

Минобрнауки России
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебной работе

_____ Василенко В.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)
" _30_ " _____ 05_____ 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Направление подготовки

15.04.03 Прикладная механика

Направленность (профиль) подготовки

**Математическое и компьютерное моделирование
механических систем и процессов**

Квалификация выпускника

Магистр

Воронеж

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

28 Производство машин и оборудования (в сфере повышения надежности и долговечности работы деталей, узлов и механизмов);

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах: обеспечения необходимой динамики, прочности, устойчивости, рациональной оптимизации, долговечности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры и их элементов; расчетно-экспериментальных работ с элементами научных исследований в области прикладной механики; разработки и проектирования новой техники и технологий).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

производственно-технологический;

научно-исследовательский;

проектно-конструкторский.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.03 «Прикладная механика» (уровень образования - магистр).

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-5	способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов;	ИД2 _{ОПК-5} – Применяет численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов
2	ОПК-10	способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики;	ИД1 _{ОПК-10} – Применяет существующие физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 _{ОПК-5} – Применяет численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Знает: математические основы современных численных методов; современные компьютерные технологии для решения профессиональных задач с применением численных методов
	Умеет: выбирать подходящие численные методы и применять соответствующие физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии для решения математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов

	Владеет: навыками решения математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата и современных компьютерных технологий.
ИД1 _{ОПК-10} – Применяет существующие физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	Знает: численные методы и алгоритмы их реализации
	Умеет: разрабатывать алгоритмы численного решения типовых математических моделей, описывающих физико-механические процессы и явления при решении научно-технических задач в области прикладной механики
	Владеет: навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, для практического применения и предназначенные для решения математических моделей, описывающих физико-механические процессы и явления при решении научно-технических задач в области прикладной механики

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы ВО

Дисциплина относится к *обязательной части* Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин: “Теория планирования и методы экспериментальных исследований в механике”, “Теории упругости и пластичности”.

Дисциплина является предшествующей для изучения: *производственная практика, преддипломная практика, выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.*

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных единиц

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		2	3
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	216	108	108
Контактная работа в т. ч. аудиторные занятия:	94,75	58,05	36,7
Лекции	31	19	12
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Лабораторные занятия	62	38	24
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>		-	-
Консультации текущие	1,55	0,95	0,6
Вид аттестации (зачет)	0,2	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	121,25	49,95	71,3
Проработка материалов по учебникам, учебным пособиям	88,95	29,65	59,3
Проработка материалов по лекциям	15,5	9,5	6
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование)	16,8	10,8	6

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

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость разде-
-------	---------------------------------	--------------------	---------------------

ны		ла, часы	
2 семестр			
1	Численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	<p>Классификация численных методов. Источники и классификация погрешностей. Приближенные числа. Устойчивость и сходимость численного решения. Конечные разности.</p> <p>Понятие систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Матричная запись СЛАУ. Матрицы и их свойства. Прямые методы решения СЛАУ: метод Гаусса, метод LU – разложения, матричный метод. Итерационные методы: метод простой итерации, метод Якоби, метод Зейделя. Оценка ошибки приближенного решения.</p> <p>Понятие нелинейных уравнений. Графический способ определения приближенных корней. Численные методы уточнения корней: метод бисекции, метод хорд, метод Ньютона, метод простой итерации. Решение систем нелинейных уравнений: метод Ньютона, метод простой итерации.</p> <p>Понятие о приближении функции. Полиномы Чебышева. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционный многочлен Ньютона. Точность интерполяции. Сплайны. Метод наименьших квадратов. Функции двух переменных. Полнофакторное планирование экспериментальных исследований.</p> <p>Численное дифференцирование. Конечные разности первого и второго порядка. Интерполяционный метод. Метод Рунге-Ромберга.</p> <p>Численное интегрирование. Метод прямоугольников. Метод трапеций. Метод Симпсона. Метод Монте-Карло. Оценка погрешности численного интегрирования. Квадратурные формулы Гаусса.</p> <p>Конечно-разностные схемы для обыкновенных дифференциальных уравнений. Численное решение задачи Коши. Метод Эйлера и его модификация. Метод Рунге-Кутты. Численное решение систем ОДУ. Численное решение краевых задач. Ошибка приближенного решения.</p>	106,95
2	<i>Консультации текущие</i>		0,95
3	<i>Зачет</i>		0,1
3 семестр			
4	Математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	<p>Основные положения метода конечных элементов. Основные принципы моделирования методом конечных элементов. Обзор современного программного обеспечения, применяемых для решения инженерных задач методом конечных элементов (APMFEM для Компас 3D, APMWinMachine, T-Flex, FlowVision, Ansys, SolidWorks, ПК Лира). Задачи теории упругости и методы их решения. Основные соотношения теории упругости в матричной форме.</p> <p>Основные соотношения метода конечных элементов при линейном напряженно-деформированном состоянии стержня. Основы формирования расчетных зависимостей стержневых систем. Основные соотношения метода конечных элементов при кручении и изгибе стержней. Основные соотношения метода конечных элементов при сложном нагружении стержней.</p>	107,3
5	<i>Консультации текущие</i>		0,6
6	<i>Зачет</i>		0,1

