

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 августа 2020г. № 1044.

Разработчик:

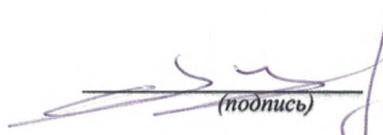
Одинокоев А.Ю., к.т.н., доцент
(Ф.И.О, ученая степень, ученое звание)

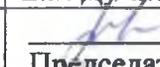

(подпись)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры МиИТ от 22.06.2021, протокол № 11.1.

Заведующий кафедрой МиИТ

Думдер Елена Владимировна, к.т.н.
(Ф.И.О, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Рабочая программа дисциплины (модуля):	Наименование Подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
ОДОБРЕНА	на заседании кафедры МиИТ	22.06.21	11.1	 Руководитель ОП Е.Б. Думдер
ОДОБРЕНА	Учебно-методическая комиссия ЛФ КНИТУ-КАИ	24.06.21	10	 Председатель УМК З.И.Аскарова
СОГЛАСОВАНА	Научно-техническая библиотека			 Библиотекарь А.Г. Страшнова

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Основной целью изучения настоящей дисциплины является: обеспечить усвоение будущими бакалаврами важнейших гипотез, понятий, методов, приемов и подходов к изучению прочности, жесткости и устойчивости конструкций при статических и динамических воздействиях, необходимых в практической деятельности бакалавра при проектировании, производстве и эксплуатации конструкций различного назначения, технологического оборудования, оснастки и средств автоматизации; дать необходимый объем знаний для успешного овладения другими учебными дисциплинами; заложить необходимый фундамент знаний в данной области для последующего их расширения как путем самостоятельного изучения, так и путем переподготовки.

1.2 Задачи дисциплины (модуля)

Сопротивление материалов является разделом механики и представляет собой одну из важнейших дисциплин, формирующих основы специальных знаний бакалавров направления 15.03.05.

Основными задачами дисциплины являются:

- подготовить к решению сложных профессиональных задач с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин;
- добиться, чтобы студенты овладели навыками получать, собирать, систематизировать и проводить анализ исходной информации для разработки конструкций и их систем;
- подготовить к разработке рабочей технической документации и оформлению законченных конструкторских работ;
- подготовить к проведению экспериментов по заданной методике и анализу их результатов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1. Дисциплины (модули) образовательной программы.

1.4 Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1а
Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Семестр	Общая трудоемкость дисциплины (модуля), в ЗЕ/час	Виды учебной работы, в т.ч., проводимые с использованием ЭО и ДОТ											
		Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебной работы (аудиторная работа)							Самостоятельная работа обучающегося (внеаудиторная работа)				
		Лекции/ в т.ч. в форме практической подготовки	Лабораторные работы/ в т.ч. в форме практической подготовки	Практические занятия/ в т.ч. в форме практической подготовки	Курсовая работа (консультация, защита)	Курсовой проект (консультация, защита)	Консультации перед экзаменом	Контактная работа на промежуточной аттестации	Курсовая работа (подготовка)/ в т.ч. в форме практической	Курсовой проект (подготовка)/ в т.ч. в форме практической	Проработка учебного материала (самоподготовка)/ в т.ч. в форме практической подготовки	Подготовка к промежуточной аттестации	Форма промежуточной аттестации
3	4 ЗЕ/144	16/0	-	16/0	-	-	2	0,3	-	-	76/0	33,7	экзамен
4	4 ЗЕ/144	16/0	-	16/0	-	-	2	0,3	-	-	76/0	33,7	экзамен
Итого	8 ЗЕ/288	32/0	-	32/0	-	-	4	0,6	-	-	152/0	67,4	

Объем дисциплины (модуля) для заочной формы обучения

Семестр	Общая трудоемкость дисциплины (модуля), в ЗЕ/час	Виды учебной работы, в т.ч., проводимые с использованием ЭО и ДОТ											
		Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебной работы (аудиторная работа)							Самостоятельная работа обучающегося (внеаудиторная работа)				
		Лекции/ в т.ч. в форме практической подготовки	Лабораторные работы/ в т.ч. в форме практической подготовки	Практические занятия/ в т.ч. в форме практической подготовки	Курсовая работа (консультация, защита)	Курсовой проект (консультация, защита)	Консультации перед экзаменом	Контактная работа на промежуточной аттестации	Курсовая работа (подготовка)/ в т.ч. в форме практической	Курсовой проект (подготовка)/ в т.ч. в форме практической	Проработка учебного материала (самоподготовка)/ в т.ч. в форме практической подготовки	Подготовка к промежуточной аттестации	Форма промежуточной аттестации
3	4 ЗЕ/144	8/0	-	8/0	-	-	2	0,3	-	-	119/0	6,7	экзамен
4	4 ЗЕ/144	8/0	-	8/0	-	-	2	0,3	-	-	119/0	6,7	экзамен
Итого	8 ЗЕ/288	16/0	-	16/0	-	-	4	0,6	-	-	238/0	13,4	

