



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»**

Специальность: 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Специализация №21: Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

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: к.т.н., доцент Фролова А.А. Рабочая программа дисциплины: «Соппротивление материалов» – Королев МО: «Технологический университет», 2023.

Рецензент: д.т.н., в.н.с. Евдокимов А.П.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» 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 (переподтверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 9 от 28.03.2023г.	№ __ от __. __.20__ г.	№ __ от __. __.20__ г.	№ __ от __. __.20__ г.	№ __ от __. __.20__ г.

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  Мороз А.П., д.т.н., с.н.с.

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переподтверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023г.	№ __ от __. __.20__ г.	№ __ от __. __.20__ г.	№ __ от __. __.20__ г.	№ __ от __. __.20__ г.

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

Целью изучения дисциплины является:

- обеспечение базы инженерной подготовки будущего инженера, овладение теоретическими знаниями и практическими навыками в области прочностных расчётов ракет и ракетно-космических комплексов;
- освоение принципов рационального проектирования элементов конструкций, узлов и ракетно-космических комплексов;
- ознакомление с современными компьютерными технологиями расчета напряженно-деформированного состояния сложных технических систем.

В процессе обучения обучающийся приобретает и совершенствует следующие компетенции:

Универсальные компетенции (УК):

УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов;

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;

ОПК-4. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники;

ОПК-5. Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение теоретических основ расчётов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций;

- приобретение навыков проектирования и конструирования, обеспечивающих рациональный выбор материалов, форм, размеров и способов изготовления типовых изделий машиностроения;
- ознакомление с современными методиками расчёта на прочность, ресурс и безопасность сложных технических систем.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Трудовые действия:

- Анализирует факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания (технических средств, технологических процессов, материалов, зданий и сооружений, природных и социальных явлений);
- Способность предусмотреть меры по сохранению и защите экосистемы в ходе своей общественной и профессиональной деятельности.
- Разъясняет правила поведения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения; оказывает первую помощь, описывает способы участия в восстановительных мероприятиях

Необходимые умения:

- Владеет основными методами организации безопасности жизнедеятельности людей, их защиты от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;
- Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
- Выявляет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; предлагает мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций;
- Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.

Необходимые знания:

- Знать: методологию и основные методы математического моделирования.
- Классификацию и условия применения моделей, основные методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем для решения инженерных задач.

- Знать основы математики, физики, вычислительной техники и программирования

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Сопротивление материалов» относится к обязательной части блока 1 основной профессиональной образовательной программы подготовки по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов».

Дисциплина «Сопротивление материалов» базируется на дисциплинах: «Физика», «Теоретическая механика», отдельных разделах «Материаловедение» и ранее частично изучаемых УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины «Сопротивление материалов», являются базовыми при изучении дисциплин: «Технология конструкционных материалов», отдельных разделов «Детали машин», «Теория механизмов и машин», «Строительная механика ракет», «Расчет, конструкция и проектирование ракетных двигателей», «Системы обеспечения теплового режима», а также ряда профессиональных дисциплин специальности и выполнения выпускной квалификационной работы инженера.

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся очной формы обучения составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся очно-заочной формы обучения составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр 4	Семестр 5	Семестр ...	Семестр ...
Общая трудоемкость	360	180	180		
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	128	64	64		
Лекции (Л)	64	32	32		
Практические занятия (ПЗ)	48	24	24		
Лабораторные работы (ЛР)	16	8	8		
Практическая подготовка					
Самостоятельная работа	232	116	116		
Курсовые работы (проекты)					
Расчетно-графические работы					
Контрольная работа	+	+	+		

Текущий контроль знаний	Тест	+	+		
Вид итогового контроля	Зачет с оценкой/ Экзамен	Экзамен	Экзамен		
ОЧНО - ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	56	28	28		
Лекции (Л)	24	12	12		
Практические занятия (ПЗ)	24	12	12		
Лабораторные работы (ЛР)	8	4	4		
Контр. самост. раб. (КСР)					
Самостоятельная работа	304	152	152		
Курсовые работы (проекты)					
Расчетно-графические работы					
Контрольная работа	+	+	+		
Вид итогового контроля	Зачет с оценкой/ Экзамен	Экзамен	Экзамен		