5.2 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ЛР, час	СРО, час
1.	Численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	19	38	49,95
2	Консультации текущие	0,95		
4	Зачет	0,1		
5	Математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	12	24	71,3

6	Консультации текущие	0,6
8	Зачет	0,1

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
2 семестр			
1.	Численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Классификация численных методов. Источники и классификация погрешностей. Приближенные числа. Устойчивость и сходимость численного решения. Конечные разности.	2
		Обзор современных систем компьютерной математики (MATLAB, Mathcad, SMath Studio и др.). Функциональность, принципы работы в SMath Studio. Основы программирования в SMath Studio. Визуализация результатов расчета.	2
		Матрицы и их свойства. Прямые методы решения СЛАУ: метод Гаусса, метод LU – разложения, матричный метод. Итерационные методы: метод простой итерации, метод Якоби, метод Зейделя. Оценка ошибки приближенного решения.	4
		Понятие о приближении функции. Полиномы Чебышева. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционный многочлен Ньютона. Точность интерполяции. Сплайны. Метод наименьших квадратов. Функции двух переменных. Полнофакторное планирование экспериментальных исследований.	4
		Численное дифференцирование. Конечные разности первого и второго порядка. Интерполяционный метод. Метод Рунге-Ромберга. Конечно-разностные схемы для обыкновенных дифференциальных уравнений.	4
3 семестр			
2.	Математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	Основные соотношения метода конечных элементов при линейном напряженно-деформированном состоянии стержня.	2
		Основы формирования расчетных зависимостей стержневых систем.	2
		Основные соотношения метода конечных элементов при кручении и изгибе стержней.	2
		Основные соотношения метода конечных элементов при сложном нагружении стержней.	2
		Плоский треугольный элемент. Аппроксимация поля перемещений точек внутри КЭ. Матрица аппроксимирующих функций; механический смысл её элементов. Матрица жёсткости этого КЭ; механический смысл элементов этой матрицы и блоков этой матрицы. Общее и упрощенное приведение распределённой нагрузки к эквивалентной узловой нагрузке. Преимущества и недостатки этого КЭ.	4

5.2.2 Практические занятия

Не предусмотрены

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость, час
-------	---------------------------------	-----------------------------	-------------------

1.	Численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Интерфейс и основы работы в SMath Studio.	4
		Использование встроенных функций решения СЛАУ и программирование итерационных методов	4
		Уточнение корней нелинейных уравнений встроенными функциями и программирование численных методов уточнения корней.	2
		Численное решение системы нелинейных уравнений.	2
		Интерполяция встроенными функциями и полиномом Лагранжа.	2
		Дифференцирование функции при помощи встроенных функций SMath Studio	4
		Сравнение методов интегрирования с результатами вычисления встроенными функциями	2
		Решение дифференциальных уравнений встроенными функциями SMath Studio	2
2.	Математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	Интерфейс и основы работы с APMFEM для Компас 3D	6
		Расчет МКЭ ступенчатого статически неопределимого стержня на растяжение в SMath Studio.	4
		Расчет плоской стержневой системы в SMath Studio.	3
		Расчет пространственной стержневой системы в SMath Studio.	4
		Расчет в SMath Studio статически определимой балки МКЭ на изгиб.	3
		Формирование расчетных зависимостей МКЭ при изгибе балки.	4

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1.	Численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Проработка материалов по учебникам, учебным пособиям	29,65
		Проработка материалов по лекциям	9,5
		Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование)	10,8
2.	Математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	Проработка материалов по учебникам, учебным пособиям	59,3
		Проработка материалов по лекциям	6
		Подготовка к защите лабораторных и практических работ (собеседование, тестирование)	6