1.5 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Формируемые компетенции

Код компет енции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения

<p>ОПК-5</p>	<p>Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда</p>	<p>ОПК-5.1 - Обоснованно использует в расчётах основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий, влияющие на качество и трудоёмкость.</p> <p>ОПК-5.2 - Разрабатывает технологические процессы с использованием основных закономерностей, действующих в процессе изготовления машиностроительных изделий, требуемого качества, заданного количества, при наименьших затратах труда.</p> <p>ОПК-5.3 - Применяет способы рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, способы реализации основных технологических процессов с учётом аналитических и численных методов для получения машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества, при наименьших затратах труда.</p>	<p>Знает методы решения и построения эпюр внутренних силовых факторов при всех видах деформации стержней; методы стандартных испытаний по определению прочности и жесткости при сложных видах деформаций, применяя при этом теории прочности.</p> <p>Умеет решать задачи построения эпюр внутренних силовых факторов при всех видах деформации стержней и самостоятельно проверять их; решать задачи проверки прочности и жесткости при сложных видах деформаций, применяя при этом теории прочности; решать задачи проверки прочности и жесткости при растяжении-сжатии, сдвиге, изгибе и кручении; решать задачи раскрытия статической неопределимости.</p> <p>Владеет навыками получать, собирать, систематизировать и проводить анализ информации при оценке прочности и жесткости стержневых конструкций; навыками расчёта и проверки прочности и жесткости при сложных видах деформаций, применяя при этом теории прочности.</p>
---------------------	--	--	---

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

2.1 Структура дисциплины (модуля)

Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Разделы дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Наименование тем (разделов) дисциплины (модуля)	Всего (час)	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (в час)				Самостоятельная работа (проработка учебного материала), выполнение курсовой работы /проекта, подготовка к ПА, самоподготовка.
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	КР, КП, ПА, консультация	
3 семестр						
Раздел 1. Введение в механику деформируемого твердого тела						
Тема 1.1 Постановка задач сопротивления материалов.	2,5	0,5				2
Тема 1.2. Определение внутренних силовых факторов в поперечных сечениях стержней	20,5	0,5		4		16
Тема 1.3 Деформация растяжения и сжатия стержней	14	2		2		10
Раздел 2. Основы расчета на прочность и жесткость						
Тема 2.1. Основные соотношения теории упругости.	13	3				10
Тема 2.2. Геометрические характеристики плоских сечений	18	4		4		10
Тема 2.3. Деформация изгиба стержней.	24	2		4		18
Тема 2.4. Деформация сдвига и кручения стержней.	16	4		2		10
Промежуточная аттестация (экзамен)	36				2,3	33,7
Итого за семестр	144	16	-	16	2,3	109,7
4 семестр						
Раздел 3. Энергетические методы						
Тема 3.1. Энергетические методы в сопротивлении материалов	24	4		4		16
Раздел 4. Теории прочности, сложные деформации						
Тема 4.1. Сложные деформации стержней.	24	4		4		16
Тема 4.2. Теории прочности при	22	2		4		16

сложном напряженном состоянии.						
Раздел 5 Статическая непреодолимость, расчеты на устойчивость						
Тема 5.1. Раскрытие статической неопределимости по методу сил	20	4		2		14
Тема 5.2. Расчеты на устойчивость	18	2		2		14
Промежуточная аттестация (экзамен)	36				2,3	33,7
Итого за семестр	144	16	-	16	2,3	109,7

2.2 Содержание разделов дисциплины (модуля)

Раздел 1. Введение в механику деформируемого твердого тела

Тема 1.1. Постановка задач сопротивления материалов.

Предмет и цели курса. Прочность, жесткость, устойчивость, долговечность. Основные задачи в сопротивлении материалов. Некоторые вопросы истории науки о сопротивлении материалов. Место науки о сопротивлении материалов среди других наук. Расчетные схемы. Схематизация геометрии элемента конструкции. Схемы опирания. Классификация и способ представления внешних сил. Основные гипотезы, принимаемые в сопротивлении материалов.

