $G = \frac{E}{2(1-\nu)}$
- (?)  $G = \frac{E}{1+2\nu}$

**6. Продольная деформация при растяжении**

- (?)  $\varepsilon_x = -\mu\varepsilon$
- (!)  $\varepsilon = \Delta l / l$
- (?)  $\sigma = N / A$
- (?)  $\varepsilon_x = -\gamma\varepsilon$

**7. Потенциальная энергия деформаций при центральном растяжении-сжатии равна**

- (?)  $\int_0^l \frac{N(x)}{EA} dx$
- (?)  $\int_0^l \frac{N^2(x)}{2GA} dx$
- (!)  $\int_0^l \frac{N^2(x)}{2EA} dx$
- (?)  $\int_0^l \frac{N^2(x)}{EA} dx$

## 8. Нормальные напряжения на косых площадках

$$(?) \sigma_{\alpha} = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha$$

$$(?) \sigma_{\alpha} = \sigma$$

$$(!) \sigma_{\alpha} = \sigma \cos^2 \alpha$$

$$(?) \sigma_{\alpha} = \frac{\sigma}{2} \cos 2\alpha$$

## 9. Условие жёсткости при кручении

$$(?) \sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

$$(!) \theta = \frac{M_z}{GJ_p} \leq [\theta]$$

$$(?) \tau = \frac{M_z}{W_p} \leq [\tau]$$

$$(?) \theta = \frac{M_z}{W_p} \leq [\tau]$$

## 10. Потенциальная энергия деформации при кручении

$$(!) U = \frac{M_z^2 l}{2GJ_p}$$

$$(?) U = \frac{N^2 l}{2EA}$$

$$(?) U = \frac{Q^2 h}{2GA}$$

$$(?) U = \frac{M_z^2 l}{2GA}$$

## 11. Относительный угол закручивания

$$(!) \theta = \frac{M_z}{GJ_p}$$

$$(?) \theta = \frac{\Delta l}{l}$$

$$(?) \theta = \frac{M_z l}{GJ_p}$$

$$(?) \theta = \frac{M_z l}{2GJ_p}$$

## 12. Условие прочности при кручении

$$(?) \sigma = N/A \leq [\sigma]$$

$$(?) \tau = Q/A \leq [\tau]$$

$$(!) \tau = M_z / W_p \leq [\tau]$$

$$(?) \tau = M_z / A \leq [\tau]$$

### 13. Полный угол закручивания

$$(?) \varphi = \frac{M_z}{G J_p}$$

$$(!) \varphi = \frac{M_z l}{G J_p}$$

$$(?) \varphi = \frac{N l}{E A}$$

$$(?) \varphi = \frac{N l}{G A}$$

### 14. Полярный момент сопротивления сечения

$$(?) J_p = \int_A \rho^2 dA$$

$$(!) W_p = J_p / \rho_{max}$$

$$(?) J_p = \pi d^4 / 32$$

$$(?) J_p = \pi d^4 / 16$$

### 15. Полярный момент инерции круга

$$(?) J_p = \pi d^3 / 16$$

$$(!) J_p = \pi d^4 / 32$$

$$(?) J_x = \pi d^4 / 64$$

$$(?) J_p = \pi d^4 / 16$$

### 16. Статический момент относительно оси x

$$(!) S_x = \int_A y dA$$

$$(?) S_x = \int_A y^2 dA$$

$$(?) S_x = \frac{J_x}{y_{max}}$$

$$(?) S_x = \int_A y^4 dA$$

### 17. Полярный момент сопротивления круга

$$(!) W_p = \pi d^3 / 16$$

$$(?) W_p = \pi d^4 / 32$$

$$(?) W_x = \pi d^4 / 64$$

$$(?) W_x = \pi d^2 / 64$$

### 18. Статический момент $S_y$ прямоугольного сечения

$$(!) S_y = \frac{h b^2}{2}$$

$$(?) S_y = \frac{hb^2}{4}$$

$$(?) S_y = 0$$

$$(?) S_y = \frac{hb^4}{2}$$

### 19. Центробежный момент инерции

$$(?) J_{xy} = \int_A x^2 dA$$

$$(?) J_{xy} = \int_A y^2 dA$$

$$(!) J_{xy} = \int_A xy dA$$

$$(?) J_{xy} = \int_A x^2 y dA$$

### 20. Потенциальная энергия деформации при изгибе

$$(?) U = \int_l \frac{M_z^2 dz}{2GJ_p}$$

