

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Моделирование в материаловедении»

Цель преподавания дисциплины: формирование знаний в области численного моделирования поведения материалов при различных внешних физических воздействиях, умений и навыков проектирования.

Задачи изучения дисциплины:

- знать методы поиска и выбора специализированного программного обеспечения для расчета и проектирования параметров материалов различного функционального назначения;
- знать типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирования физических процессов, протекающих в исследуемом продукте профессиональной деятельности;
- уметь применять современные методы моделирования физических процессов для их программной реализации;
- уметь применять средства автоматизированного проектирования для проведения численного эксперимента и прогнозирования поведения материалов с заданными технологическими и функциональными свойствами;
- владеть навыками программирования на одном из языков высокого уровня для анализа эффективности и корректности работы программного обеспечения, используемого в профессиональной деятельности
- навыками работы с современными автоматизированными системами проектирования (CAD).

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

- определяет перечень ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности (ОПК-4.2);
- применяет современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-4.3);
- использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач (ОПК-7.2).

Разделы дисциплины

Возможности системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor, основанные на методе конечных элементов.

Линейные, эллиптические уравнения в частных производных в одном измерении. Примеры одномерных уравнений упругости, теплопроводности и массопереноса. Информация о системах автоматизированного проектирования (официальные сайты Comsol, Ansys, Inventor, FEMM, Agros2D)

Граничные условия. Сильная форма дифференциального уравнения в частных производных для одномерного растяжения-сжатия. Аналитическое решение.

Проектирование в программном пакете FEMM (свободное ПО)

Слабая форма дифференциального уравнения в частных производных. Эквивалентность сильной и слабой форм.

Проектирование в программном пакете Agros2D (свободное ПО)

Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Линейные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.

Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе

Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Граничные условия Дирихле.

Коммуникации в проектировании при помощи цифровых инструментов. (Проведение совещаний при помощи Zoom, обмен информацией посредством системы Google – документов, Power Point)

Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Граничные условия Неймана.

Использование доски Miro для создания планов-графиков выполнения проекта с указанием сроков и ответственных, применение системы Google – документов для планирования деятельности по курсовому проекту

Основы структурного программирования в Python (типы данных, ветвления, циклы)

Документирование проектной деятельности (Word, Excel, Power Point)

Язык программирования Python (процедуры, функции, массивы, матрицы)

Полиномы Лагранжа более высоких порядков в качестве базисных функций. Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Квадратичные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.

Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе (квадратичные базисные функции)

Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Квадратичные базисные функции. Граничные условия Дирихле и Неймана.

Ознакомление с базами данных citrination.com и materialproject.org

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

естественно-научного

(наименование ф-та полностью)



П.А. Ряполов

(подпись, инициалы, фамилия)

« 31 » 08 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование в материаловедении

(наименование дисциплины)

ОПОП ВО

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы»

наименование направленности (профиля, специализации)

форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Курск – 2019

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «29» марта 2019г.).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для обучения студентов по ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы» на заседании кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики № « 1 » 21.08 2019 г.
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Разработчик программы

к.ф.-м.н., доцент _____ Кузько А.В.
(ученая степень и ученое звание, Ф.И.О.)

Согласовано: на заседании кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики № « » 20 г.

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

(название кафедры, дата, номер протокола, подпись заведующего кафедрой; согласование производится с кафедрами, чьи дисциплины основываются на данной дисциплине, а также при необходимости руководителями других структурных подразделений)

Директор научной библиотеки _____ Макаровская В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «29» 03 2019 г., на заседании кафедры НТО и ПР 31.08 2020 №1.
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «25» 02 2020 г., на заседании кафедры НМО и ПР 31.08.2021 №2.
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 9 «25» 06 2021 г., на заседании кафедры НМО и ПР №1 от 31.08.2022
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

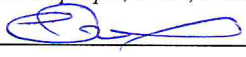
Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «28» 02 2022 г. на заседании кафедры ММчР N1 от 31.08.23

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой  / Изrael В.А.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 «24» 02 2023 г. на заседании кафедры ММчР N1 от 30.08.24

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой  / Изrael В.А.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 «24» 03 2024 г. на заседании кафедры ММчР N1 от 29.08.25г.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой  / Изrael В.А.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 8 «24» 02 2026 г. на заседании кафедры ММчР N1 от 31.08.26г.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой 

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № « » 20 г. на заседании кафедры

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой

1 Цель и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

1.1 Цель дисциплины

Формирование знаний в области численного моделирования поведения материалов при различных внешних физических воздействиях, умений и навыков проектирования.

1.2 Задачи дисциплины

- знать методы поиска и выбора специализированного программного обеспечения для расчета и проектирования параметров материалов различного функционального назначения;
- знать типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирования физических процессов, протекающих в исследуемом продукте профессиональной деятельности;
- уметь применять современные методы моделирования физических процессов для их программной реализации;
- уметь применять средства автоматизированного проектирования для проведения численного эксперимента и прогнозирования поведения материалов с заданными технологическими и функциональными свойствами;
- владеть навыками программирования на одном из языков высокого уровня для анализа эффективности и корректности работы программного обеспечения, используемого в профессиональной деятельности
- навыками работы с современными автоматизированными системами проектирования (CAD).