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час Очное /очно- заочное	Практические занятия, час Очное /очно- заочное	Лабораторные работы, час Очное /очно- заочное	Занятия в интерактивной форме, час Очное /очно- заочное	Практическая подготовка, час Очное /очно- заочное	Код компетенций
Семестр 4						
1. Введение.	4/1	-/-	-/-	-/-	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
2. Растяжение и сжатие	4/2	4/2	4/2	3/1	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
3. Основы теории напряженного и деформированного состояния	5/2	4/2	-/-	3/1	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
4. Геометрические характеристики плоских сечений	5/2	4/2	-/-	3/1	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5

5. Гипотезы прочности	4/1	4/2	-/-	3/1	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
6. Сдвиг и кручение	5/2	4/2	2/1	4/-	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
7. Изгиб	5/2	4/2	2/1	4/-	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
Семестр 5						
8. Перемещения при изгибе	5/2	4/2	-/-	3/1	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
9. Статически неопределимые системы	5/2	4/2	-/-	3/1	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
10. Сложное сопротивление	6/2	4/2	4/2	4/1	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
11. Устойчивость сжатых стержней	5/2	4/2	4/2	3/1	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
12. Динамическое действие нагрузки	5/2	4/2	-/-	3/-	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
13. Расчёт на прочность при циклически изменяющихся напряжениях	6/2	4/2	-/-	4/-	-/-	УК-8; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-5
Итого:	64/24	48/24	16/8	40/8	-/-	

4.2. Содержание тем дисциплины Семестр 4

Тема 1. Введение. Задачи курса «Соппротивление 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. Упругость и пластичность. 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. Гипотезы прочности. Теории прочности. Гипотеза наибольших нормальных напряжений. Гипотеза наибольших деформаций.

Гипотеза наибольших касательных напряжений. Энергетические гипотезы прочности. Область применения различных гипотез.

Тема 6. 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 7. 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.

Семестр 5

Тема 8. 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 9. 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 10. 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 11. 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 12. 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 13. 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. Рабочая тетрадь.
2. Практикум на кафедре.
3. Глоссарий в библиотеке Университета.

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. Степин П. А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 320 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3179 .

2. Стородубцева, Т. Н. Сопротивление материалов : учебное пособие / Т. Н. Стородубцева. – Воронеж : Воронежская государственная лесотехническая академия, 2013. – 220 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143146> (дата обращения: 08.11.2022). – Текст : электронный.

3. Атапин, В. Г. Практикум по сопротивлению материалов : учебное пособие : [16+] / В. Г. Атапин. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 216 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228575> (дата обращения: 08.11.2022). – ISBN 978-5-7782-1889-5. – Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Павлов, П.А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.А. Павлов, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 554 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=563

2. Беляев, Н.М. Сборник задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.М. Беляев, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 431 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2022

3. Костенко Н.А. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 2007. - 488 с.

4. Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 2007. – 560 с.

5. Стёпин П.А. Сопротивление материалов. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 320 с.

6. Подскрёбко М.Д. Сопротивление материалов. Практикум по решению задач. - Минск: Вышэйшая школа, 2009. - 688 с.

7. Подскрёбко М.Д. Сопротивление материалов. - Минск: Вышэйшая школа, 2007. - 797 с.

Рекомендуемая литература:

1. Горшков А.Г., Трошин В.Н., Шалашин В.И. Сопротивление материалов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 554 с.
2. Старовойтов Э.И. Сопротивление материалов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 384 с.
3. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов. - М.: БИНОМ, 2005. - 207 с.
4. Миролюбов И.Н. Сопротивление материалов. Пособие по решению задач. - М.: Издательство «Лань», 2007. - 512 с.
5. Ицкович Г.М., Минин Л.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. - М.: Высшая школа, 2001. - 592 с.
6. Копнов А.В., Кривошапко С.Н. Сопротивление материалов. Руководство для решения задач и выполнения лабораторных и расчётно-графических работ. - М.: Высшая школа, 2009. - 351 с.