Тема 1.2. Определение внутренних силовых факторов в сечениях стержней.

Внутренние силы. Внутренние силовые факторы в стержне в поперечных сечениях стержней. Правило знаков для внутренних интегральных силовых факторов. Метод сечений для выявления внутренних интегральных силовых факторов. Порядок построения эпюр внутренних силовых факторов. Дифференциальные уравнения равновесия элемента стержня бесконечно малой длины. Проверка правильности построения эпюр внутренних силовых факторов.

Тема 1.3. Деформация растяжения и сжатия.

Напряжения, деформации и перемещения при растяжении невесомого стержня. Гипотеза плоских сечений. Закон Гука при растяжении. Понятия нормального напряжения и линейной деформации в точке. Вывод зависимости между линейными деформациями и осевыми перемещениями при растяжении. Расчеты на прочность по допускаемым напряжениям и расчет на жесткость при растяжении. Напряжения, деформации и перемещения при растяжении стержня постоянного поперечного сечения с учетом собственного веса.

Раздел 2. Основы расчета на прочность и жесткость

Тема 2.1. Основные соотношения теории упругости.

Напряженное состояние в точке трехмерного упругого тела. Дифференциальные уравнения равновесия трехмерного упругого тела. Закон парности касательных напряжений. Виды напряженного состояния в точке

твёрдого тела. Одноосное напряжённое состояние. Двухосное (плоское) напряжённое состояние. Формулы для напряжений на площадках, наклонных к заданным. Напряжения на главных площадках при двухосном напряжённом состоянии. Площадки сдвига. Напряжённые состояния чистого сдвига и всестороннего растяжения (сжатия). Трёхосное напряжённое состояние. Понятие тензора напряжений. Деформированное состояние в точке трёхмерного упругого тела. Зависимости между деформациями и перемещениями. Обобщённый закон Гука. Система уравнений теории упругости и её представление в перемещениях.

Тема 2.2. Геометрические характеристики плоских сечений.

Статические моменты и моменты инерции плоских сечений. Моменты инерции плоского сечения относительно осей, параллельных центральным. Зависимости между моментами инерции при повороте осей. Аналогия с формулами для напряжений. Главные оси и главные моменты инерции. Моменты инерции простейших плоских сечений. Способы вычисления моментов инерции для главных центральных осей.

Тема 2.3. Изгиб стержней.

Понятие плоского изгиба. Чистый изгиб. Кинематические гипотезы при изгибе. Кинематические соотношения при изгибе балки. Формулы для нормальных напряжений при изгибе. Поперечный изгиб стержней, гипотезы при поперечном изгибе. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Касательные напряжения в балках двутаврового поперечного сечения. Система дифференциальных уравнений изгиба балки. Определение перемещений при плоском изгибе. Метод уравнивания произвольных постоянных интегрирования при определении прогибов балки. Проверка прочности и проверка жесткости при изгибе балки.

Тема 2.4. Деформация сдвига и кручения стержней.

Деформация сдвига в стержнях. Расчет на срез. Расчет заклепочного соединения. Концентрация напряжений. Смятие поверхности. Контактные напряжения. Кручение круглого вала. Кинематические гипотезы. Кинематические соотношения при кручении круглого вала. Соотношение упругости и формулы для вычисления напряжений при кручении. Дифференциальное уравнение равновесия при кручении. Определение перемещений при кручении. Система дифференциальных уравнений кручения круглого вала. Кручение стержней некруглой формы. Свободное и стесненное кручение.

Раздел 3. Энергетические методы

Тема 3.1. Энергетические методы в сопротивлении материалов.

Потенциальная энергия упругих деформаций при растяжении, сдвиге,

кручении, чистом и поперечном изгибе. Общее выражение для потенциальной энергии упругих деформаций для стержня. Теорема Кастильяно. Определение перемещений стержней с помощью интеграла Мора.

Литература: [1].

Раздел 4. Теории прочности, сложные деформации

Тема 4.1. Сложные деформации. Расчетные соотношения для стержней при действии нагрузки общего вида. Косой изгиб. Внецентренное растяжение (сжатие). Понятие ядра сечения. Изгиб с кручением.

Тема 4.2. Теории прочности при сложном напряженном состоянии.

Общие подходы к проверке прочности при сложном напряженном состоянии. Теории прочности по наибольшим нормальным напряжениям (1-ая теория прочности), по наибольшим главным удлинениям (2-ая теория прочности), по наибольшим касательным напряжениям (3-я теория прочности), энергетическая теория прочности (4-ая теория прочности), теория прочности Мора (5-ая теория прочности).