6.1 Основная литература

1. Мкртычев, О. В. Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг : учебное пособие / О. В. Мкртычев. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2021. — 66 с. <https://e.lanbook.com/book/179197>
2. Маламанов, С. Ю. Решение задач механики с помощью современных вычислительных технологий : учебное пособие / С. Ю. Маламанов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2022. — 20 с. <https://e.lanbook.com/book/382220>
3. Слабнов, В. Д. Численные методы / В. Д. Слабнов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 392 с. <https://e.lanbook.com/book/359849>
4. Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 292 с. <https://e.lanbook.com/book/305219>

6.2 Дополнительная литература

1. Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 252 с. <https://e.lanbook.com/book/254663>
2. Язев, В. А. Численные методы в Mathcad : учебное пособие для вузов / В. А. Язев, И. Лукьяненко, С.. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 116 с. <https://e.lanbook.com/book/200381>
3. Макаров, Е. Г. Метод конечных элементов в прочностных расчётах : учебное пособие / Е. Г. Макаров. - Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 136 с. <https://e.lanbook.com/book/121830>
4. Амосов, А. А. Вычислительные методы : учебное пособие / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 672 с. <https://e.lanbook.com/book/327497>

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Учебно-методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp
Образовательная платформа «Юрайт»	https://urait.ru/
ЭБС «Лань»	https://e.lanbook.com/
АИБС «МегаПро»	https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	http://minobrnauki.gov.ru
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	http://education.vsu.ru

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
Альт Образование	Лицензия № ААА.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license

Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Libre Office 6.1	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)

Справочно-правовые системы

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена по адресу <https://vsuet.ru>

Для проведения учебных занятий используются учебные аудитории:

Ауд. № 124. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Переносное мультимедийное оборудование: проектор View Sonic PJD 5232, экран на штативе DigisKonturCDSKS-1101, доска 3-х элементная, мел/маркер
Ауд. № 126. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Проектор View Sonic PJD 5232, экран на штативе DigisKonturCDSKS-1101, ноутбук, лабораторноиспытательное оборудование: металлографический микроскоп Optika XDS-3MET, разрывная машина IP20 2166P5/500, блок управления ПУ-7 УХЛ 4.2
Ауд. № 127. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Машина испытания на растяжение МР-0,5, машина испытания на кручение КМ-50, машина универсальная разрывная УММ-5, машина испытания пружин МИП-100, машина разрывная УГ 20/2, машина испытания на усталость МУИ6000, копер маятниковый
Ауд. № 227. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Интерактивная доска SMART Board SB660 64, комплект лабораторного оборудования для проведения дисциплины "Детали машин и основы конструирования": машина тарировочная, прибор ТММ105-1, стенды методические
Ауд. № 127а. Компьютерный класс	Моноблок Гравитон - 12 шт.
Ауд. № 133. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Переносное мультимедийное оборудование: проектор View Sonic PJD 5232, экран на штативе DigisKonturCDSKS-1101

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:
Зал научной литературы ресурсного центра ВГУИТ: компьютеры Regard - 12 шт.
Студенческий читальный зал ресурсного центра ВГУИТ: моноблоки - 16 шт.

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к рабочей программе

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

по дисциплине

Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-5	способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ИД2 _{опк-5} – Применяет численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов
2	ОПК-10	способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научных задач в области прикладной механики	ИД1 _{опк-10} – Применяет существующие физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научнотехнических задач в области прикладной механики

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 _{опк-5} – Применяет численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Знает: математические основы современных численных методов; современные компьютерные технологии для решения профессиональных задач с применением численных методов
	Умеет: выбирать подходящие численные методы и применять соответствующие физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии для решения математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов
	Владеет: навыками решения математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата и современных компьютерных технологий.
ИД1 _{опк-10} – Применяет существующие физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научнотехнических задач в области прикладной механики	Знает: численные методы и алгоритмы их реализации
	Умеет: разрабатывать алгоритмы численного решения типовых математических моделей, описывающих физико-механические процессы и явления при решении научнотехнических задач в области прикладной механики
	Владеет: навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, для практического применения и предназначенные для решения математических моделей, описывающих физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине/практике

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ОПК-5	Тестирование	1-10	Тестирование Процентная шкала 0-100 %
			Собеседование	31-39	Проверка преподавателем «зачтено – не зачтено»
		ОПК-10	Тестирование	21-26	Тестирование Процентная шкала 0-100 %
			Собеседование	46-54	Проверка преподавателем «зачтено – не зачтено»
2	Математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	ОПК-5	Тестирование	11-20	Тестирование Процентная шкала 0-100 %
			Собеседование	40-45	Проверка преподавателем «зачтено – не зачтено»
		ОПК-10	Тестирование	27-30	Тестирование Процентная шкала 0-100 %
			Собеседование	55	Проверка преподавателем «зачтено – не зачтено»

3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации.