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
ОПК-4	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач	ОПК-4.2 Определяет перечень ресурсов и программного обеспечения для использования в профессио-	Знать: - принципы формализации фундаментальных физических законов в области механики, термодинамики, электричества и

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
	профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	нальной деятельности с учетом требований информационной безопасности	и осуществления вычислений на языке программирования для использования в профессиональной деятельности; - основные понятия и методы линейной алгебры и математического моделирования для корректного определения перечня ресурсов и программного обеспечения в профессиональной деятельности - основные методы поиска информационных ресурсов и программного обеспечения в сети Интернет; Уметь: - применять современные методы моделирования физических процессов для их программной реализации - осуществлять поиск ресурсов и современного программного обеспечения, необходимых в профессиональной деятельности - осуществлять выбор специализированного программного обеспечения для решения сформулированных задач профессиональной деятельности; Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками аналитического и численного решения дифференциальных и алгебраических уравнений посредством информационных технологий, - навыками поиска ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности - навыками программирования на одном из языков высокого уровня для анализа эффективности и корректности работы программного обеспечения, исполь-

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
			зубного в профессиональной деятельности
		ОПК-4.3 Применяет современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности	Знать: -возможности свободного программного обеспечения на базе метода конечных элементов для решения профессиональных задач (FEMM, Agros2D) -возможности коммерческих систем автоматизированного проектирования на базе метода конечных элементов (Comsol, Ansys, Inventor) -возможности поиска специализированной профессиональной информации посредством Google Академии (Google Scholar) – поисковой системы по научным работам Уметь: - проектировать изделия из различных материалов посредством программных продуктов FEMM, Agros2D -обрабатывать и интерпретировать информацию, используя такие программные продукты как LibreOffice Writer, Calc, Impress - применять Zoom (программа для организации видеоконференций) в коммуникационном процессе для ускорения процесса передачи профессиональной информации Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыком обработки данных и построения графиков в LibreOffice Calc - навыками обсуждения задач профессиональной деятельности

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами до- стижения компетенций</i>
код компетенции	наименование компетенции		
			посредством графического представления информации на доске Miro с целью принятия совместных обоснованных решений - навыками обмена информацией с применением системы Google – документов
ОПК-7	Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техник	ОПК-7.2 Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Знать: - типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирования физических процессов, протекающих в исследуемом продукте профессиональной деятельности - средства автоматизированного проектирования для решения задач профессиональной деятельности - методы проектирования компонент nano- и микросистемной техники различного функционального назначения Уметь: - применять средства автоматизированного проектирования для проведения численного эксперимента и прогнозирования поведения материалов - применять типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирования поведения материалов - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками работы с современными автоматизированными системами проектирования (CAD) - навыками использования прикладных программ для моделирования физико-математических процессов протекающих в материале при различных внешних

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			нагрузках -навыками применения методов моделирования и проектирования с целью подбора материалов и эффективной оптимизации их свойств.

2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Моделирование в материаловедении» входит в обязательную часть блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата (специалитета, магистратуры) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы». Дисциплина изучается на 2 курсе в 3,4 семестрах.

3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 9 зачетных единиц (з.е.), 324 академических часа.

Таблица 3 - Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	324
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	98,75
в том числе:	
лекции	42
лабораторные занятия	30
практические занятия	24
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	189,25
Контроль (подготовка к экзамену)	36
Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)	2,65
в том числе:	
зачет	0,1
зачет с оценкой	не предусмотрен
курсовая работа (проект)	1,5

Виды учебной работы	Всего, часов
экзамен (включая консультацию перед экзаменом)	1,15

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

4.1 Содержание дисциплины

Таблица 4.1.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	2	3
1	Возможности системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor, основанные на методе конечных элементов.	Преимущества автоматизированного проектирования Система автоматизированного проектирования (САПР) Autodesk Inventor Метод конечных элементов. Основные этапы проектирования для САПР (CAD), основанных на методе конечных элементов
2	Линейные, эллиптические уравнения в частных производных в одном измерении. Примеры одномерных уравнений упругости, теплопроводности и массопереноса. Информация о системах автоматизированного проектирования (официальные сайты Comsol, Ansys, Inventor, FEMM, Agros2D)	Линейные, эллиптические уравнения в частных производных в одном измерении. Примеры одномерных дифференциальных уравнений в частных производных: упругость, теплопроводность и массоперенос. Информация о системах автоматизированного проектирования (официальные сайты Comsol, Ansys, Inventor, FEMM, Agros2D)
3	Граничные условия. Сильная форма дифференциального уравнения в частных производных для одномерного растяжения-сжатия. Аналитическое решение. Проектирование в программном пакете FEMM (свободное ПО)	Граничные условия. Сильная форма дифференциального уравнения в частных производных для одномерного растяжения-сжатия. Аналитическое решение. Проектирование в программном пакете FEMM (свободное ПО)
4	Слабая форма дифференциального уравнения в частных производных. Эквивалентность сильной и слабой форм. Проектирование в программном пакете Agros2D (свободное ПО)	Слабая форма дифференциального уравнения в частных производных. Эквивалентность сильной и слабой форм. Проектирование в программном пакете Agros2D (свободное ПО)
5	Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Линейные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.	Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Линейные базисные функции. Локальные и глобальные координаты. Представление весовой функции в виде суммы базисных функций, умноженных на ее степени свободы. Представление функции смещения в виде суммы базисных функций, умноженных на ее

		степени свободы.
6	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе
7	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Граничные условия Дирихле. Коммуникации в проектировании при помощи цифровых инструментов. (Проведение совещаний при помощи Zoom, обмен информацией посредством системы Google – документов, Power Point)	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Граничные условия Дирихле. Коммуникации в проектировании при помощи цифровых инструментов. (Проведение совещаний при помощи Zoom, обмен информацией посредством системы Google – документов, Power Point)
8	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Граничные условия Неймана. Использование доски Miro для создания планов-графиков выполнения проекта с указанием сроков и ответственных, применение системы Google – документов для планирования деятельности по курсовому проекту	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Граничные условия Неймана. Использование доски Miro для создания планов-графиков выполнения проекта с указанием сроков и ответственных, применение системы Google – документов для планирования деятельности по курсовому проекту
4 семестр		
9	Основы структурного программирования в Python (типы данных, ветвления, циклы) Документирование проектной деятельности (Word, Excel, Power Point)	Язык программирования Python (типы данных, ветвления, циклы) Документирование проектной деятельности (Word, Excel, Power Point)
10	Язык программирования Python (процедуры, функции, массивы, матрицы)	Язык программирования Python (процедуры, функции, массивы, матрицы)
11	Полиномы Лагранжа более высоких порядков в качестве базисных функций. Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Квадратичные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.	Полиномы Лагранжа более высоких порядков в качестве базисных функций. Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Квадратичные базисные функции. Локальные и глобальные координаты исследования)
12	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе (квадратичные базисные функции)	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе (квадратичные базисные функции)
13	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Квадратичные базисные функции.	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Квадратичные базисные функции. Граничные условия Дирихле и Неймана.