Раздел 5. Статистическая непреодолимость, расчеты на устойчивость

Тема 5.1. Понятие статической неопределимости. Раскрытие статической неопределимости по методу сил.

Понятие статической неопределимости. Статическая неопределимость внешняя и внутренняя. Степень статической неопределимости. Раскрытие статической неопределимости по методу сил. Выбор основной и эквивалентной системы в методе сил. Канонические уравнения метода сил.

Тема 5.2. Расчеты на устойчивость.

Понятие устойчивости. Устойчивость сжатых стержней. Задача Эйлера. Проверка прочности и устойчивости сжатых стержней.

2.3 Курсовая работа (курсовой проект)

Не предусмотрено учебным планом.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

3.1 Содержание оценочных материалов и их соответствие запланированным результатам обучения

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля). Перечень оценочных средств текущего контроля представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Оценочные средства текущего контроля

Виды учебных занятий	Наименование оценочного средства текущего контроля	Код и индикатор достижения компетенции
Лекционные занятия	Тестовые задания, контрольные вопросы.	ОПК-5.1, ОПК-5.2
Практические занятия	Защита практических заданий, расчётно-графические задания.	ОПК-5.1, ОПК-5.2
Самостоятельная работа	Тестовые задания, расчётно-графические задания, контрольные вопросы.	ОПК-5.1, ОПК-5.2

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы.

Примеры тестовых заданий

1. Прочностью материала называется

1. Способность материала давать остаточные деформации после нагружения и последующей разгрузки.

2. Способность материала разрушаться при незначительных деформациях.

3. Способность материала сопротивляться разрушению.

4. Способность материала восстанавливать свои первоначальные размеры и форму после разгрузки.

5. Способность материала сопротивляться изменению формы и размеров.

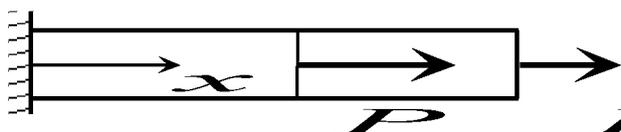
2. Жесткостью материала называется

1. Способность материала давать остаточные деформации после нагружения и последующей разгрузки.

2. Способность материала разрушаться при незначительных деформациях.

3. Способность материала сопротивляться разрушению.
 4. Способность материала восстанавливать свои первоначальные размеры и форму после разгрузки.
 5. Способность материала сопротивляться изменению формы и размеров.
3. Упругостью материала называется
 1. Способность материала давать остаточные деформации после нагружения и последующей разгрузки.
 2. Способность материала разрушаться при незначительных деформациях.
 3. Способность материала сопротивляться разрушению.
 4. Способность материала восстанавливать свои первоначальные размеры и форму после разгрузки.
 5. Способность материала сопротивляться изменению формы и размеров.
 4. Пластичностью материала называется
 1. Способность материала давать остаточные деформации после нагружения и последующей разгрузки.
 2. Способность материала разрушаться при незначительных деформациях.
 3. Способность материала сопротивляться разрушению.
 4. Способность материала восстанавливать свои первоначальные размеры и форму после разгрузки.
 5. Способность материала сопротивляться изменению формы и размеров.
 5. Хрупкостью материала называется
 1. Способность материала давать остаточные деформации после нагружения и последующей разгрузки.
 2. Способность материала разрушаться при незначительных деформациях.
 3. Способность материала сопротивляться разрушению.
 4. Способность материала восстанавливать свои первоначальные размеры и форму после разгрузки.
 5. Способность материала сопротивляться изменению формы и размеров.
6. . Указать опорные реакции для рисунков (вертикальная опорная реакция R , горизонтальная H , реактивный момент M_R).
 7. Внутренние усилия вдали от зоны приложения локальной нагрузки не зависят от закона её распределения, а зависят только от
 1. от свойств материала,
 2. её главного вектора и главного момента,
 3. выбранной системы координат,
 4. её величины,

5. длины стержня.
8. При определении внутренних сил нагрузку
 1. можно прикладывать к исходной недеформированной конструкции;
 2. можно прикладывать к исходной недеформированной конструкции при малых перемещениях и деформациях;
 3. можно прикладывать к исходной недеформированной конструкции по принципу суперпозиции;
 4. нельзя прикладывать к исходной недеформированной конструкции;



5. нельзя прикладывать к деформированной конструкции.
9. В поперечных сечениях около заделки стального стержня, изображённого на рисунке, при действии осевой силы $P = 100$ кН возникает нормальное напряжение $\sigma = 40$ МПа, при действии силы $P = 50$ кН и силы $R = 25$ кН это напряжение равно _____.