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

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине применяется бально-рейтинговая система оценки сформированности компетенций студента.

Бально-рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий и контроля самостоятельной работы. Показателями ОМ являются: текущий опрос в виде собеседования на лабораторных и практических занятиях, тестовые задания. Оценки выставляются в соответствии с графиком контроля текущей успеваемости студентов в автоматизированную систему баз данных (АСУБД) «Рейтинг студентов».

Обучающийся, набравший в семестре более 60 % от максимально возможной бально-рейтинговой оценки работы в семестре получает зачет или экзамен автоматически.

Студент, набравший за текущую работу в семестре менее 60 %, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до текущей аттестации, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на аттестацию.

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования и предусматривает возможность последующего собеседования.

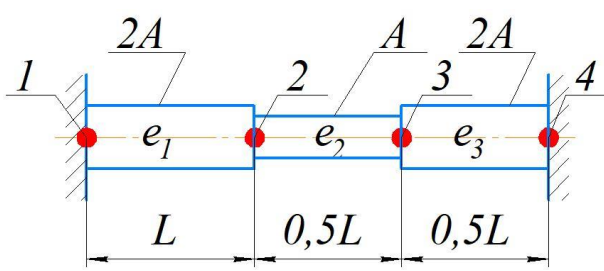
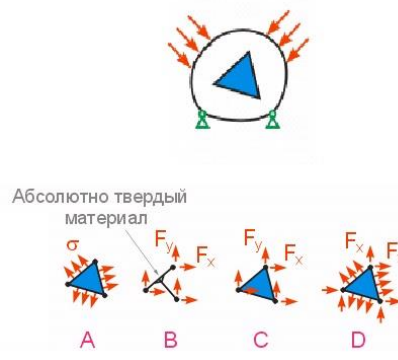
В случае неудовлетворительной сдачи зачета студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета количество набранных студентом баллов на предыдущей аттестации не учитывается.

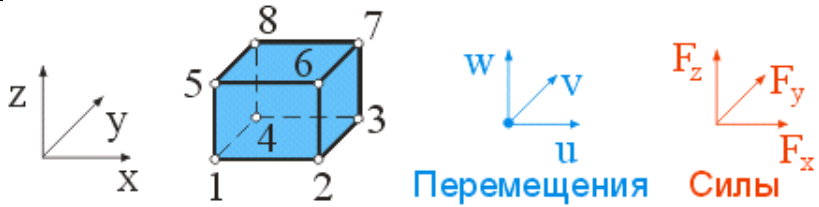
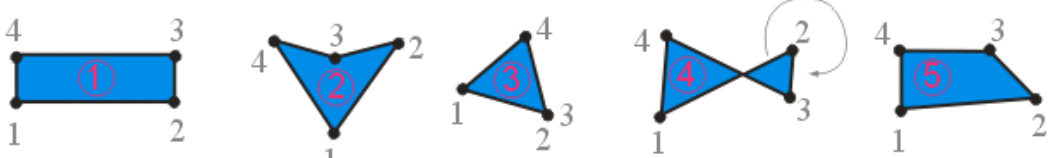
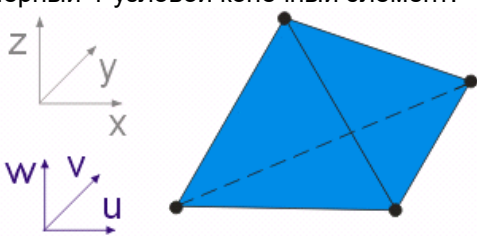
3.1 Тесты (тестовые задания)

3.1.1 Шифр и наименование компетенции

ОПК-5 способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.