	Граничные условия Дирихле и Неймана.	
14	Ознакомление с базами данных citrination.com и materialproject.org	Ознакомление с базами данных citrination.com и materialproject.org (базы данных, обеспечивающие открытый веб-доступ к вычисленной информации об известных и прогнозируемых материалах, а также дающие on-line инструменты анализа и разработки новых материалов)

Таблица 4.1.2 –Содержание дисциплины и его методическое обеспечение

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	Компетенции
		лек., час	№ лаб.	№ пр.			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Возможности системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor, основанные на методе конечных элементов.	4	1	1	У-1, МУ-1	ЛР-2 Т -2	ОПК-4
2	Линейные, эллиптические уравнения в частных производных в одном измерении. Примеры одномерных уравнений упругости, теплопроводности и массопереноса. Информация о системах автоматизированного проектирования (официальные сайты Comsol, Ansys, Inventor, FEMM, Agros2D)	4	2	2	У-1,	Т -4	ОПК-4
3	Граничные условия. Сильная форма дифференциального уравнения в частных производных для одномерного растяжения-сжатия. Аналитическое решение. Проектирование в программном пакете FEMM (свободное ПО)	6	2	2	У-1 МУ-1	ЛР-6 Т-6	ОПК-4 ОПК-7
4	Слабая форма диф-	4	3	3	У-1,	Т -8	ОПК-4

	ференциаль-ного уравнения в частных про-изводных. Эквивалентность сильной и слабой форм. Проектирование в программном пакете Agros2D (свободное ПО)				У-2		
5	Метод конечных элементов для одно-мерных уравнений. Линейные базисные функции. Локальные и глобальные коор-динаты.	4	3	3	У-1, У-2 МУ-1	ЛР-10 Т -10	ОПК-4 ОПК-7
6	Представление сла-бой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе	4	3	3	У-1, У-2	Т-12	ОПК-4 ОПК-7
7	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Гра-ничные условия Ди-рихле. Коммуникации в проектировании при помощи цифровых инструментов. (Про-ведение совещаний при помощи Zoom, обмен информацией посредством систе-мы Google – доку-ментов, Power Point)	4	4	4	У-1, МУ-1	ЛР-14 Т -14	ОПК-4 ОПК-7
8	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Гра-ничные условия Неймана. Использование доски Miro для создания планов-графиков выполнения проекта с указанием сроков и ответственных, при-менение системы	6	4	4	У-1	Т -16	ОПК-4 ОПК-7

	Google – документов для планирования деятельности по курсовому проекту						
4 семестр							
9	Основы структурного программирования в Python (типы данных, ветвления, циклы) Документирование проектной деятельности (Word, Excel, Power Point)	6			У-1	Т -18	ОПК-4
10	Язык программирования Python (процедуры, функции, массивы, матрицы)	4	1	1	У-1, МУ-1	ЛР-2 Т -2	ОПК-4
11	Полиномы Лагранжа более высоких порядков в качестве базисных функций. Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Квадратичные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.	4	1	1	У-1 МУ-1	ЛР-6 Т-6	ОПК-4 ОПК-7
12	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе (квадратичные базисные функции)	4	1	1	У-1, МУ-1	ЛР-14 Т -14	ОПК-4 ОПК-7
	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Квадратичные базисные функции. Граничные условия Дирихле и Неймана.	4	1	1	У-1, МУ-1	ЛР-2 Т -2	ОПК-4
	Ознакомление с базами данных citrination.com и materialproject.org	4	6	6	У-1,	Т -4	ОПК-4

ЛР –защита лабораторной работы, Т – тест

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№	Наименование лабораторной работы	Объем, час
1	2	3
1	Анализ напряжений стального стержня при перпендикулярной нагрузке в Autodesk Inventor	2
2	Расчет параметров и визуализация поля соленоида без сердечника в FEMM	2
3	Визуализация и определение параметров поля соленоида с сердечником в FEMM	4
4	Определение магнитной индукции поля проводника с током в FEMM	2
5	Расчет и визуализация поля температур трубы дымохода квадратного сечения в FEMM	2
6	Визуализация электрического поля конденсатора из двух прямоугольных пластин с учетом краевых эффектов в FEMM	2
7	Расчет заряда системы двух проводящих сфер, находящихся под напряжением в FEMM	2
8	Расчёт емкости конденсатора квадратного сечения в FEMM и Agros2D	2
Итого за 3 семестр:		18
4 семестр		
9	Численный расчет поля разрядника с системой электродов «сфера – диск» в Agros2D	2
10	Расчет заряда системы электродов, состоящих из двух сфер в Agros2D, сравнение характеристик, полученных в FEMM	2
11	Визуализация электрического поля конденсатора из двух дисков с учетом краевых эффектов в Agros2D	2
12	Визуализация и определение параметров поля соленоида с сердечником в Agros2D, сравнение характеристик, полученных в FEMM	2
13	Определение магнитной индукции поля проводника с током в Agros2D	2
14	Возможности проектирования поля постоянного магнита в Agros2D	2
Итого за 4 семестр:		12
Итого		30

4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№	Наименование практического (семинарского) занятия	Объем, час
1	2	3
4 семестр		
1	Простейшие программы на языках Python и C++. Типы данных	2
2	Ветвления в языках Python и C++. Условный оператор. Сложные условия	2
3	Циклы в языках Python и C++. Вложенные циклы	2
4	Функции в языках Python и C++	2
5	Списки в языке Python. Массивы в языке C++. Алгоритмы обработки массивов	2
6	Матрицы в языках Python и C++. Обработка элементов матрицы	4
7	Скалярное произведение векторов. Произведение вектора на матрицу.	4

	Умножение матрицы на матрицу	
8	Численное интегрирование (методом прямоугольников, методом трапеций, метод Симпсона)	2
9	Метод Гаусса (численное интегрирование в языках Python и C++) при заданных гауссовых точках и коэффициентах	2
10	Метод Гаусса (численное интегрирование в языках Python и C++) при расчитанных гауссовых точках и коэффициентах	2
Итого		24