Расчётно-графические задания выполняются согласно разработанным методическим пособиям по индивидуальному шифру.

Полный комплект материалов (текущего и промежуточного контроля), необходимых для оценивания результатов освоения дисциплины (модуля), хранится на кафедре-разработчике в бумажном или электронном виде.

3.2 Содержание оценочных материалов промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обеспечивает оценивание промежуточных результатов обучения по дисциплине (модулю).

Для оценки степени сформированности компетенций используются оценочные материалы, включающие тестовые задания и контрольные (экзаменационные) вопросы.

Типовые тестовые задания (тесты по итогам изучения дисциплины)

1. Эпюры перерезывающих сил и интенсивности распределённой нагрузки связаны соотношением

$$\frac{**}{**} = *$$

$$N(x), Q(x), F(x), M(x), P(x), q(x), \partial, d, \Delta, x, y, z$$

2. Эпюра моментов при изгибе стержня получается

1. В положительной полуплоскости системы координат.

2. В отрицательной полуплоскости системы координат.
3. Со стороны растянутых продольных волокон.
4. Со стороны сжатых продольных волокон.
5. Сверху от стержня.
6. Снизу от стержня.

3. Укажите последовательность действий по методу сечений для отыскания внутренних силовых факторов (ВСФ) в стержне

1. Из уравнений равновесия найти внутренние силовые факторы.
2. Определить опорные реакции.
3. Отбросить одну из частей стержня.
4. Разрезать мысленно стержень поперечным сечением в точке оси, где требуется определить ВСФ.
5. Заменить действие отброшенной части ВС факторами, которые следует приложить в положительную сторону согласно специальному правилу знаков.
6. Сравнить полученные ВСФ с допускаемыми напряжениями.
7. Заменить действие отброшенной части ВС факторами, которые следует приложить в положительную сторону осей координат.

4. Максимум эпюры изгибающих моментов расположен в точке, где

1. Перерезывающая сила максимальна.
2. Перерезывающая сила убывает.
3. Перерезывающая сила возрастает.
4. Перерезывающая сила меняет знак с минуса на плюс.
5. Меняет знак с плюса на минус.

5. Условие прочности при растяжении

$$1. \quad 3. \max|\tau| = \frac{\max|Q|}{F} \leq [\tau] \quad 5. \max|\sigma| = \frac{\max|N|}{F} \leq [\sigma]$$

$$2. \max|\tau| = \frac{\max|M_x|}{W_p} \leq [\tau] \quad 4. \max|\tau| = \frac{\max|Q|}{J} \max \frac{|S_z^{\max}|}{b} \leq [\tau]$$

6. Закон Гука при растяжении

$$1. \sigma = E\varepsilon \quad 2. \delta_i = \int_{(i)} \frac{M(x)M_1(x)}{EJ_z} dx \quad 3. \tau = G\gamma \quad 4. \varphi = \frac{M_x l}{GJ_p} \quad 5. \kappa = \frac{M_z}{EI_z}$$

7. Укажите размерность напряжения в сопротивлении материалов

В, Вт, Н, м, м², м³, Дж, ×, /

Контрольные (экзаменационные) вопросы (3 семестр):

1. Постановка задач сопротивления материалов. Расчетные схемы и математические модели. Схемы опирания.
2. Силы в сопротивлении материалов. Нагрузки, распределённые по объёму поверхности и длине.
3. Основные гипотезы, принимаемые в сопротивлении материалов.
4. Напряжённое состояние в точке трехмерного упругого тела. Виды напряжённого состояния в точке твердого тела. Понятие тензора напряжений.
5. Вывод дифференциальных уравнений равновесия трехмерного упругого тела.
6. Закон парности касательных напряжений. Его получение из условий равновесия бесконечно малого элемента.
7. Одноосное напряжённое состояние. Вывод формул для напряжений на площадках, наклонных к заданным.
8. Двухосное (плоское) напряжённое состояние. Вывод формул для напряжений на площадках, наклонных к заданным.
9. Напряжения на главных площадках при двухосном (плоском) напряжённом состоянии.
10. Площадки сдвига. Напряжённые состояния чистого сдвига и всестороннего растяжения (сжатия).
11. Деформированное состояние в точке трехмерного упругого тела.
12. Физические соотношения. (Обобщенный закон Гука).
13. Система уравнений теории упругости. Пути ее преобразования и решения.
14. Статические моменты и моменты инерции плоских сечений (математические определения и способы вычисления этих величин для составного сечения).
15. Вывод формул для моментов инерции плоского сечения относительно осей, параллельных центральным.
16. Вывод зависимостей между моментами инерции плоского сечения при повороте осей.
17. Основные гипотезы, принимаемые в теории плоского изгиба (при чистом и поперечном изгибе).
18. Вывод кинематических соотношений при изгибе балки.
19. Вывод соотношений упругости и формул для нормальных напряжений при изгибе.
20. Вывод формулы для касательных напряжений при поперечном изгибе. (Формула Журавского).
21. Двутавровое поперечное сечение. Касательные напряжения в