№ задания	Тестовое задание с вариантами ответов и правильными ответами		
1	<p>Абсолютной погрешностью называется – <i>Выберите один вариант ответа:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. разность между точным и приближенным числами 2. модуль разности между точным и приближенным числами 3. отношение между точным и приближенным числами 4. верхняя оценка модуля разности между точными и приближенными числами 		
2	<p>При проведении испытаний исследуемый образец нагрелся до температуры 120°C, при этом погрешность измерений составила 1,5%. <i>Выберите числа, характеризующие диапазон в котором находится истинное значение температуры:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 118,2 2. 121,8 3. 121,5 4. 118,5 		
3	<p>Непрерывная на отрезке $[a, b]$ функция $F(x)$ содержит внутри этого отрезка хотя бы один корень уравнения $F(x) = 0$, если выполняется условие:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $F(a) \cdot F(b) < 0$ 2. $F(a) \cdot F(b) > 0$ 3. $F'(a) \cdot F'(b) < 0$ 4. $F'(a) \cdot F'(b) > 0$ 		
4	<p>Установите соответствие расчетных формул методам уточнения корней нелинейных уравнений.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метод половинного деления 2. Метод хорд 3. Метод касательных 4. Метод секущих </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> a) $x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f(x_i) - f(x_{i-1})} (x_i - x_{i-1})$ b) $x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}$ c) $x_{i+1} = \frac{b_i + a_i}{2}$ d) $x_{i+1} = a_i - \frac{f(a_i)}{f(b_i) - f(a_i)} (b_i - a_i)$ </td> </tr> </table> <p>Правильный ответ: 1-с, 2-d, 3-b, 4-а</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Метод половинного деления 2. Метод хорд 3. Метод касательных 4. Метод секущих 	<ol style="list-style-type: none"> a) $x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f(x_i) - f(x_{i-1})} (x_i - x_{i-1})$ b) $x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}$ c) $x_{i+1} = \frac{b_i + a_i}{2}$ d) $x_{i+1} = a_i - \frac{f(a_i)}{f(b_i) - f(a_i)} (b_i - a_i)$
<ol style="list-style-type: none"> 1. Метод половинного деления 2. Метод хорд 3. Метод касательных 4. Метод секущих 	<ol style="list-style-type: none"> a) $x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f(x_i) - f(x_{i-1})} (x_i - x_{i-1})$ b) $x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}$ c) $x_{i+1} = \frac{b_i + a_i}{2}$ d) $x_{i+1} = a_i - \frac{f(a_i)}{f(b_i) - f(a_i)} (b_i - a_i)$ 		
5	<p>Корень уравнения $x^4 + 10 \cdot x^3 - 1 = 0$ локализован в интервале $[a; b] = [-1; 1]$. После выполнения двух итераций по методу половинного деления отрезков $[a; b]$ станет равным $a = \dots$, $b = \dots$. (Напишите два числа, характеризующие отрезок. Для разделения десятичных знаков используйте точку).</p> <p>Ответ: 0 и 0.5</p>		
6	<p>К прямым методам решения систем линейных алгебраических уравнений относятся: <i>Выберите один или несколько вариантов ответа:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метод Крамера 2. Разложение Холецкого 3. Метод Якоби 4. Метод Зейделя 		
7	<p>Системой линейных алгебраических уравнений называют – <i>Выберите один вариант ответа:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. систему из N уравнений, каждое уравнение которой является алгебраическим уравнением первой степени 2. систему из N уравнений, в которой хотя бы одно уравнение является алгебраическим уравнением первой степени 3. систему из N уравнений, каждое уравнение которой является алгебраическим уравнением второй степени 4. систему из N уравнений, каждое уравнение которой является трансцендентным уравнением первой степени 		
8	<p>Для функции заданной таблицей, представленная формула, является:</p> $L_n(x) = \sum_{i=0}^n \left(y_i \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \right)$ <p><i>Выберите один вариант ответа:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кусочно-линейной интерполяционной функцией 2. Интерполяционным полиномом Лагранжа 		