4.3 Самостоятельная работа студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
1	Возможности системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor, основанные на методе конечных элементов.	2 неделя	12
2	Линейные, эллиптические уравнения в частных производных в одном измерении. Примеры одномерных уравнений упругости, теплопроводности и массопереноса. Информация о системах автоматизированного проектирования (официальные сайты Comsol, Ansys, Inventor, FEMM, Agros2D)	4 неделя	14
3	Граничные условия. Сильная форма дифференциального уравнения в частных производных для одномерного растяжения-сжатия. Аналитическое решение. Проектирование в программном пакете FEMM (свободное ПО)	6 неделя	14
4	Слабая форма дифференциального уравнения в частных производных. Эквивалентность сильной и слабой форм. Проектирование в программном пакете Agros2D (свободное ПО)	8 неделя	14
5	Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Линейные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.	10 неделя	12
6	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе	12 неделя	14
7	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Граничные условия Дирихле. Коммуникации в проектировании при помощи цифровых инструментов. (Проведение совещаний при помощи Zoom, обмен информацией посредством системы Google – документов, Power Point)	14 неделя	14
8	Сборка. Матрично-векторная форма дифференци-	16 неделя	13,9

	ального уравнения в частных производных. Граничные условия Неймана. Использование доски Miro для создания планов-графиков выполнения проекта с указанием сроков и ответственных, применение системы Google – документов для планирования деятельности по курсовому проекту		
Итого за 3 семестр:			107,9
4 семестр			
9	Основы структурного программирования в Python (типы данных, ветвления, циклы) Документирование проектной деятельности (Word, Excel, Power Point)	2 неделя	14
10	Язык программирования Python (процедуры, функции, массивы, матрицы)	4 неделя	14
11	Полиномы Лагранжа более высоких порядков в качестве базисных функций. Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Квадратичные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.	6 неделя	14
12	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе (квадратичные базисные функции)	8 неделя	12
13	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Квадратичные базисные функции. Граничные условия Дирихле и Неймана.	10 неделя	12
14	Ознакомление с базами данных citrination.com и materialproject.org	12 неделя	15,35
Итого за 4 семестр:			81,35
Итого			189,25

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

библиотекой университета:

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;
- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхо-

да в Интернет.

кафедрой:

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.
- путем разработки:
 - методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;
 - вопросов к зачету и экзамену;
 - методических указаний к выполнению лабораторных работ и т.д.

типографией университета:

- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;
- удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

6 Образовательные технологии. Технологии использования воспитательного потенциала дисциплины

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

Таблица 6.1 – Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

№	Наименование раздела (лекции, практического или лабораторного занятия)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Объем, час.
1	2	3	4
1	Лекция по теме: «Проектирование в программном пакете FEMM»	Компьютерная симуляция	2
2	Лекция по теме: «Проектирование в программном пакете Agros2D»	Компьютерная симуляция	2
Итого			4

Содержание дисциплины обладает значительным воспитательным потенциалом, поскольку в нем аккумулирован исторический и современный научный опыт человечества. Реализация воспитательного потенциала дисциплины осуществляется в рамках единого образовательного и воспитательного процесса и способствует непрерывному развитию личности каждого обучающегося. Дисциплина вносит значимый вклад в формирование общей и профессиональной культуры обучающихся. Содержание дисциплины способствует профессионально-трудовому воспитанию обучающихся.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины подразумевает:

- целенаправленный отбор преподавателем и включение в лекционный материал, материал для практических и лабораторных занятий содержания, демонстрирующего обучающимся образцы настоящего научного подвижничества создателей и представителей данной отрасли науки (производства), высокого профессионализма ученых (представителей производства), их ответственности за результаты и последствия деятельности для человека и общества; примеры подлинной нравственности людей, причастных к развитию науки и производства, а также примеры творческого мышления;

- применение технологий, форм и методов преподавания дисциплины, имеющих высокий воспитательный эффект за счет создания условий для взаимодействия обучающихся с преподавателем, другими обучающимися, представителями работодателей (командная работа, проектное обучение, разбор конкретных ситуаций, решение кейсов);

- личный пример преподавателя, демонстрацию им в образовательной деятельности и общении с обучающимися за рамками образовательного процесса высокой общей и профессиональной культуры.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины на учебных занятиях направлена на поддержание в университете единой развивающей образовательной и воспитательной среды. Реализация воспитательного потенциала дисциплины в ходе самостоятельной работы обучающихся способствует развитию в них целеустремленности, инициативности, креативности, ответственности за результаты своей работы – качеств, необходимых для успешной социализации и профессионального становления.

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.1 – Этапы формирования компетенций

Код и наименование компетенции	Этапы* формирования компетенций и дисциплины (модули) и практики, при изучении/ прохождении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
1	2	3	4
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Информационные технологии	Основы поиска научно-технической информации и реализации проектов	Измерительные методы и схемотехника
	Инженерная и компьютерная графика		
	Моделирование в материаловедении		
ОПК-7 Способен проектировать и сопровождать произ-	Моделирование в материаловедении		Измерительные методы и

водство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники		схемотехника
--	--	--------------