$$(?) U = \int_l \frac{N^2 dz}{2EA}$$

$$(!) U = \int_l \frac{M_x^2 dz}{2EJ_x}$$

$$(?) U = \int_l \frac{M_x^2 dz}{EJ_x}$$

### 21. Формула Журавского

$$(?) J_{x1} = J_x + a^2 A$$

$$(!) \tau = \frac{Q_y S_x^*}{J_x b}$$

$$(?) \tau = \frac{M_z \rho}{J_p}$$

$$(?) \tau = \frac{Q_y S_x^*}{J_x}$$

### 22. Условие прочности при изгибе

$$(!) \sigma = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$$

$$(?) \sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

$$(?) \tau = \frac{M_z}{W_p} \leq [\tau]$$

$$(?) \tau = \frac{M_x}{W_x} \leq [\tau]$$

### 23. Условие прочности при изгибе вокруг оси z

$$(?) \frac{M_z}{W_z} \leq R$$

$$(?) \frac{\max(M_z)}{EJ_z} \leq R$$

$$(?) \frac{|M_z|}{EJ_z} \leq R$$

$$(!) \frac{\max|M_z|}{W_z} \leq R$$

### 24. Формула для нормальных напряжений в поперечном сечении балки при изгибе относительно оси z имеет вид

$$(!) \sigma_x = \frac{M_z y}{J_z}$$

$$(?) \sigma_x = \frac{M_z y}{A}$$

$$(?) \sigma_x = \frac{M_z y}{AJ_z}$$

$$(?) \sigma_x = \frac{M_z y}{bJ_z}$$

### 25. Изгибающий момент относительно вертикальной оси y в поперечном сечении стержня площадью A выражается зависимостью

$$(?) M_y = \int_A \sigma y dA$$

$$(!) M_y = \int_A \sigma z dA$$

$$(?) M_y = \int_A \tau_{xz} y dA$$

$$(?) M_y = \int_A \sigma dA$$

### 26. Третья теория прочности

$$(?) \sigma = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \leq [\sigma]$$

$$(?) \sigma = \sigma_1 - k \sigma_3 \leq [\sigma]$$

$$(!) \sigma = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$$

$$(?) \sigma = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \leq [\sigma]$$

### 27. Четвёртая теория прочности

$$(!) \sigma = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \leq [\sigma]$$

$$(?) \sigma = \sigma_1 - k \sigma_3 \leq [\sigma]$$

$$(?) \sigma = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$$

$$(?) \sigma = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \leq [\sigma]$$

## 28. Пятая теория прочности

$$(?) \sigma = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \leq [\sigma]$$

$$(!) \sigma = \sigma_1 - k \sigma_3 \leq [\sigma]$$

$$(?) \sigma = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$$

$$(?) \sigma = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \leq [\sigma]$$

## 29. Условие прочности по допускаемым напряжениям при внецентренном растяжении

$$(!) \sigma_1 = -\frac{F}{A} \left( 1 + \frac{x_F x_1}{i_y^2} + \frac{y_F y_1}{i_x^2} \right) \leq [\sigma_c]$$

$$(?) \sigma_1 = -\frac{F}{A} \left( 1 + \frac{x_F x_1}{i_y^2} - \frac{y_F y_1}{i_x^2} \right) \leq [\sigma_c]$$

$$(?) \sigma_1 = \frac{F}{A} \left( 1 - \frac{x_F x_1}{i_y^2} + \frac{y_F y_1}{i_x^2} \right) \leq [\sigma_c]$$

$$(?) \sigma_1 = -\frac{F}{A} \left( 1 - \frac{x_F x_1}{i_y^2} - \frac{y_F y_1}{i_x^2} \right) \leq [\sigma_c]$$

