

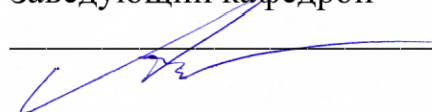
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт
Кафедра «Машиностроение и материаловедение»

Утверждено на заседании кафедры
«МиМ»
«30» января 2023 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой

 А.В. Анцев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Метод конечных элементов в задачах теплопроводности»**

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки
22.04.02 Metallurgy

с направленностью (профилем)
Теоретические основы литейных процессов

Форма обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 220402-02-22

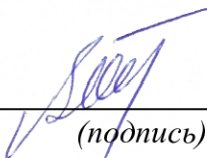
Тула 2023 год

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
рабочей программы дисциплины (модуля)

Разработчик:

Вальтер А.И., проф., д.т.н., доц.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) является формирование у студентов знаний о основных понятиях и соотношениях метода конечных элементов (МКЭ), как эффективного численного метода решения инженерных и физических задач и привитие навыков по самостоятельному применению этого метода при решении различных задач по специальности.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение методов разработки конечно-элементных моделей;
- получение знаний по решению математических моделей;
- изучение методов обработки и анализа полученных данных, на основе применения современных программных продуктов для расчета литейных процессов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина (модуль) относится к части основной профессиональной образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается в 3 семестре (очная форма обучения) и в 3 семестре (заочная форма обучения).

3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

- 1) типы конечных элементов и их характеристики (код компетенции – ПК-4, код индикатора – ПК-4.1).

Уметь:

- 1) составлять физические и математические модели, описывающие реальные объекты; внедрять в производственных условиях системы расчетов на основе математического моделирования; основы составления вычислительных программ (код компетенции – ПК-4, код индикатора – ПК-4.2).

Владеть:

- 1) методикой расчета дискретизированных конечно-элементных моделей теплопроводности в процессах литья с применением вычислительной техники (код компетенции – ПК-4, код индикатора – ПК-4.3).

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Номер семестра	Формы промежуточной аттестации	Общий объем в зачетных единицах	Общий объем в академических часах	Объем контактной работы в академических часах						Объем самостоятельной работы в академических часах
				Лекционные занятия	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные работы	Клинические практические занятия	Консультации	Промежуточная аттестация	
Очная форма обучения										
3	КР, Э	4	144	12	24	12	–	3	0,5	92,5
Итого	–	4	144	12	24	12	–	3	0,5	92,5
Заочная форма обучения										
3	КР, Э	4	144	6	8	8	–	3	0,5	118,5
Итого	–	4	144	6	8	8	–	3	0,5	118,5

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

4.2 Содержание лекционных занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы лекционных занятий
<i>3 семестр</i>	
1	Основные соотношения и определения метода конечных элементов. Виды физических моделей. Математическая модель задачи. Гипотезы, применяемые в МКЭ.
2	Дискретизация области и классификация конечных элементов. Дискретизация области исследования. Общая классификация конечных элементов. Аппроксимирующие полиномы.
3	Типы конечных элементов. Симплекс, комплекс и мультиплекс – элементы. Интерполяционные полиномы на основе треугольника Паскаля. Треугольный симплекс – элемент.
4	Построение функций формы для треугольного симплекс – элемента. Скалярное представление аппроксимирующего полинома. Свойства треугольного симплекс-элемента. Трехмерный треугольный симплекс-элемент.
5	Интерполяционные зависимости для двумерного и трехмерного симплекс – элементов. Определение L – координат. Свойства L – координат.
6	Элементы высоких порядков. Билинейный прямоугольный конечный элемент и его свойства. Квадратичный прямоугольный конечный элемент и его свойства. Полином Лагранжа.

Заочная форма обучения

№ п/п	Темы лекционных занятий
<i>3 семестр</i>	
1	Основные соотношения и определения метода конечных элементов. Виды физических моделей. Математическая модель задачи. Гипотезы, применяемые в МКЭ.
2	Дискретизация области и классификация конечных элементов. Дискретизация области исследования. Общая классификация конечных элементов. Аппроксимирующие полиномы.
3	Типы конечных элементов. Симплекс, комплекс и мультиплекс – элементы. Интерполяционные полиномы на основе треугольника Паскаля. Треугольный симплекс – элемент.