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

Таблица 7.2 – Показатели и критерии оценивания компетенций, шкала оценивания

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
ОПК-4/ начальный, основной	ОПК-4.2 Определяет перечень ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	Знать: - принципы формализации фундаментальных физических законов в области механики, термодинамики, электричества и и осуществления вычислений на языке программирования для использования в профессиональной деятельности;	Знать: - принципы формализации фундаментальных физических законов в области механики, термодинамики, электричества и и осуществления вычислений на языке программирования для использования в профессиональной деятельности; - основные понятия и методы линейной алгебры и математического моделирования для корректного определения перечня ресурсов и программного обеспечения в профессиональной деятельности	Знать: - принципы формализации фундаментальных физических законов в области механики, термодинамики, электричества и и осуществления вычислений на языке программирования для использования в профессиональной деятельности; - основные понятия и методы линейной алгебры и математического моделирования для корректного определения перечня ресурсов и программного обеспечения в профессиональной деятельности - основные методы поиска информационных ресурсов и программного обеспечения в сети Ин-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		Уметь: - применять современные методы моделирования физических процессов для их программной реализации Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками аналитического и численного решения дифференциальных и алгебраических уравнений посредством информационных технологий.	Уметь: - применять современные методы моделирования физических процессов для их программной реализации - осуществлять поиск ресурсов и современного программного обеспечения, необходимых в профессиональной деятельности Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками аналитического и численного решения дифференциальных и алгебраических уравнений посредством информационных технологий, - навыками поиска ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности.	тернет; Уметь: - применять современные методы моделирования физических процессов для их программной реализации - осуществлять поиск ресурсов и современного программного обеспечения, необходимых в профессиональной деятельности - осуществлять выбор специализированного программного обеспечения для решения сформулированных задач профессиональной деятельности; Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками аналитического и численного решения дифференциальных и алгебраических уравнений посредством информационных технологий, - навыками поиска ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности - навыками программирования на одном из языков высокого

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
				уровня для анализа эффективности и корректности работы программного обеспечения, используемого в профессиональной деятельности
	ОПК-4.3 Применяет современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности	Знать: -возможности свободного программного обеспечения на базе метода конечных элементов для решения профессиональных задач (FEMM, Agros2D) Уметь: - проектировать изделия из различных материалов посредством программных продуктов FEMM, Agros2D	Знать: -возможности свободного программного обеспечения на базе метода конечных элементов для решения профессиональных задач (FEMM, Agros2D) -возможности коммерческих систем автоматизированного проектирования на базе метода конечных элементов (Comsol, Ansys, Inventor) Уметь: - проектировать изделия из различных материалов посредством программных продуктов FEMM, Agros2D	Знать: -возможности свободного программного обеспечения на базе метода конечных элементов для решения профессиональных задач (FEMM, Agros2D) -возможности коммерческих систем автоматизированного проектирования на базе метода конечных элементов (Comsol, Ansys, Inventor) -возможности поиска специализированной профессиональной информации посредством Google Академии (Google Scholar) – поисковой системы по научным работам Уметь: - проектировать изделия из различных материалов посредством программных продуктов FEMM, Agros2D -обрабатывать и интерпретировать ин-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыком обработки данных и построения графиков в LibroOffice Culc	Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыком обработки данных и построения графиков в LibroOffice Culc - навыками обсуждения задач профессиональной деятельности посредством графического представления информации на доске Miro с целью принятия совместных обоснованных решений	формацию, используя такие программные продукты как LibreOffice Writer, Calc, Impress - применять Zoom (программа для организации видеоконференций) в коммуникационном процессе для ускорения процесса передачи профессиональной информации Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыком обработки данных и построения графиков в LibroOffice Culc - навыками обсуждения задач профессиональной деятельности посредством графического представления информации на доске Miro с целью принятия совместных обоснованных решений - навыками обмена информацией с применением системы Google – документов
ОПК-7/ начальный, основной	ОПК-7.2 Использует прикладные программы и средства автоматизированного	Знать: - типовые программные продукты, ориентированные на решение задач мо-	Знать: - типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирова-	Знать: - типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирования физических

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
	проектирования при решении инженерных задач	делирования физических процессов Уметь: - применять средства автоматизированного проектирования для проведения численного эксперимента и прогнозирования поведения материалов Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками работы с современными автоматизи-	ния физических процессов - средства автоматизированного проектирования для решения задач профессиональной деятельности Уметь: - применять средства автоматизированного проектирования для проведения численного эксперимента и прогнозирования поведения материалов - применять типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирования поведения материалов Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками работы с современными автоматизирован-	процессов, протекающих в исследуемом продукте профессиональной деятельности - средства автоматизированного проектирования для решения задач профессиональной деятельности - методы проектирования компонент нано- и микросистемной техники различного функционального назначения Уметь: - применять средства автоматизированного проектирования для проведения численного эксперимента и прогнозирования поведения материалов - применять типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирования поведения материалов - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками работы с современными автоматизированными системами проектиро-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		зированными системами проектирования (CAD)	ными системами проектирования (CAD) - навыками использования прикладных программ для моделирования физико-математических процессов протекающих в материале при различных внешних нагрузках	вания (CAD) - навыками использования прикладных программ для моделирования физико-математических процессов протекающих в материале при различных внешних нагрузках -навыками применения методов моделирования и проектирования с целью подбора материалов и эффективной оптимизации их свойств

7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.3 - Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля успеваемости

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Технология формирования	Оценочные средства		Описание шкал оценивания
				наименование	№№ заданий	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Возможности системы автоматизированного проектирования Autodesk	ОПК-4.2	лекция, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	1	согласно табл 7.2

	Inventor, основанные на методе конечных элементов.			БТЗ	1-10	
2.	Линейные, эллиптические уравнения в частных производных в одном измерении. Примеры одномерных уравнений упругости, теплопроводности и массопереноса. Информация о системах автоматизированного проектирования (официальные сайты Comsol, Ansys, Inventor, FEMM, Agros2D)	ОПК-4.2	лекция, СРС	БТЗ	11-20	согласно табл 7.2
3.	Граничные условия. Сильная форма дифференциального уравнения в частных производных для одномерного растяжения-сжатия. Аналитическое решение. Проектирование в программном пакете FEMM (свободное ПО)	ОПК-4.2 ОПК-7.2	лекция, СРС	отчет по лабораторной работе	2	согласно табл 7.2
				БТЗ	21-30	
4.	Слабая форма	ОПК-4.2	лекция,	БТЗ	31-40	соглас-