## 30. Формула для максимальных напряжений при косом изгибе имеет вид

$$(?) \sigma_{max} = \frac{M_x}{J_x} + \frac{M_y}{J_y}$$

$$(?) \sigma_{max} = \frac{M_y}{W_x} + \frac{M_x}{W_x}$$

$$(?) \sigma_{max} = \frac{M_x}{J_y} + \frac{M_y}{J_y}$$

$$(!) \sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

## 31. Условие прочности по предельным состояниям при внецентренном растяжении

$$(?) \sigma_1 = -\frac{F}{A} \left( 1 + \frac{x_F x_1}{i_y^2} - \frac{y_F y_1}{i_x^2} \right) \leq R_c \gamma_c$$

$$(!) \sigma_1 = -\frac{F}{A} \left( 1 + \frac{x_F x_1}{i_y^2} + \frac{y_F y_1}{i_x^2} \right) \leq R_c \gamma_c$$

$$(?) \sigma_1 = \frac{F}{A} \left( 1 - \frac{x_F x_1}{i_y^2} + \frac{y_F y_1}{i_x^2} \right) \leq R_c \gamma_c$$

$$(?) \sigma_1 = -\frac{F}{A} \left( 1 - \frac{x_F x_1}{i_y^2} - \frac{y_F y_1}{i_x^2} \right) \leq R_c \gamma_c$$



**32. Формула для нормальных напряжений при косом изгибе имеет вид**

(?)  $\sigma = \frac{M_x}{J_x} x + \frac{M_y}{J_y} y$

(?)  $\sigma = \frac{M_y}{J_y} y + \frac{M_x}{J_x} x$

(!)  $\sigma = \frac{M_x}{J_x} y + \frac{M_y}{J_y} x$

(?)  $\sigma = \frac{Q_x}{J_x} y + \frac{Q_y}{J_y} x$

**33. Формула угла наклона нейтральной линии при косом изгибе имеет вид**

(?)  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{J_x}{J_y} \operatorname{tg} \beta$

(?)  $\operatorname{tg} \beta = \frac{J_x}{W_y} \operatorname{tg} \alpha$

(?)  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{J_x}{W_y} \operatorname{tg} \beta$

(!)  $\operatorname{tg} \beta = \frac{J_x}{J_y} \operatorname{tg} \alpha$

**34. Критическая сила при продольном изгибе**

(?)  $F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EF}{(\mu l)^2}$

(?)  $F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EJ}{l^2}$

(!)  $F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2}$

(?)  $F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 l^2}{W}$

**35. Формула Эйлера для критической силы сжатого шарнирно опёртого по концам стержня имеет вид**

(?)  $P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EA}{l^2}$

(?)  $P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{l}$

(?)  $P_{\text{кр}} = \frac{\pi EJ_{\min}}{l^2}$

(!)  $P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{l^2}$

**36. Формула Ясинского для критической силы сжатия стержня применима, если критическое напряжение**

(?) превышает предел текучести

(?) превышает предел упругости

(!) превышает предел пропорциональности

(?) не превышает предел пропорциональности

**37. Для стержня из малоуглеродистой стали формула Эйлера для критической силы применима, если гибкость стержня  $\lambda$ :**

- (?) больше 50
- (!) больше 100
- (?) меньше 50
- (?) меньше 100

**38. Коэффициент приведенной длины стержня при вычислении критической силы по формуле Эйлера зависит от**

- (?) формы поперечного сечения стержня
- (?) величины приложенной силы
- (!) способа закрепления стержня
- (?) материала стержня

**39. При определении критической силы сжатого стержня используется формула**

- (?) Гука;
- (?) Журавского
- (?) Сен-Венана
- (!) Эйлера

**40. Интеграл Мора**

- (?)  $\delta = \sum \int_0^l \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_2}{EA} dz$
- (!)  $\delta = \sum \int_0^l \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_2}{EI} dz$
- (?)  $\delta = \sum \int_0^l \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_2}{EN} dz$
- (?)  $\delta = \sum \int_0^l \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_2}{QI} dz$

**41. Динамический коэффициент**

- (?)  $K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{st}}}$
- (?)  $K_d = 1 + \sqrt{2 + \frac{4h}{\Delta_{st}}}$
- (!)  $K_d = \frac{\Delta_d}{\Delta_{st}}$
- (?)  $K_d = 1 - \sqrt{1 - \frac{2h}{\Delta_{st}}}$