балках двутаврового поперечного сечения.

22. Система дифференциальных уравнений изгиба балки. Дифференциальные зависимости при изгибе. Определение перемещений при плоском изгибе.

23. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали, основные механические характеристики металлов.

24. Диаграмма растяжения дюрала. Различные определения пределов текучести. Особенности испытаний на сжатие.

25. Расчеты на прочность по допускаемым напряжениям при растяжении, поперечном изгибе, сдвиге, кручении. Расчеты на жесткость.

26. Деформированное состояние в точке трехмерного упругого тела. Вывод зависимостей между линейными деформациями и перемещениями.

27. Деформированное состояние в точке трехмерного упругого тела. Вывод зависимостей между угловыми деформациями и перемещениями.

28. Деформация сдвига в стержнях. Расчет на срез.

29. Гипотезы, принимаемые при кручении круглых стержней. Особенности кручения стержней некруглого поперечного сечения.

30. Получение основных соотношений для случая кручения круглого стержня.

Контрольные (экзаменационные) вопросы к экзамену (4 семестр):

1. Расчетные соотношения для стержней при действии нагрузки общего вида.

2. Внецентренное растяжение (сжатие) стержней.

3. Косой изгиб стержней.

4. Изгиб с кручением.

5. Общие подходы к проверке прочности при сложном напряженном состоянии.

6. Теории прочности по наибольшим нормальным напряжениям и наибольшим главным удлинениям (1-я и 2-я теории прочности).

7. Теории прочности по наибольшим касательным напряжениям (3-я теория прочности) и энергетический критерий прочности (4-я теория прочности).

8. Критерий прочности Мора (5-я теория прочности). Единая теория прочности.

9. Вывод формул для проверки прочности и подбора сечений при изгибе с кручением круглого стержня.

10. Потенциальная энергия упругих деформаций при растяжении и сдвиге.

11. Потенциальная энергия упругих деформаций при кручении.

12. Потенциальная энергия упругих деформаций при чистом изгибе.
13. Потенциальная энергия упругих деформаций при поперечном изгибе.
14. Теорема Кастильяно и ее доказательство.
15. Вывод интеграла Мора и определение перемещений с помощью интеграла Мора.
16. Статически неопределимые стержневые системы (понятие статической неопределимости, классификация, связи, степень статической неопределимости).
17. Раскрытие статической неопределимости по методу сил. Канонические уравнения метода сил.
18. Выбор основной и эквивалентной системы в методе сил.
19. Вычисление коэффициентов канонической системы уравнений метода сил.
20. Особенности напряженно-деформированного состояния статически неопределимых систем. Температурные напряжения.
21. Закон Гука при одноосном напряженном состоянии и обобщенный с учетом температурного воздействия.
22. Понятие устойчивости. Устойчивость стержней. Влияние условий закрепления на величину критической силы. Ограничения при использовании формулы Эйлера.
23. Расчет сжатых стержней на устойчивость в пределах упругости (задача Эйлера).
24. Динамические нагрузки. Принцип Д'Аламбера в теоретической механике и в механике деформируемого твердого тела. Расчет равномерно вращающегося прямого стержня.
25. Понятие удара. Основные гипотезы, использовавшиеся при решении задачи удара. Удар падающего груза по упругой системе, масса которой мала по сравнению с массой груза.
26. Свободные и вынужденные колебания. Частоты и формы колебаний с конечным и бесконечным числом степеней свободы. Особенности проверки прочности при колебаниях.
27. Понятие усталости материалов. Малоцикловая и многоцикловая усталость, основные характеристики цикла нагружения. Кривые усталости, предел выносливости.
28. Диаграмма предельных амплитуд общего вида и упрощенная. Подобные циклы на диаграмме предельных амплитуд.
29. Учет влияния концентрации напряжений, качества поверхности и размеров детали на усталостную прочность. Влияние других факторов.