	<p>3. Интерполяционным полиномом Ньютона 4. Интерполяционным полиномом в каноническом виде</p>										
9	<p>Математический метод, основанный на минимизации суммы квадратов отклонения значений приближенной функции $F(x_i)$ от заданных значений функции u_i, называют: Выберите один вариант ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Методом наименьших квадратов 2. Методом квадратичной оптимизации 3. Методом конечных разностей 										
10	<p>По найденным значениям функции, приведенным в таблице, для узла $x=1$ вычислите значение центральной разностной производной первого порядка.</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>x</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>y</td> <td>-6</td> <td>-5</td> <td>2</td> <td>34</td> </tr> </table> <p>Ответ: 4</p>	x	0	1	2	4	y	-6	-5	2	34
x	0	1	2	4							
y	-6	-5	2	34							
11	<p>Наиболее распространенной формой МКЭ является Выберите один вариант ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. метод перемещений 2. метод сил 3. смешанный метод 										
12	<p>Для статически неопределимого стержня, изображенного на рисунке, составлена матрица жесткости.</p>  $K = \frac{2EA}{L} \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & \blacksquare & -2 \\ 0 & 0 & -2 & 2 \end{vmatrix}$ <p>Запишите значение пропущенного коэффициента.</p> <p>Ответ 3</p>										
13	<p>Модель конечного элемента твердого тела приведена на рисунке</p>  <p>Ответ С</p>										
14	<p>Минимально возможное число узлов конечного элемента объемного тела равно ... (в ответе запишите число)</p> <p>Ответ 4</p>										
15	<p>Размерность матрицы жесткости 8-узлового объемного элемента составит:</p>										

	 <ol style="list-style-type: none"> 1. 8×8 2. 16×16 3. 24×24 4. 64×64
16	<p>Укажите не правильно представленные плоские конечные элементы.</p>  <p>Ответ: 2, 4</p>
17	<p>На рисунке показан трехмерный 4-узловой конечный элемент.</p>  <p>Укажите максимально возможное количество граничных условий для элемента</p> <p>Ответ: 12</p>
18	<p>Некоторая малая область тела в совокупности с заданными в ней функциями формы, аппроксимирующими геометрию этой области и искомые величины, называется ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Граничным элементом 2. Конечным элементом 3. Элементом формы 4. Областью поиска
19	<p>Математическая зависимость, аппроксимирующая геометрию конечного элемента и неизвестные величины - ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Функция цели 2. Функция формы 3. Уравнение совместности 4. Конечно-элементная функция
20	<p>Метод конечных элементов относится к численным методам решения –</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений 2. Линейных алгебраических уравнений и систем линейных алгебраических уравнений 3. Нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений

Критерии и шкалы оценки:

Процентная шкала **0-100 %**; отметка в системе

«неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»

0-59,99% - неудовлетворительно;

60-74,99% - удовлетворительно;

75- 84,99% -хорошо;

85-100% - отлично.

3.1.2 Шифр и наименование компетенции

ОПК-10 способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики.

№ задания	Тестовое задание								
21	<p>Установите обобщенную последовательность нахождения корня нелинейного уравнения $F(x) = 0$:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определение на оси OX интервала [a; b], которому принадлежит точка с координатами (x; 0) 2. Построение графика $y = F(x)$ 3. Определение погрешности <i>i</i>-ого шага итерационного процесса $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$ 4. Если $\Delta x_i \geq \varepsilon$ итерационный процесс повторяется, в противном случае x_i принимается за приближенное значение корня уравнения. 5. Определение на <i>i</i>-ом шаге итерации приближенного значения корня уравнения x_i с использованием численного метода уточнения корня <p>Ответ: 21534</p>								
22	<p>Применив метод Якоби определить значение x_3 после четвертой итерации, приняв за начальное приближение: $x_1^{(0)} = 0, x_2^{(0)} = 0, x_3^{(0)} = 0$.</p> $\begin{cases} 10x_1 + 6x_2 = 4 \\ -x_1 - 8x_2 + 3x_3 = 3 \\ x_1 + 2x_2 + 5x_3 = -2 \end{cases}$ <p>Ответ округлите до тысячных, в качестве разделительного знака используйте точку.</p> <p>Ответ -0.318</p>								
23	<p>Для функции заданной таблицей найти значение y(3) используя интерполяционный полином Лагранжа второй степени.</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 15px;">x</td> <td style="padding: 0 15px;">1</td> <td style="padding: 0 15px;">2</td> <td style="padding: 0 15px;">4</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 15px;">y</td> <td style="padding: 0 15px;">-5</td> <td style="padding: 0 15px;">2</td> <td style="padding: 0 15px;">34</td> </tr> </table> <p>Запишите целое число.</p> <p>Ответ 15</p>	x	1	2	4	y	-5	2	34
x	1	2	4						
y	-5	2	34						
24	<p>Для функции $f(x)=(x+1)^2$ на интервале $[0; 2]$ вычислить определенный интеграл по формуле центральных прямоугольников, приняв шаг сетки равный 1. Запишите число. Для разделения десятичных знаков используйте точку.</p> <p>Ответ: 8.5</p>								
25	<p>Решить задачу Коши методом Эйлера:</p> $\begin{cases} \frac{dy}{dx} = y + x \\ y(0) = 1 \end{cases}$ <p>В ответ записать приближенное значение $y(4)$, приняв шаг $h=1$. Для разделения десятичных знаков используйте точку.</p> <p>Ответ. 42</p>								
26	<p>Отечественное программное обеспечение, ориентированное на решение математических и инженерно-технических задач.</p> <p><i>Выберите один вариант ответа:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. SMath Studio 2. MathCAD 3. Mathematica 4. MATLAB 								
27	<p>Алгоритм решения инженерных задач методом конечных элементов (установите правильную последовательность):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Формирование системы уравнений 2. Дискретизация 3. Получение и анализ результатов 4. Аппроксимация 								