**42. Величина коэффициента продольного изгиба для сжатой стойки полностью определяется следующими факторами**

- (?) значением гибкости стойки
- (?) значением гибкости и формой поперечного сечения стойки

- (?) значением гибкости и способом закрепления стойки
- (!) значением гибкости и материалом стойки

**43. При расчёте сжатых стержней из хрупкого материала на устойчивость получаемые критические напряжения**

- (?) всегда больше предела пропорциональности
- (!) всегда меньше предела прочности
- (?) всегда меньше предела упругости
- (?) всегда меньше предела пропорциональности

**44. Условие прочности при динамическом нагружении имеет вид**

- (!)  $\sigma_d = K_d \cdot \sigma_{st} \leq R\gamma_c$
- (?)  $\sigma_d = T_d \cdot \sigma_{st} \leq R\gamma_c$
- (?)  $\sigma_d = Q_d \cdot \sigma_{st} \leq R\gamma_c$
- (?)  $\sigma_d = M_d \cdot \sigma_{st} \leq R\gamma_c$

**45. Динамический коэффициент при ударном нагружении**

- (?)  $K_d = 1 - \sqrt{1 - \frac{2h}{\Delta_{st}}}$
- (?)  $K_d = 1 - \sqrt{1 + \frac{4h}{\Delta_{st}}}$
- (!)  $K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{st}}}$
- (?)  $K_d = 1 + \sqrt{2 + \frac{4h}{\Delta_{st}}}$

**46. Дифференциальное уравнение собственных колебаний с одной степенью свободы**

- (!)  $\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y = 0$
- (?)  $\frac{d^2z}{dt^2} + \omega^2 z = 0$
- (?)  $\frac{d^2y}{dz^2} + \omega^2 z = 0$
- (?)  $\frac{d^2y}{dt^2} + \theta^2 y = 0$

**47. Уравнение Лапласа для безмоментной теории оболочек**

- (!)  $\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{p}{\delta}$
- (?)  $\frac{\tau_m}{\rho_m} + \frac{\tau_t}{\rho_t} = \frac{p}{\delta}$
- (?)  $\frac{\sigma_m}{e_m} + \frac{\sigma_t}{e_t} = \frac{p}{\delta}$

$$(?) \frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{e}{p}$$

#### 48. Формула нормальных напряжений кривого бруса

$$(?) \sigma = \frac{Q}{eA} \frac{e+y}{\rho+y}$$

$$(?) \sigma = \frac{M}{eN} \frac{e+y}{\rho+y}$$

$$(?) \sigma = \frac{M}{eA} \frac{\rho+y}{e+y}$$

$$(!) \sigma = \frac{M}{eA} \frac{e+y}{\rho+y}$$

#### 49. Формула нормальных напряжений кривого бруса при наличии продольной силы

$$(?) \sigma = \frac{M}{eA} \frac{e+y}{\rho+y} + \frac{Q}{A}$$

$$(?) \sigma = \frac{Q}{eW} \frac{e+y}{\rho+y} + \frac{N}{A}$$

$$(?) \sigma = \frac{M}{eA} \frac{\rho+y}{\rho+e} + \frac{N}{A}$$

$$(!) \sigma = \frac{M}{eA} \frac{e+y}{\rho+y} + \frac{N}{A}$$

#### 50. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки, лежащей на сплошном упругом основании

$$(?) \frac{d^4 M}{dz^4} + 4\beta^4 Q = q''$$

$$(?) \frac{d^4 Q}{dz^4} + 4\beta^4 M = q''$$

$$(!) \frac{d^4 M}{dz^4} + 4\beta^4 M = q''$$

$$(?) \frac{d^4 M}{dz^4} + 2\beta^4 M = q''$$

### 4.2. Типовые вопросы, выносимые на экзамен

1. Внешние силы и их классификация. Расчетные схемы.
2. Внутренние силы и методы их определения. Эпюры внутренних сил.
3. Основные гипотезы о деформируемом теле. Понятие напряженного деформированного состояния.
4. Упругость и пластичность. Деформации линейные и угловые.
5. Закон Гука. Расчет на прочность и жесткость стержней при растяжении – сжатии.
6. Механические характеристики материалов. Модуль продольной упругости.
7. Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.