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

Интернет-ресурсы:

1. www.biblioclub.ru
2. www.rucont.ru
3. www.znaniium.com
4. 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, MathCAD.

Информационные справочные системы:

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.
2. Информационно-справочные системы «Консультант+», «Гарант».

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 и лабораторные 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 XP; офисные программы MS Office;
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

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

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

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

«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

Специальность: 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно–космических комплексов»

Специализация №21: «Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники»

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

**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	УК-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	Темы 1-13	Анализирует факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания (технических средств, технологических процессов, материалов, зданий и сооружений, природных и социальных явлений);	Выявляет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; предлагает мероприятиях по предотвращению чрезвычайных ситуаций	Разъясняет правила поведения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения; оказывает первую помощь, описывает способы участия в восстановительных мероприятиях
2	ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического	Темы 1-13	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования

		и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;				
	ОПК-4	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники;	Темы 1-13	Владением основными методами организации безопасности жизнедеятельности людей, их защиты от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;	Способность предусмотреть меры по сохранению и защите экосистемы в ходе своей общественной и профессиональной деятельности	Способностью к анализу социально-значимых процессов и явлений.
	ОПК-5	Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач;	Темы 1-13	Иметь навыки: моделирования и проектирования процессов, для решения инженерных задач.	применять на практике математические и физические модели, методы и средства проектирования и автоматизации инженерных задач..	Знать: методологию и основные методы математического моделирования, классификацию и условия применения моделей, основные методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем.

						анных систем, для решения инженерных задач.
--	--	--	--	--	--	---------------------------------------------

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

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Этапы и показатель оценивания компетенции	Критерии оценивания компетенции на различных этапах формирования и шкалы оценивания
УК-8; ОПК-1; ОПК-4,5	Задачи	<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"> • компетенция освоена на продвинутом уровне - 4 балла; • компетенция освоена на базовом уровне - 3 балла; <p><i>В) не сформирована (компетенция не сформирована) - 2 и менее баллов</i></p>	<p><i>Например:</i></p> <p><i>Проводится в письменной форме.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. Выбор оптимального метода решения задачи (1 балл).</i> <i>2. Умение применить выбранный метод (1 балл).</i> <i>3. Логический ход решения правильный, но имеются арифметические ошибки в расчетах (1 балл).</i> <i>4. Решение задачи и получение правильного результата (2 балла).</i> <i>5. Задача не решена вообще (0 баллов).</i> <p><i>Максимальная оценка - 5 баллов.</i></p>

УК-8; ОПК-1; ОПК-4,5	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"> <i>• компетенция освоена на продвинутом уровне - 70% правильных ответов;</i> <i>• компетенция освоена на базовом уровне - от 51% правильных ответов;</i> <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. 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>
	Лабораторная работа	<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"> <i>• компетенция освоена на продвинутом уровне – 4 балла;</i> <i>• компетенция освоена на базовом уровне – 3 балла;</i> <p><i>В) не сформирована (компетенция не сформирована) – 2 и менее баллов</i></p>	<p><i>Например: 1. Оформление в соответствии с требованиями (1 балл). 2. Выбор методов измерений и вычислений (1 балл). 3. Умение применять выбранные методы (1 балл). 4. Анализ и выводы, отражающие суть изучаемого явления с указанием конкретных результатов (2 балла).</i></p> <p><i>Максимальная оценка – 5 баллов.</i></p>

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

Примерная тематика докладов в презентационной форме

Семестр 4

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.

Семестр 5

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.

Примерная тематика рефератов

Семестр 4

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.

Семестр 5

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.