	5. Задание граничных условий и свойств объекта исследования Ответ: 2, 4, 5, 1, 3.
28	При программировании задач в системе SMath Studio для организации вычислительного цикла используют команды (выберите один или несколько вариантов ответа): 1. for 2. augment 3. invert 4. while
29	Метод конечных элементов лежит в основе современных – Выберите один вариант ответа: 1. CAD-системы 2. CAE-системы 3. CAM-системы 4. CAPP-системы
30	Выберите одно или несколько отечественных программных обеспечений, позволяющие проводить конечно-элементный анализ при решении инженерных задач. 1. ANSYS 2. T-FLEX 3. APM WinMachine 4. FlowVision

3.2 Вопросы (задачи, задания) для экзамена, зачета

3.2.1 Шифр и наименование компетенции

ОПК-5 способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.

Номер вопроса (задачи, задания)	Текст вопроса (задачи, задания)
31.	Источники и классификация погрешностей. Приближенные числа.
32.	Понятие систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Матричная запись СЛАУ.
33.	Прямые методы решения СЛАУ. Метод Гаусса - Жордана.
34.	Прямые методы решения СЛАУ. Матричный метод.
35.	Понятие о приближении функции. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
36.	Понятие о приближении функции. Сплаины.
37.	Аппроксимация функции методом наименьших квадратов.
38.	Конечные разности первого и второго порядка.
39.	Численные методы вычисления определенных интегралов.
40.	Основные принципы моделирования методом конечных элементов.
41.	Основные соотношения метода конечных элементов при линейном напряженно-деформированном состоянии стержня.
42.	Основы формирования расчетных зависимостей стержневых систем.
43.	Основные соотношения метода конечных элементов при изгибе стержней.
44.	Плоский треугольный элемент. Аппроксимация поля перемещений точек внутри КЭ.
45.	Матрица жёсткости плоского треугольного КЭ.

3.2.2 Шифр и наименование компетенции

ОПК-10 способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики.

Номер вопроса (задачи, задания)	Текст вопроса (задачи, задания)
46.	Функциональность, принципы работы в SMath Studio.
47.	Основы программирования в SMath Studio.

48.	Итерационные методы решения СЛАУ. Алгоритм реализации метода простой итерации.
49.	Итерационные методы решения СЛАУ. Алгоритм реализации метода Якоби.
50.	Итерационные методы решения СЛАУ. Алгоритм реализации метода Зейделя.
51.	Численные методы уточнения корней нелинейных уравнений. Алгоритм реализации метода бисекции.
52.	Численные методы уточнения корней нелинейных уравнений. Алгоритм реализации метода Ньютона.
53.	Алгоритм решения задачи Коши методом Рунге-Кутты.
54.	Решение дифференциальных уравнений встроенными функциями SMath Studio
55.	Алгоритм реализации МКЭ при расчете стержневой системы.

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

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков обучающихся по дисциплине применяется рейтинговая система. Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании определения среднеарифметического значения баллов по каждому заданию.

Зачет или оценка по экзамену по дисциплине выставляется в зачетную ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценки	Шкала оценки	
				Академическая оценка	Уровень освоения компетенции
<i>ОПК-5 способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.</i>					
Знать - математические основы современных численных методов; современные компьютерные технологии для решения профессиональных задач с применением численных методов	Собеседование(зачет)	Знание базовых методов математического и компьютерного моделирования при решении типовых задач прикладной механики.	Обучающийся полно и последовательно раскрыл тему вопросов.	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся неполно и/или непоследовательно раскрыл тему вопросов.	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Уметь - выбирать подходящие численные методы и применять соответствующие физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии для решения математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Лабораторная работа	Содержание лабораторной работы.	Математическая модель построена верно, получены верные результаты ее решения.	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Решение поставленной задачи не получено.	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Владеть - навыками решения математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата и современных компьютерных технологий.					
<i>ОПК-10 способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики.</i>					
Знать - численные методы и алгоритмы их реализа-	Собеседование (зачет)	Знание базовых вычислительных методов, применяемых при	Обучающийся полно и последовательно раскрыл тему вопросов.	Зачтено	Освоена (базовый, повы-