8. Механические свойства материалов при сжатии.
9. Диаграммы сжатия пластичных и хрупких материалов.
10. Действительные и допускаемые напряжения. Выбор допускаемых напряжений при расчете на прочность пластичных и хрупких материалов. Коэффициент запаса прочности.
11. Действительный запас прочности. Расчет на допускаемые деформации при растяжении и сжатии.
12. Потенциальная энергия при растяжении и сжатии.
13. Плоское и объемное напряженное состояние.
14. Деформации при объемном напряженном состоянии. Потенциальная энергия деформации.
15. Понятие о главных площадках и главных напряжениях.
16. Виды напряженного состояния.
17. Исследование плоского напряженного состояния. Закон парности касательных напряжений.
18. Напряжения на наклонных площадках.
19. Определение главных напряжений и главных площадок при плоском напряженном состоянии.
20. Наибольшие касательные напряжения.
21. Обобщенный закон Гука.
22. Статический момент плоской фигуры.
23. Центр тяжести сечения.
24. Осевой, центробежный и полярный моменты инерции для параллельных осей.
25. Изменение осевых и центробежных моментов инерции при повороте координатных осей.
26. Главные оси инерции. Главные моменты инерции.
27. Вычисление моментов инерции сложных профилей.
28. Теории прочности. Гипотеза наибольших нормальных напряжений.
29. Гипотеза наибольших деформаций. Гипотеза наибольших касательных напряжений.
30. Энергетические гипотезы прочности. Область применения различных гипотез.
31. Сдвиг. Расчеты на срез.
32. Напряжение при сдвиге. Закон Гука при сдвиге.
33. Модуль сдвига. Срез. Основное расчетное уравнение при расчете на срез.
34. Потенциальная энергия при сдвиге.
35. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения.
36. Понятие о крутящем моменте и эпюры крутящих моментов.
37. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания.
38. Основные расчетные уравнения на прочность и жесткость. Определение допускаемых напряжений.
39. Потенциальная энергия деформации при кручении.
40. Расчет на прочность и жесткость стержней при изгибе.
41. Виды изгибов. Внешние силы, вызывающие изгиб и виды нагрузок.

42. Опоры и опорные реакции. Изгибающий момент и поперечная сила.
43. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.
44. Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки.
45. Нормальные напряжения при изгибе.
46. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси бруса. Жесткость при изгибе.
47. Касательные напряжения при изгибе (формула Д. И. Журавского).
48. Главные напряжения при изгибе.
49. Расчет на прочность при изгибе.
50. Основные расчетные уравнения на прочность. Проверочные уравнения на прочность.
51. Сложное сопротивление.
52. Энергетические теоремы и их применение.
53. Теорема Кастильяно.
54. Теорема Лагранжа.
55. Интеграл Мора и способ Верещагина по его вычислению.
56. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
57. Вывод обобщенного уравнения упругой линии балки.
58. Физический смысл постоянных интегрирования.
59. Статически неопределимые системы.
60. Способы раскрытия статической неопределимости.
61. Статически неопределимые задачи при изгибе, растяжении и кручении. Выбор основной системы.
62. Уравнения совместности деформаций.
63. Общий случай действия сил на брус.
64. Внутренние силовые факторы.
65. Определение нормальных и касательных напряжений, перемещений.
66. Косой изгиб.
67. Определение нормальных напряжений при косом изгибе.
68. Положение нейтральной линии.
69. Опасные точки в сечении.
70. Условие прочности. Определение прогиба.
71. Внецентренное сжатие - частный и общий случай.
72. Уравнение нейтральной линии. Эпюра напряжений.
73. Ядро сечения.
74. Совместное действие кручения и изгиба.
75. Определение напряжений и условие прочности при изгибе с кручением.
76. Понятие о предельном состоянии. Понятие устойчивости и неустойчивости стержней.
77. Задачи Эйлера.
78. Устойчивость сжатых стержней.
79. Понятие о критической нагрузке. Формула Эйлера для различных случаев опорных закреплений.
80. Понятие о гибкости и приведенной длине стержня.