Тесты

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

Семестр 4

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 ν и модуль сдвига G связаны соотношением:

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

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

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

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

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

$$(?) \varphi = \frac{M_z}{GJ_p}$$

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

$$(?) \varphi = \frac{Nl}{EA}$$

$$(?) \varphi = \frac{Nl}{GA}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$(?) S_y = 0$$

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

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

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

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

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

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

21. Формула Журавского

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Семестр 5

1. Третья теория прочности

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

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

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

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

2. Четвёртая теория прочности

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

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

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

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

3. Пятая теория прочности

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

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

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

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

4. Условие прочности по допускаемым напряжениям при внецентренном растяжении

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

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

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

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

5. Формула для максимальных напряжений при косом изгибе имеет вид

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

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

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

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

6. Условие прочности по предельным состояниям при внецентренном растяжении

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

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

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

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

7. Формула для нормальных напряжений при косом изгибе имеет вид

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

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

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

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

8. Формула угла наклона нейтральной линии при косом изгибе имеет вид

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

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

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

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

9. Критическая сила при продольном изгибе

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

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

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

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

10. Формула Эйлера для критической силы сжатого шарнирно опертого по концам стержня имеет вид

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

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

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

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

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

(?) превышает предел текучести

(?) превышает предел упругости

(?) превышает предел пропорциональности

(?) не превышает предел пропорциональности

12. Для стержня из малоуглеродистой стали формула Эйлера для критической силы применима, если гибкость стержня λ :

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

13. 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

14. При определении критической силы сжатого стержня используется формула

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

15. Интеграл Мора

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

16. Динамический коэффициент

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

17. 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

18. 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

19. Условие прочности при динамическом нагружении имеет вид

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

20. Динамический коэффициент при ударном нагружении

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

21. Дифференциальное уравнение собственных колебаний с одной степенью свободы

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

22. Уравнение Лапласа для безмоментной теории оболочек

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

23. Формула нормальных напряжений кривого бруса

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

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

24. Формула нормальных напряжений кривого бруса при наличии продольной силы

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

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

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

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

25. 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. 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 итоговая аттестация в формате экзамена.

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
<i>Проводятся в сроки, установленные графиком учебного процесса</i>	тестирование	УК-8; ОПК-1; ОПК-4,5	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%.

<p><i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i></p>	<p>тестирование</p>	<p>УК-8; ОПК-1; ОПК-4,5</p>	<p>25 вопросов</p>	<p>Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру – 30 минут</p>	<p>Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры</p>	<p>Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.</p>
<p><i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i></p>	<p>Экзамен</p>	<p>УК-8; ОПК-1; ОПК-4,5</p>	<p>2 вопроса одна задача</p>	<p>Экзамен проводится в письменной форме, путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру – 30 минут.</p>	<p>Результаты предоставляются в день проведения экзамена</p>	<p>Критерии оценки: «Отлично»: <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответ на вопросы билета. «Хорошо»: <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответы на вопросы билета • неправильно решено практическое задание «Удовлетворительно»: </p>

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

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.

4.1. Типовые вопросы, выносимые на экзамен

Семестр 4

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.

Семестр 5

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.

Приложение 2

**Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
(модуля)**

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

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

Специальность: 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно–космических комплексов»

Специализация №21: «Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники»

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

**Королёв
2023**

1. Общие положения

Целью изучения дисциплины является:

1. Обеспечение базы инженерной подготовки будущего инженера-механика, овладение теоретическими знаниями и практическими навыками в области прочностных расчётов ракет и ракетно-космических комплексов;
2. Освоение принципов рационального проектирования элементов конструкций, узлов и ракетно-космических комплексов;
3. Ознакомление с современными компьютерными технологиями расчета напряженно-деформированного состояния сложных технических систем.

Основными задачами дисциплины являются:

1. Изучение теоретических основ расчётов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций;
2. Приобретение навыков проектирования и конструирования, обеспечивающих рациональный выбор материалов, форм, размеров и способов изготовления типовых изделий машиностроения;
3. Ознакомление с современными методиками расчёта на прочность, ресурс и безопасность сложных технических систем.