30. Расчеты на усталостную прочность в случае одноосного напряженного состояния, при чистом сдвиге и при плоском напряженном состоянии в стержнях.

3.3 Оценка успеваемости обучающихся

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой по 100-балльной шкале. Балльные оценки для контрольных мероприятий представлены в таблице 3.2, балльные оценки для контрольных мероприятий при выполнении курсовой работы (курсового проекта) представлены в таблице 3.3. Пересчет суммы баллов в традиционную оценку представлен в таблице 3.4.

Таблица 3.2

Балльные оценки для контрольных мероприятий

Наименование контрольного мероприятия	Максимальный балл на первую аттестацию	Максимальный балл за вторую аттестацию	Максимальный балл за третью аттестацию	Всего за семестр
3 семестр				
Тестирование	10	5		15
Отчет по практическому занятию	5	5	5	15
Расчётно-графические задания			20	20
Итого (максимум за период)	25	16	18	50
Зачет / <u>экзамен</u>				50
Итого				100
Тестирование	10	5		15
Отчет по практическому занятию	5	5	5	15
Расчётно-графические задания			20	20
Итого (максимум за период)	25	16	18	50
Зачет / <u>экзамен</u>				50
Итого				100

Шкала оценки на промежуточной аттестации

Выражение в баллах	Словесное выражение при форме промежуточной аттестации - зачет	Словесное выражение при форме промежуточной аттестации - экзамен
от 86 до 100	Зачтено	Отлично
от 71 до 85	Зачтено	Хорошо
от 51 до 70	Зачтено	Удовлетворительно
до 51	Не зачтено	Не удовлетворительно

4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

4.1.1 Основная литература

1. Одинокоев А.Ю. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие. Казань, КГТУ, 2010. - 436 с. – Текст: электронный. - URL: <http://elibs.kai.ru/docs/file/805727/HTML/index.html>

2. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник / Учайев П. Н., Емельянов С. Г., Схиртладзе А. Г. [и др.] 1– Старый Оскол: ТНТ, 2020. – 344 с. - Текст: электронный // ЭБС ТНТ [сайт]. – URL: <http://tnt-ebook.ru/library/read/book/29>

4.1.2 Дополнительная литература

3. Авдеев В. И. Сопротивление материалов с примерами расчётов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Авдеев В. И. 1– Старый Оскол: ТНТ, 2021. – 212 с. - Текст: электронный // ЭБС ТНТ [сайт]. – URL: <http://tnt-ebook.ru/library/read/book/627>

4. Авдеев В. И. Сопротивление материалов с примерами расчётов в среде Mathcad [Электронный ресурс]: учебное пособие / Авдеев В. И., Егодуров Г. С. 1– Старый Оскол: ТНТ, 2020. – 296 с. - Текст: электронный // ЭБС ТНТ [сайт]. – URL: <http://tnt-ebook.ru/library/read/book/531>

5. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов: учебник и практикум для вузов / В. Г. Атапин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2021. — 342 с. — (Высшее образование). — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/soprotivlenie-materialov-469362#page/1>

4.1.3 Методические материалы

1. Аристова Н.С., Булашов Д.А., Одинокоев А.Ю., Просвиряков Е.Ю., Савинов В.И. Расчет стержней и стержневых систем: учебное пособие. - Казань. КНИТУ-КАИ. 2013. - 248 с.

2. 7. Сопротивление материалов в вопросах-ответах и сборник задач для самостоятельной работы с примерами [Электронный ресурс]: учебное пособие / Схиртладзе А. Г., Волков В. В., Николаев В. С. [и др.] – 4-е изд., стер. – Старый Оскол: ТНТ, 2020. – 324 с. - Текст: электронный // ЭБС ТНТ [сайт]. – URL: <http://tnt-ebook.ru/library/read/book/239>

3. 8. Логвинов, В. Б. Сопротивление материалов. Лабораторные работы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Логвинов В. Б., Волосухин В.