	дифференциального уравнения в частных производных. Эквивалентность сильной и слабой форм. Проектирование в программном пакете Agros2D (свободное ПО)		CPC			но табл 7.2
5.	Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Линейные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.	ОПК-4.2 ОПК-7.2	лекция, CPC	отчет по лабораторной работе	3	согласно табл 7.2
				БТЗ	41-50	
6.	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе	ОПК-4.2 ОПК-7.2	лекция, CPC	БТЗ	51-60	согласно табл 7.2
7.	Слабая форма дифференциального уравнения в частных производных. Эквивалентность сильной и слабой форм. Проектирование в программном пакете Agros2D (свободное ПО)	ОПК-4.2 ОПК-7.2	лекция, лабораторная работа CPC	отчет по лабораторной работе	4	согласно табл 7.2
				БТЗ	61-70	

8.	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Граничные условия Неймана. Использование доски Mi-go для создания планов-графиков выполнения проекта с указанием сроков и ответственных, применение системы Google – документов для планирования деятельности по курсовому проекту	ОПК-4.2 ОПК-7.2	лекция, лабораторная работа СРС	БТЗ	71-80	согласно табл 7.2
4 семестр						
9.	Основы структурного программирования в Python (типы данных, ветвления, циклы) Документирование проектной деятельности (Word, Excel, Power Point)	ОПК-4.2	лекция, лабораторная работа СРС	БТЗ	81-100	согласно табл 7.2
10.	Язык программирования Python (процедуры, функции, массивы, матрицы)	ОПК-4.2	лекция, лабораторная работа СРС	БТЗ	81-100	согласно табл 7.2

11.	Полиномы Лагранжа более высоких порядков в качестве базисных функций. Метод конечных элементов для одномерных уравнений. Квадратичные базисные функции. Локальные и глобальные координаты.	ОПК-4.2	лекция, лабораторная работа СРС	БТЗ	81-100	согласно табл 7.2
12.	Представление слабой формы в виде суммы интегралов на каждом элементе (квадратичные базисные функции)	ОПК-4.2	лекция, лабораторная работа СРС	БТЗ	81-100	согласно табл 7.2
13.	Сборка. Матрично-векторная форма дифференциального уравнения в частных производных. Квадратичные базисные функции. Граничные условия Дирихле и Неймана.	ОПК-4.2	лекция, лабораторная работа СРС	БТЗ	81-100	согласно табл 7.2
14.	Ознакомление с базами данных citrination.com и materialproject.org	ОПК-4.2	лекция, лабораторная работа СРС	БТЗ	81-100	согласно табл 7.2

БТЗ – банк вопросов и заданий в тестовой форме.

Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

Вопросы в тестовой форме по разделу (теме) 4 «Слабая форма дифференциального уравнения в частных производных. Эквивалентность сильной и слабой форм»

Как осуществляется процесс перехода от сильной формы уравнения упругости к слабой, используя формулу интегрирования по частям?

1) Как осуществляется процесс перехода от дифференциального уравнения упругости к интегральному, используя формулу интегрирования по частям?

2) Как, зная число узлов N в разбиении длины стержня, найти число элементов Ω ?

3) Как, зная число элементов Ω в разбиении длины стержня, найти число узлов N ?

4) Как выглядит уравнение упругости в слабой форме при разбиении длины стержня на элементы?

5) Как выглядит формула Гаусса-Лежандра для вычисления определённого интеграла?

Типовые контрольные вопросы к лабораторной работе

Лабораторная работа №2

1. Как задать геометрию модели, используя узлы, сегменты, дуги?
2. Как добавить материал в вашу модель и как распределить его по регионам?
3. Как задать границу для вашей модели?
4. Как определить значение поля в данной точке?
5. Как построить значения поля вдоль линии?
6. Как рассчитать индуктивность и сопротивление?
7. Как визуализировать поле с помощью цвета?
8. Как создать «открытое» граничное условие для анализа неограниченной задачи?
9. Как задать размер сетки конечных элементов?
10. Как применить граничные условия к отрезкам в модели?
11. Как запустить генератор сетки и решатель?
12. Как запустить постпроцессор и вычислить полученный тепловой поток?

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости представлены в УММ по дисциплине.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в виде бланкового и/или компьютерного тестирования.

Для тестирования используются контрольно-измерительные материалы (КИМ) – вопросы и задания в тестовой форме, составляющие банк тестовых заданий (БТЗ) по дисциплине, утвержденный в установленном в университете порядке.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины, указанные в разделе 4 настоящей программы. Все темы дисциплины отражены в КИМ в равных долях (%). БТЗ включает в себя не менее 100 заданий и постоянно пополняется. БТЗ хранится на бумажном носителе в составе УММ и электронном виде в ЭИОС университета.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах:

- закрытой (с выбором одного или нескольких правильных ответов),
- открытой (необходимо вписать правильный ответ),
- на установление правильной последовательности,
- на установление соответствия.

Умения, навыки (или опыт деятельности) и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) и различного вида конструкторов. Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант КИМ включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат КИМ позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

Примеры типовых заданий для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Задание в закрытой форме:

Пусть при решении одномерного уравнения упругости в сильной форме над областью $(0,1)$ распределение силы $f = 0$ при $0 < x \leq 1/2$; $f = 1$ для $1/2 < x < 1$, граничные условия $u(0) = 0$ и $u(1) = 1/8$. Какой вид имеет аналитическое решение $u(x)$?

- Линейная зависимость для $0 < x \leq 1/2$ и константа для $1/2 < x < 1$
- Линейная зависимость для $0 < x \leq 1/2$ и квадратичная для $1/2 < x < 1$
- Невозможно определить
- Такой же как f

7. Если двухединичная область $-1 < \xi < 1$ отображается на элемент с границами $x_{1e} = 1.5$, $x_{2e} = 3.2$, то производная $dx/d\xi$ равна

- 2.5
- 1.5
- 0.85
- 0

8 Верно ли утверждение, что окончательное собранное матрично-векторное уравнение, которое необходимо решить, чтобы получить численное решение, справедливо только для одного значения вектора степени свободы весовой функции?

- Верно
- Неверно

9. Чему равна сумма квадратурных весов при интегрировании методом Гаусса при использовании 3-х и 4-х квадратурных точек соответственно?