ЦИИ		выполнении научно-исследовательских работ в области прикладной механики.	Обучающийся неполно и/или непоследовательно раскрыл тему вопросов.	Не зачтено	шенный) Не освоена (недостаточный)
<p>Уметь</p> <p>– разрабатывать алгоритмы численного решения типовых математических моделей, описывающих физико-механические процессы и явления при решении научнотехнических задач в области прикладной механики</p>	Лабораторная работа	Содержание лабораторной работы	Математическая модель построена верно, получены верные результаты ее решения.	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
<p>Владеть</p> <p>- навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, для практического применения и предназначенные для решения математических моделей, описывающих физико-механические процессы и явления в машинах, конструкциях, композитных структурах, установках, оборудовании и других объектах современной техники</p>			Решение поставленной задачи не получено.	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)

**АННОТАЦИЯ
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
ДИСЦИПЛИНЫ
«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖИНИРИНГ»**
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 _{опк-5} – Применяет численные методы при решении математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Знает: математические основы современных численных методов; современные компьютерные технологии для решения профессиональных задач с применением численных методов
	Умеет: выбирать подходящие численные методы и применять соответствующие физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии для решения математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов
	Владеет: навыками решения математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата и современных компьютерных технологий.
ИД1 _{опк-10} – Применяет существующие физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	Знает: численные методы и алгоритмы их реализации
	Умеет: разрабатывать алгоритмы численного решения типовых математических моделей, описывающих физико-механические процессы и явления при решении научно-технических задач в области прикладной механики
	Владеет: навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, для практического применения и предназначенные для решения математических моделей, описывающих физико-механические процессы и явления при решении научно-технических задач в области прикладной механики

Содержание разделов дисциплины.

Классификация численных методов. Источники и классификация погрешностей. Приближенные числа. Устойчивость и сходимость численного решения. Конечные разности.

Понятие систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Матричная запись СЛАУ. Матрицы и их свойства. Прямые методы решения СЛАУ: метод Гаусса, метод LU – разложения, матричный метод. Итерационные методы: метод простой итерации, метод Якоби, метод Зейделя. Оценка ошибки приближенного решения.

Понятие нелинейных уравнений. Графический способ определения приближенных корней. Численные методы уточнения корней: метод бисекции, метод хорд, метод Ньютона, метод простой итерации. Решение систем нелинейных уравнений: метод Ньютона, метод простой итерации.

Понятие о приближении функции. Полиномы Чебышева. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционный многочлен Ньютона. Точность интерполяции. Сплайны. Метод наименьших квадратов. Функции двух переменных. Полнофакторное планирование экспериментальных исследований.

Численное дифференцирование. Конечные разности первого и второго порядка. Интерполяционный метод. Метод Рунге-Ромберга.

Численное интегрирование. Метод прямоугольников. Метод трапеций. Метод Симпсона. Метод Монте-Карло. Оценка погрешности численного интегрирования. Квадратурные формулы Гаусса.

Конечно-разностные схемы для обыкновенных дифференциальных уравнений. Численное решение задачи Коши. Метод Эйлера и его модификация. Метод Рунге-Кутты. Численное решение систем ОДУ. Численное реш Основные положения метода конечных элементов. Основные

принципы моделирования методом конечных элементов. Обзор современного программного обеспечения, применяемых для решения инженерных задач методом конечных элементов (APMFEM для Компас 3D, APMWinMachine, T-Flex, FlowVision, Ansys, SolidWorks, ПК Лира). Задачи теории упругости и методы их решения. Основные соотношения теории упругости в матричной форме.

Основные соотношения метода конечных элементов при линейном напряженно-деформированном состоянии стержня. Основы формирования расчетных зависимостей стержневых систем. Основные соотношения метода конечных элементов при кручении и изгибе стержней. Основные соотношения метода конечных элементов при сложном нагружении стержней. Решение краевых задач. Ошибка приближенного решения.