А., Евтушенко С. И. - 4-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 212 с.: - (ВО: Бакалавриат). - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=354386>

4. 9. Построение эпюр внутренних силовых факторов для стержней и рам [Электронный ресурс]: методические указания к расчетно-графическим работам / Мин-во общего и проф. образования РФ, КГТУ им. А.Н. Туполева, Каф. Сопротивления материалов, 1999. - 16 с. - Текст: электронный. - URL: http://jirbis.library.kai.ru/docs_file/0-29388/HTML/index.html

5. 10. Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе балок. [Электронный ресурс]: методические указания к расчетно-графическим работам / Мин-во общего и проф. образования РФ, КГТУ им. А.Н. Туполева, 1999. - 20 с. - Текст: электронный. - URL: http://jirbis.library.kai.ru/docs_file/0-29388/HTML/index.html

6. Электронный курс «Сопротивление материалов ч.1» в структуре электронного университета (Black Board)

Режим доступа:

https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=98874_1&course_id=3221_1

7. Электронный курс «Сопротивление материалов ч.2» в структуре электронного университета (Black Board)

URL:

https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=98875_1&course_id=5301_1

4.1.4 Перечень информационных технологий и электронных ресурсов, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной информационно-образовательной среды КНИТУ-КАИ.

1. Электронный курс «Сопротивление материалов ч.1» в структуре электронного университета (Black Board) URL: https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=98874_1&course_id=3221_1

2. Электронный курс «Сопротивление материалов ч.2» в структуре электронного университета (Black Board) URL: https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=98875_1&course_id=5301_1

4.1.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

1. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы «Лань». URL: <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы «Znanium/com». URL: <https://znanium.com/>
3. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы «Юрайт». URL: <https://urait.ru>
4. Научно-техническая библиотека КНИТУ-КАИ им. Н.Г. Четаева. URL: <http://elibs.kai.ru/>
5. Электронно-библиотечная система ТНТ. URL: <http://tnt-ebook.ru/>

4.2 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и требуемое программное обеспечение

Описание материально-технической базы и программного обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) приведено соответственно в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1

Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Наименование вида учебных занятий	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (К206)	- мультимедийный проектор; - ноутбук; - настенный экран; - акустические колонки; - учебные столы, стулья; - доска; - стол преподавателя, - учебно – наглядные пособия.
Практические занятия	Учебная аудитория (Лаборатория сопротивления материалов и материаловедения) (К. 116)	- учебные столы, стулья; - доска; - учебно- наглядные пособия, - стол преподавателя; - учебная испытательная машина МИ40У; - ПЭВМ с ЖК монитором; - Универсальный учебный комплекс по сопротивлению материалов СМ1

		<p>в составе:</p> <p>Наладка 1. Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона, исследование внецентренного растяжения стержня, исследование напряжений в стержне большой кривизны. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 2. Испытание на кручение стального образца, определение модуля сдвига, исследование напряженно-деформированного состояния в стержне при кручении. Исследование плоского напряженного состояния стержня методом тензометрии. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 3 Исследование напряженно-деформированного состояния в плоской раме, опытная проверка теоремы взаимности работ и принципа взаимности перемещений. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 4. Изучение характера распределений напряжений в зоне расположения концентратора и в зоне, удаленной от него. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 5. Определение перемещений в балке при изгибе, определение значений опорной реакции статически неопределимой балки. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 6. Определение напряжений и перемещений в балке при косом изгибе. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 7. Испытание тонкостенного стержня открытого профиля на изгиб и кручение. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 8. Определение критической силы для сжатого стержня, исследование работы стержня при продольно поперечном изгибе. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 9. Опытная проверка напряженного состояния балки при плоском изгибе. – 1 шт.;</p> <p>Наладка 10. Исследование напряженно-деформированного состояния консольного стержня равного сопротивления изгибу. – 1 шт.;</p> <p>- микроскоп лабораторный</p>
--	--	--

		металлографический ЛабоМет-2 ЛПО; -микроскоп малый инструментальный ММИ-2 (с укладочным ящиком).
	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (К.108)	- учебные столы, стулья; - доска; - стол преподавателя; - учебно – наглядные пособия.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы студента (Л. 112)	- персональный компьютер; - ЖК монитор 19"; - столы компьютерные; - учебные столы, стулья.

Таблица 4.2

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Производитель	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
1.	Microsoft Windows 7 Professional Russian	Microsoft, США	Лицензионное
2.	Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian	Microsoft, США	Лицензионное
3.	Антивирусная программа Kaspersky Endpoint Security 8 for Windows	Лаборатория Касперского, Россия	Лицензионное

5 ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Обучение по дисциплине (модулю) обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов организуется как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету (экзамену)	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Устный опрос по терминам, собеседование по вопросам к зачету (экзамену)	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету (экзамену)	Преимущественно дистанционными методами

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, например:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Освоение дисциплины (модуля) лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изменения, вносимые в рабочую программу дисциплины (модуля)

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» заведующий кафедрой, реализующей дисциплину