81. Пределы применимости формулы Эйлера.
82. Понятие о потере устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности.
83. Формула Ясинского, пределы ее применимости.
84. Полный график критических напряжений.
85. Расчет на устойчивость по коэффициенту уменьшения основного допускаемого напряжения на сжатие.
86. Выбор типа сечения и материала.
87. Расчет на прочность при динамическом нагружении.
88. Движение тела с постоянным ускорением.
89. Динамический коэффициент.
90. Внезапное приложение нагрузки.
91. Ударные нагрузки. Продольный удар.
92. Изгибающий удар.
93. Явление усталости материалов.
94. Предел выносливости.
95. Усталость и долговечность.
96. Циклы переменных напряжений и их основные характеристики.
97. Кривые выносливости.
98. Факторы, влияющие на предел выносливости детали: концентрация напряжений, масштабный фактор, состояние поверхности, число циклов нагружений.
99. Влияние степени асимметрии цикла.
100. Диаграмма предельных амплитуд.

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московской области

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова

## Приложение 2

### ***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

#### ***КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ***

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

**(Приложение 2 к рабочей программе)**

**Направление подготовки:** 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

**Профиль:** Автоматизация производственных процессов

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Королёв  
2023



## 1. Общие положения

### **Цель дисциплины:**

Формирование у студентов знаний в области сопротивления материалов, обеспечение базы инженерной подготовки, теоретическая и практическая подготовка в области механики деформируемого твёрдого тела, развитие инженерного мышления.

### **Задачи дисциплины:**

1. Овладение теоретическими основами и практическими методами расчётов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций и машин;
2. Овладение основными законами механики деформируемого твёрдого тела, методами и приёмами решения конкретных прочностных задач при различных видах деформации;
3. Формирование навыков механических испытаний образцов различных материалов и деталей машин;
4. Развитие способности использовать расчёты на прочность и жёсткость при проектировании машиностроительных изделий заданного качества при наименьших затратах материала.

## 2. Указания по проведению практических занятий

### **Практическое занятие 1**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:**растяжение и сжатие.

Определение внутренних силовых факторов и перемещений при растяжении (сжатии) статистически определяемых и статически неопределимых систем

**Продолжительность занятия**– 1/- ч.

### **Практическое занятие 2**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:**основы теории напряжённого и деформированного состояния.

Исследование напряжённого состояния при помощи круга Мора.  
Определение главных напряжений.

**Продолжительность занятия**– 1/-ч.

### **Практическое занятие 3**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:**геометрические характеристики плоских сечений.

Определение момента инерции, момента сопротивления и центра тяжести простых и сложных сечений

**Продолжительность занятия**– 1/- ч.

#### **Практическое занятие 4**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:** сдвиг и кручение.

Расчёт болтовых и сварных соединений. Определение углов закручивания и подбор диаметров сечений валов

**Продолжительность занятия**– 1/- ч.

#### **Практическое занятие 5**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:** изгиб.

Определение внутренних усилий при изгибе балок и рам.

**Продолжительность занятия**– 2/- ч.

#### **Практическое занятие 6**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:** перемещения при изгибе.

Определение перемещений при изгибе при помощи интеграла Мора и способа Верещагина.

**Продолжительность занятия**– 2/- ч.

#### **Практическое занятие 7**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:** статически неопределимые системы.

Определение перемещений при изгибе статически неопределимых систем методом сил.

**Продолжительность занятия**– 2/- ч.

#### **Практическое занятие 8**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:** сложное сопротивление.

Определение внутренних усилий при косом изгибе, внецентренном растяжении и сжатии, кручении с изгибом

**Продолжительность занятия**– 2/- ч

#### **Практическое занятие 9**

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:** устойчивость сжатых стержней.

Исследование устойчивости стержней с помощью формул Эйлера и Ясинского.

**Продолжительность занятия**– 1/- ч.

## Практическое занятие 10

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:** динамическое действие нагрузки.

Решение задач при плоском, равномерно вращательном движении и ударе стержней и балок.

**Продолжительность занятия**– 1/- ч.

## Практическое занятие 11

**Вид практического занятия:** *практическая работа в группах*

**Тема и содержание практического занятия:** расчёт на прочность при циклически изменяющихся напряжениях.

Определение ресурса плоских и круглых деталей при однократном и циклическом нагружении.