2. Указания по проведению практических (семинарских) занятий

Семестр 4

Практическое занятие 1

Тема: растяжение и сжатие.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: Определение внутренних силовых факторов и перемещений при растяжении (сжатии) статически определимых и статически неопределимых систем

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 2

Тема: основы теории напряжённого и деформированного состояния.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: исследование напряжённого состояния при помощи круга Мора, определение главного напряжения.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 3

Тема: геометрические характеристики плоских сечений.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: определение момента инерции, момента сопротивления и центра тяжести простых и сложных сечений

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 4

Тема: гипотезы прочности.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: исследование напряжённого состояния, используя гипотезы прочности.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 5

Тема: сдвиг и кручение.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: проведение расчёта болтовых и сварных соединений. Определение углов закручивания и подбор диаметров сечений валов

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 6

Тема: изгиб.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: определение внутренних усилий при изгибе балок и рам.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 1

Тема: перемещения при изгибе.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: определение перемещений при изгибе при помощи интеграла Мора и способа Верещагина.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 2

Тема: статически неопределимые системы.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: определение перемещения при изгибе статически неопределимых систем методом сил.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие № 3

Тема: сложное сопротивление.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: определение внутреннего усилия при косом изгибе, внецентренном растяжении и сжатии, кручении с изгибом.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч

Практическое занятие 4

Тема: устойчивость сжатых стержней.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: проведение исследований устойчивости стержней с помощью формул Эйлера и Ясинского.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие № 5

Тема: динамическое действие нагрузки.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: решение задач при плоском, равномерно вращательном движении и ударе стержней и балок.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие № 6

Тема: расчёт на прочность при циклически изменяющихся напряжениях.

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*

Содержание практического занятия: определение ресурса плоских и круглых деталей при однократном и циклическом нагружении.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Лабораторные работы выполняются в лаборатории или в интерактивном режиме в соответствии методическими указаниями, изложенными в учебно-методических пособиях.

1. К работе в лаборатории студенты допускаются только после инструктажа по технике безопасности.

2. Каждый студент должен подготовиться к занятию по данному учебному изданию и рекомендуемой литературе: выполнить предварительный расчет к эксперименту, начертить необходимые схемы, графики и таблицы. Не подготовившиеся студенты к занятиям не допускаются.

3. Перед началом работы на установке необходимо убедиться в отсутствии напряжения на ней.

4. Перед включением источника питания установки на регулируемых элементах должны быть установлены заданные параметры.

5. Включение цепи установки под напряжение производится только после проверки ее преподавателем или лаборантом.

6. Согласно программе работы сделать необходимые измерения и заполнить соответствующие таблицы.

7. Показать результаты преподавателю и получить разрешение на приведение установки в исходное положение.

8 Привести в порядок рабочее место.

9. Оформить отчет о выполненной работе согласно требованиям.

10. Представить отчет преподавателю, ответить на контрольные вопросы, получить зачет по выполненной работе и задание к следующему занятию.

Этапы выполнения лабораторных работ

1. Постановка задачи лабораторной работы.
2. Ознакомление студента с содержанием и объемом лабораторной работы.
3. Выполнение лабораторной работы.
4. Регистрация результатов и оформление отчета о лабораторной работе.
5. Заключительная часть лабораторной работы. Формулирование выводов.

Лабораторная работа №1.

Тема: "Испытание на растяжение образцов материалов".

Цель занятия: Провести испытание стального образца на растяжение до разрыва.

Продолжительность занятия – 2/1 ч.

Задание: Испытываем стальной образец на растяжение до разрыва, получаем на бумаге диаграмму нагружения образца. Обрабатываем эту диаграмму: убираем из неё погрешности, связанные с упругими деформациями деталей испытательной машины.

Лабораторная работа №2.

Тема: "Испытание на сжатие образцов материалов".

Цель занятия: Провести испытания на сжатие трёх цилиндрических образцов.

Продолжительность занятия – 2/1 ч.