- 1; 1
- 3; 4
- 2; 2
- $1/3$; $1/4$

10. Чему равны весовые коэффициенты при численном интегрировании методом квадратуры Гаусса при использовании двух квадратурных точек?

- 2;2
- $-\sqrt{1/3}$; $\sqrt{1/3}$
- 1;1
- $-2\sqrt{1/3}$; $2\sqrt{1/3}$

Компетентностно-ориентированная задача:

1. Рассчитать параметры и визуализировать поле соленоида без сердечника (внутри воздух), используя программный пакет FEMM.

Пусть катушка, изображенная на рисунке (см. ниже), имеет внутренний диаметр 1 дюйм, внешний диаметр 3 дюйма и длину 2 дюйма. Катушка состоит из 1000 витков медной проволоки (марка меди 18 AWG). По проводу катушки течет постоянный ток 1 Ампер.

Так как задача осесимметричная для моделирования в FEMM достаточно задать геометрию фрагмента сечения катушки вдоль ее оси.

Ось r направлена по радиусу соленоида от оси катушки ($r = 0$) горизонтально вправо, в указанном сечении ток течет от наблюдателя.

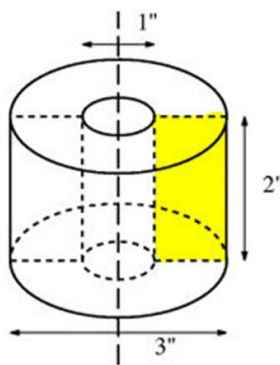


Рисунок - Катушка с воздушным сердечником

2. Рассчитать емкость метрического конденсатора квадратного сечения с помощью программной среды Agros2D, сторона внешней обкладки которого равна 4 см, а внутренней – 2 см (смотри рисунок ниже). Для расчетов вследствие симметрии до-

статочно смоделировать только $\frac{1}{4}$ конденсатора, а потом полученные аддитивные величины умножить на 4. Диэлектрик между пластинами – воздух. (6 баллов)

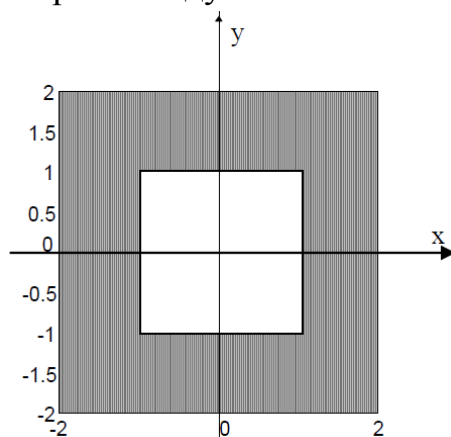


Рисунок - Конденсатор квадратного поперечного сечения

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлены в УММ по дисциплине.

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

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, регулируются следующими нормативными актами университета:

- положение П 02.016–2018 О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ;
- методические указания, используемые в образовательном процессе, указанные в списке литературы.

Для промежуточной аттестации обучающихся, проводимой в виде тестирования, используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. В каждом варианте КИМ –16 заданий (15 вопросов и одна задача).

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

- задание в закрытой форме –2балла,
- задание в открытой форме – 2 балла,
- задание на установление правильной последовательности – 2 балла,
- задание на установление соответствия – 2 балла,
- решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Максимальное количество баллов за тестирование –36 баллов.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1 Основная учебная литература

1. Клуникова, Ю.В. Метод конечных элементов для моделирования устройств и систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Клуникова, С.П. Малюков, М.В. Аникеев. – Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 86 с. – Режим доступа. – <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577777>.

2. Маковкин, Г. А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. А. Маковкин, С. Ю. Лихачева. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ), 2012. – Ч. 1. – 72 с. – Режим доступа. – <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427425>.

3. Мухутдинов, А.Р. Основы применения Autodesk Inventor для решения задач проектирования и моделирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.Р. Мухутдинов, С.А. Яничев. – Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016. – 140 с. // Режим доступа – <https://biblioclub.ru/?page=book&id=560921&razdel=276>.

4. Пузанов, А. В. Инженерный анализ в Autodesk Simulation Multiphysics [Электронный ресурс]: методическое руководство / А. В. Пузанов. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 912 с. – Режим доступа. – <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260212>

5. Буйначев, С. К. Основы программирования на языке Python [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. К. Буйначев, Н. Ю. Боклаг. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 92 с. – Режим доступа. – <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275962>

6. Колокольникова, А. И. Word 2019: теория и практика: в 2 частях [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. И. Колокольникова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – Ч. 1. – 337 с. – Режим доступа. – <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=595446>

8.2 Дополнительная учебная литература

4. Формалев, В. Ф. Численные методы [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников. - М.: Физматлит, 2006. - 399 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69333>.

5. Деклу, Ж. Метод конечных элементов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ж. Деклу ; под ред. Н. Н. Яненко ; пер. с фр. Б. И. Квасова. – М.: Мир, 1976. – 95 с.// – Режим доступа – <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456946>.

6. Колокольникова, А. И. Word 2019: теория и практика: в 2 частях [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. И. Колокольникова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – Ч. 1. – 337 с. – Режим доступа. – <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=595446>

8.3 Перечень методических указаний

1. Моделирование в материаловедении (1 часть) [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Кузько А.В., Кузьменко А.П., Кузько А.Е., Пугачевский М.А., Кочура А.В., Родионов В.В. – Курск, 2022. – 68 с.

2. Моделирование в материаловедении (2 часть) [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Кузько А.В., Кузьменко А.П., Кузько А.Е., Пугачевский М.А., Кочура А.В., Родионов В.В. – Курск, 2022. – 69 с.

3. Моделирование в материаловедении [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Кузько А.В., Кузьменко А.П., Кузько А.Е., Пугачевский М.А., Кочура А.В., Родионов В.В. – Курск, 2022. – 37 с.

4. Моделирование в материаловедении [Электронный ресурс]: методические рекомендации по выполнению курсовых проектов студентами направления подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Кузько А.В., Кузько А. Е., Кузьменко А.П. – Курск, 2022. – 11 с.