**Продолжительность занятия**– 1/- ч.

### 3. Указания по проведению лабораторного практикума

Лабораторный практикум обеспечен средствами измерений и приборами, необходимыми для учебного процесса.

Перед проведением лабораторных занятий студенты должны освоить требуемый теоретический материал и процедуры выполнения лабораторных работ по предварительно полученным учебным материалам.

**Лабораторная работа № 1.** (2 час.) Растяжение и сжатие

**Лабораторная работа № 2.** (1 час.) Основы теории напряженного и деформированного состояния.

**Лабораторная работа № 3.** (1 час.) Геометрические характеристики плоских сечений

**Лабораторная работа № 4.** (2 час.) Сдвиг и кручение

**Лабораторная работа № 5.** (2 час.) Изгиб

**Лабораторная работа № 6.** (2 час.) Перемещения при изгибе

**Лабораторная работа № 7.** (2 час.) Статически неопределимые системы

**Лабораторная работа № 8.** (1 час.) Сложное сопротивление

**Лабораторная работа № 9** (1 час.) Устойчивость сжатых стержней

**Лабораторная работа № 10** (1 час.) Динамическое действие нагрузки

**Лабораторная работа № 11** (1 час.) Расчёт на прочность при циклически изменяющихся напряжениях

### 4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

*Цель самостоятельной работы:* приобретение навыков к самостоятельному обучению, подготовить специалистов к научному творчеству.

*Задачи самостоятельной работы:*

- 1) систематизировать знания в области прочностных расчётов стержневых и балочных систем;
- 2) овладеть навыками компьютерных технологий при расчёте на статические и динамические нагрузки.

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Темы 1-12	<p><b>Подготовка рефератов по темам:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчёты конструкционных материалов на исходный и остаточный ресурс.</li> <li>2. Изучение основ пакета программ ANSYS расчёта на прочность стержневых систем.</li> </ol>

## **5. Указания по проведению контрольных работ для обучающихся очной формы обучения**

### **5.1. Требования к структуре**

Задание на контрольную работу включает исходные данные и определение неизвестных величин.

### **5.2. Требования к содержанию (основной части)**

1. Должны быть приведены используемые формулы с наименованиями входящих параметров.
2. Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями.
3. Рисунки и графики должны быть чёткими и ясными.

### **5.3. Требования к оформлению**

Контрольная работа должна быть выполнена на формате А4 рукописным текстом. Рисунки и графики выполняются при помощи чертёжных инструментов или в графическом редакторе.

## **6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная литература:**

- 1.1. Сопроотивление материалов : учебник / П.А. Павлов, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников, В.А. Шерстнев ; под ред. Б.Е. Мельникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 556 с. — ISBN 978-5-8114-4208-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116013>
2. Куликов, Ю. А. Сопроотивление материалов. Курс лекций : учебное пособие / Ю. А. Куликов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-2449-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная

система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167372> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Степин, П. А. Сопротивление материалов : учебник / П. А. Степин. — 13-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1038-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168383> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература:**

1. Сопротивление материалов : учебно-методическое пособие / И. Н. Миролюбов, Ф. З. Алмаметов, Н. А. Курицин, И. Н. Изотов. — 9-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0555-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168607> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Кузьмин, Л. Ю. Сопротивление материалов : учебное пособие / Л. Ю. Кузьмин, В. Н. Сергиенко, В. К. Ломунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-2056-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168995> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Сопротивление материалов : учебно-методическое пособие / И. Н. Миролюбов, Ф. З. Алмаметов, Н. А. Курицин, И. Н. Изотов. — 9-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0555-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168607> (дата обращения: 27.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

#### **Интернет-ресурсы:**

1. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
2. [www.rucont.ru](http://www.rucont.ru)
3. [www.znaniyum.com](http://www.znaniyum.com)
4. [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)

### **8. Перечень информационных технологий**

**Перечень программного обеспечения: MSOffice, Excel, ANSYS, SolidWorks.**

**Информационные справочные системы:** не предусмотрены курсом дисциплины

**Ресурсы информационно-образовательной среды Университета.**  
Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине  
«Сопротивление материалов».