Задание: Испытание на сжатие трёх цилиндрических образцов: стального, стального с парафиновой смазкой и чугуна. Определение предела текучести при сжатии для стали и предела прочности при сжатии для чугуна.

Лабораторная работа №3.

Тема: "Испытание на кручение образцов материалов"

Цель занятия: Провести испытания на кручение стального образца.

Продолжительность занятия – 2/1 ч.

Задание: Испытываем на кручение стальной образец, строим в журналах диаграмму ($M_{кр}$, ϕ); вычисляем предел текучести при сдвиге; вычисляем модуль сдвига G по соотношению $\Delta M_{кр} \text{---} \Delta \phi$ в упругой области. Испытываем на кручение чугунный образец, вычисляем предел прочности при сдвиге.

Лабораторная работа №4.

Тема: "Определение упругих постоянных изотропного материала".

Цель занятия: Провести экспериментальное определение упругих постоянных изотропного материала.

Продолжительность занятия – 2/1 ч.

Задание: Сначала производится градуировка: вычисление K_ϵ - коэффициента пропорциональности между изменением деформации $\Delta \epsilon$ под тензорезистором и изменением показаний Δn измерителя деформации, подключённого к этому тензорезистору. Для этого используется градуировочная балка. Потом начинается собственно эксперимент. Используем металлическую полоску, упруго растягиваемую испытательной машиной. На полоске два тензорезистора. Один измеряет продольную деформацию полоски, другой - поперечную. Делим поперечную деформацию на продольную (по модулю) - получаем коэффициент Пуассона $\nu = \epsilon_z / \epsilon_x$; вычисляем нормальное напряжение в поперечных сечениях полоски $\sigma = F/A$, делим его на продольную деформацию - получаем модуль упругости $E = \sigma / \epsilon$.

Лабораторная работа №5.

Тема: "Прямой изгиб стержня".

Цель занятия: Провести экспериментальные испытания стержня на прямой изгиб.

Продолжительность занятия – 2/1 ч.

Задание: По высоте балки наклеены 7 тензорезисторов, которые измеряют продольную деформацию. Деформация умножается на модуль упругости E - получаем эпюру нормальных напряжений по высоте поперечного сечения. Расчитываем теоретически перемещение точки упругой оси балки, его же замеряем прогибомером. Сравниваем.

Лабораторная работа №6.

Тема: "Косой изгиб стержня".

Цель занятия: Провести экспериментальные испытания стержня на косой изгиб.

Продолжительность занятия – 2/1 ч.

Задание: Сначала производится тарировка, потом эксперимент. То и другое - на одной и той же горизонтальной балке прямоугольного поперечного сечения. Балку можно поворачивать вокруг своей продольной оси. Для тарировки сечения балки устанавливают прямо, для эксперимента - под наклоном к вертикали. При тарировке получаем K_ϵ - коэффициент пропорциональности между показаниями прибора "измеритель деформации" и собственно деформацией, которую он измеряет. В процессе эксперимента нагружаем балку грузами, измеряем перемещение конца балки и напряжение в одной из её точек.

Лабораторная работа №7.

Тема: "Исследование напряжений и перемещений в плоской раме".

Цель занятия: Провести исследование напряжений и перемещений в плоской раме.

Продолжительность занятия – 2/1 ч.

Задание: Измеряем напряжения и перемещения точек статически определимой и статически неопределимой рам с одинаковой геометрией стержней. Напряжения и перемещения сверяем с их теоретическими значениями. Измеряем одну из реакций опор статически неопределимой рамы, сравниваем с её теоретическим значением. Убеждаемся в том, что уменьшение количества степеней свободы конструкции делает её жёстче, а коэффициент запаса прочности - выше.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1	Расчёты конструкционных материалов на исходный и остаточный ресурс.	Изучение открытых источников Изучение рекомендованной литературы и лекций по дисциплине
2	Изучение основ пакета программ ANSYS расчёта на прочность стержневых систем.	Проведение расчетов на основе пакета программ ANSYS по индивидуальным заданиям.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

Таблица 1

Объем времени и виды самостоятельной работы

Виды самостоятельной работы	Очная форма обучения
	Всего академических часов

Всего часов на самостоятельную работу	232/304
Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	110/182
Подготовка к практическим занятиям	100/100
Контрольная работа	22/22

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение

1. Расчёты конструкционных материалов на исходный и остаточный ресурс.
2. Изучение основ пакета программ ANSYS расчёта на прочность стержневых систем.