5. Моделирование в материаловедении [Электронный ресурс]: методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Кузько. – Курск, 2021. – 13 с.

8.4 Другие учебно-методические материалы

Отраслевые научно-технические журналы в библиотеке университета:

Нанотехнологии: наука и производство

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

1. <http://www.strf.ru/> - Интернет- издание «Наука и технологии России – strf.ru»
2. <http://www.nanometer.ru/> -сайт "Нанометр"
3. <http://www.rusnano.com/> - Группа РОСНАНО
4. <https://thesaurus.rusnano.com/wiki/> – Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов.
5. <http://biblioclub.ru> - Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
6. <https://phys.org/> - новости науки, исследований и технологий (press release on-line).
7. <http://www.consultant.ru> - Официальный сайт компании «Консультант Плюс».
8. <http://window.edu.ru> - Единое окно доступа к образовательным ресурсам.

9. <http://www.ansys.com/>- ANSYS User Guide ver 11. 2007
10. <http://www.comsol.com/>-Comsol Multiphysics
12. <https://www.libreoffice.org/discover/calc/> -Calc - это бесплатная программа для работы с электронными таблицами.
13. <https://www.femm.info/wiki/HomePage> - FEMM - это программный пакет на базе метода конечных элементов для решения двумерных плоских и осесимметричных задач магнитостатики и электростатики.
14. <http://www.agros2d.org/> – Agros2D – это программный пакет с открытым исходным кодом для численного решения (МКЭ) двумерных связанных задач (Multiphysics) в технических дисциплинах.
15. <https://www.autodesk.ru/products/inventor/overview> – Autodesk Inventor – система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР) компании Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий
16. <https://replit.com/languages/python3> – онлайн-компилятор и интерпретатор Python.
17. <https://www.python.org/> – официальный сайт Python (высокоуровневого языка программирования общего назначения с динамической строгой типизацией и автоматическим управлением памятью)

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами аудиторной работы студента при изучении дисциплины «Моделирование в материаловедении» являются лекции, лабораторные занятия. Студент не имеет права пропускать занятия без уважительных причин.

На лекциях излагаются и разъясняются основные понятия темы, связанные с ней теоретические и практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы. В ходе лекции студент должен внимательно слушать и конспектировать материал.

Изучение наиболее важных тем или разделов дисциплины завершают лабораторные занятия, которые обеспечивают контроль подготовленности студента; закрепление учебного материала; приобретение опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, в том числе аргументации и защиты выдвигаемых положений и тезисов.

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

По согласованию с преподавателем или по его заданию студенты готовят рефераты по отдельным темам дисциплины, выступают на занятиях с докладами. Основу докладов составляет, как правило, содержание подготовленных студентами рефератов.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает по результатам тестирования, собеседования, защиты отчетов по лабораторным работам, а также по результатам докладов.

Преподаватель уже на первых занятиях объясняет студентам, какие формы обучения следует использовать при самостоятельном изучении дисциплины «Моделирование в материаловедении»: конспектирование учебной литературы и лекции, составление словарей понятий и терминов и т. п.

В процессе обучения преподаватели используют активные формы работы со студентами: чтение лекций, привлечение студентов к творческому процессу на лекциях, отработку студентами пропущенных лекций, участие в групповых и индивидуальных консультациях (собеседовании). Эти формы способствуют выработке у студентов умения работать с учебником и литературой. Изучение литературы составляет значительную часть самостоятельной работы студента. Это большой труд, требующий усилий и желания студента. В самом начале работы над книгой важно определить цель и направление этой работы. Прочитанное следует закрепить в памяти. Одним из приемов закрепления освоенного материала является конспектирование, без которого немыслима серьезная работа над литературой. Систематическое конспектирование помогает научиться правильно, кратко и четко излагать своими словами прочитанный материал.

Самостоятельную работу следует начинать с первых занятий. От занятия к занятию нужно регулярно прочитывать конспект лекций, знакомиться с соответствующими разделами учебника, читать и конспектировать литературу по каждой теме дисциплины. Самостоятельная работа дает студентам возможность равномерно распределить нагрузку, способствует более глубокому и качественному освоению учебного материала. В случае необходимости студенты обращаются за консультацией к преподавателю по вопросам дисциплины «Моделирование в материаловедении» с целью освоения и закрепления компетенций.

Основная цель самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Моделирование в материаловедении» - закрепить теоретические знания, полученные в процессе лекционных занятий, а также сформировать практические навыки самостоятельного анализа особенностей дисциплины.

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

Операционная система Windows

Антивирус Касперского (или ESETNOD)

LibreOffice – офисный пакет (свободное программное обеспечение)

Libreoffice Calc - это бесплатная программа для работы с электронными таблицами.

ANSYS – универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа (коммерческое ПО)

Comsol Multiphysics – программный комплекс для инженерного анализа методом конечных-элементов.

FEMM - это программный пакет на базе метода конечных элементов для решения двумерных плоских и осесимметричных задач магнитостатики и электростатики.

Agros2D – это программный пакет с открытым исходным кодом для численного решения (МКЭ) двумерных связанных задач (Multiphysics) в технических дисциплинах.

Autodesk Inventor – система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР) компании Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий

Python – высокоуровневый язык программирования общего назначения с динамической типизацией и автоматическим управлением памятью

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и компьютерный класс, оснащенные учебной мебелью: столы, стулья для обучающихся; стол, стул для преподавателя; доска. ОС5121 Проектор мультимедийный с экраном inFocus in2102 с экраном Braun Photo Technik Standart 155x155 см (в комплекте с кабелем VGA 5м и переходником). Мобильный ПК ACER"Aspire 5720-102G16Mi (32032). Персональные компьютеры ПК S1155 Intel i3 (IntelRH67/i3-2130 3/40GHz/DDR III-4Gb/HDD SATA III 320Gb/DVD+R/RW/450Bt/клавиатура, мышь/23”LCD Samsung B2330(ZKfV)), год выпуска 2011, 15 шт.

13 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной

форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитывать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

14 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу дисциплины

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	измененных	замененных	аннулированных	новых			