Тематическое содержание самостоятельной работы представлено в таблице 2.

Таблица 2

Тематическое содержание самостоятельной работы

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Количество часов	Перечень заданий
1.	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	110/182	Изучение открытых источников
2.	Подготовка к практическим занятиям	100/100	Изучение рекомендованной литературы и лекций по дисциплине
3.	Контрольная работа	22/22	Индивидуальные задания

5 Указания по проведению контрольных работ для обучающихся очной, очно-заочной формы обучения

5.1 Требования к структуре

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

5.2 Требования к содержанию (основной части)

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т. д.

3. Основная часть работы включает 2...4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т. п.).

5. Необходимо давать ссылки на используемую Вами литературу.

6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3 Требования к оформлению

Объём контрольной работы – 10...15 страниц формата А 4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт Times New Roman, размер 14).

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Степин П. А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 320 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3179 .

2. Стородубцева, Т. Н. Сопротивление материалов : учебное пособие / Т. Н. Стородубцева. – Воронеж : Воронежская государственная лесотехническая академия, 2013. – 220 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143146> (дата обращения: 08.11.2022). – Текст : электронный.

3. Атапин, В. Г. Практикум по сопротивлению материалов : учебное пособие : [16+] / В. Г. Атапин. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 216 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228575> (дата обращения: 08.11.2022). – ISBN 978-5-7782-1889-5. – Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Павлов, П.А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.А. Павлов, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 554 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=563

2. Беляев, Н.М. Сборник задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.М. Беляев, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 431 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2022

3. Костенко Н.А. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 2007. - 488 с.

4. Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 2007. – 560 с.

5. Стёпин П.А. Сопротивление материалов. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 320 с.

6. Подскрёбко М.Д. Сопротивление материалов. Практикум по решению задач. - Минск: Вышэйшая школа, 2009. - 688 с.

7. Подскрёбко М.Д. Сопротивление материалов. - Минск: Вышэйшая школа, 2007. - 797 с.

Рекомендуемая литература:

1. Горшков А.Г., Трошин В.Н., Шалашин В.И. Сопротивление материалов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 554 с.

2. Старовойтов Э.И. Сопротивление материалов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 384 с.

3. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов. - М.: БИНОМ, 2005. - 207 с.

4. Миролубов И.Н. Сопротивление материалов. Пособие по решению задач. - М.: Издательство «Лань», 2007. - 512 с.

5. Ицкович Г.М., Минин Л.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. - М.: Высшая школа, 2001. - 592 с.

6. Копнов А.В., Кривошапко С.Н. Сопротивление материалов. Руководство для решения задач и выполнения лабораторных и расчётно-графических работ. - М.: Высшая школа, 2009. - 351 с.

Электронные книги:

1. Миролубов И.Н., Алмаметов Ф.З., Курицын Н.А. Сопротивление материалов. [Электронный ресурс]. – М.: Лань, 2014. – 508 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=39150.

2. Кудрявцев Г.С. Сопротивление материалов. Интернет-тестирование базовых знаний. [Электронный ресурс]. – М.: Лань, 2013. – 98 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5247.

3. Павлов П.А. Сопротивление материалов. [Электронный ресурс]. – М.: Лань, 2007. – 560 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=563.

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

Интернет-ресурсы:

1. www.biblioclub.ru

2. www.rucont.ru

3. www.znaniium.com

4. www.e.lanbook.com

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Перечень программного обеспечения:

MSOffice.

Информационные справочные системы:

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.
2. Информационно-справочные системы «Консультант+», «Гарант».