4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы практических (семинарских) занятий
<i>3 семестр</i>	
1	Прямой метод построения матрицы жесткости линейного конечного элемента
2	Разработка алгоритма расчета на ЭВМ для одномерного элемента
3	Определение матрицы жесткости двумерного треугольного конечного элемента
4	Разработка алгоритма расчета на ЭВМ для двумерно элемента
5	Определение матрицы жесткости двумерного четырехугольного конечного элемента
6	Рассчитать матрицу жесткости для билинейного мультиплекс - элемента
7	Интерполяция скалярной величины в дискретизированной области
8	Интерполяция векторных функций
9	Разработка алгоритма расчета на ЭВМ глобальной матрицы
10	Решение уравнений жесткости методом Гаусса
11	Разработка алгоритма расчета на ЭВМ системы уравнений методом Гаусса

Заочная форма обучения

№ п/п	Темы практических (семинарских) занятий
<i>3 семестр</i>	
1	Прямой метод построения матрицы жесткости линейного конечного элемента
2	Разработка алгоритма расчета на ЭВМ для одномерного элемента
3	Определение матрицы жесткости двумерного треугольного конечного элемента
4	Разработка алгоритма расчета на ЭВМ для двумерно элемента

4.4 Содержание лабораторных работ

Очная форма обучения

№ п/п	Наименования лабораторных работ
<i>3 семестр</i>	
1	Прямой метод построения матрицы жесткости линейного конечного элемента
2	Определение матрицы жесткости двумерного треугольного конечного элемента
3	Определение матрицы жесткости двумерного четырехугольного конечного элемента
4	Глобальная аппроксимация

№ п/п	Наименования лабораторных работ
5	Решение уравнений жесткости методом гаусса

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименования лабораторных работ
<i>3 семестр</i>	
1	Прямой метод построения матрицы жесткости линейного конечного элемента
2	Определение матрицы жесткости двумерного треугольного конечного элемента
3	Определение матрицы жесткости двумерного четырехугольного конечного элемента
4	Глобальная аппроксимация

4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

Очная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
<i>3 семестр</i>	
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям
3	Самостоятельное изучение тем: Построение функций формы для треугольного симплекс – элемента. Интерполяционные зависимости для двумерного и трехмерного симплекс – элементов. Элементы высоких порядков.
4	Выполнение курсовой работы
5	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

Заочная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
<i>3 семестр</i>	
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям
3	Самостоятельное изучение тем: Типы конечных элементов. Построение функций формы для треугольного симплекс – элемента. Интерполяционные зависимости для двумерного и трехмерного симплекс – элементов. Элементы высоких порядков.
4	Выполнение курсовой работы
5	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

Очная форма обучения

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося			Максимальное количество баллов
<i>3 семестр</i>			
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных занятий	2
		Работа на практических (семинарских) занятиях	12
		Выполнение лабораторной работы №1	2
		Выполнение лабораторной работы №2	2
		Выполнение лабораторной работы №3	2
		Контрольные мероприятия	10
		Итого	30
	Второй рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных занятий	4
		Работа на практических (семинарских) занятиях	12
		Выполнение лабораторной работы №4	2
		Выполнение лабораторной работы №5	2
		Контрольные мероприятия	10
		Итого	30
Промежуточная аттестация	Экзамен		40 (100*)
	Защита курсовой работы		100

* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

Заочная форма обучения

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося			Максимальное количество баллов
<i>3 семестр</i>			
Текущий контроль успеваемости	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:		
	Посещение лекционных занятий		10
	Работа на практических (семинарских) занятиях		30
	Выполнение лабораторной работы №1		5
	Выполнение лабораторной работы №2		5
	Выполнение лабораторной работы №3		5
	Выполнение лабораторной работы №4		5
	Итого		60
Промежуточная аттестация	Экзамен		40 (100*)
	Защита курсовой работы		100

* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

Шкала соответствия оценок в стобалльной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Система оценивания результатов обучения	Оценки			
	0 – 39	40 – 60	61 – 80	81 – 100
Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Академическая система оценивания (зачет)	Не зачтено	Зачтено		

6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуется аудитория, оснащенная видеопроектором, настенным экраном, ноутбуком. Для проведения практических и лабораторных занятий компьютерный класс должен быть оснащен программным обеспечением, содержащим текстовые, графические редакторы, а также средами программирования.

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Моделирование процессов и объектов в металлургии [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям для студентов 4 курса очной формы обучения специальности 110600 «Обработка металлов давлением»/ – Электрон. текстовые данные.– Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018.– 14 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17709>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л. – Электрон. текстовые данные.– Брянск: Брянский государственный технический университет, 2017.– 271 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

7.2 Дополнительная литература

1. Вальтер А.И. Метод конечных элементов в алгоритмах и программах. Учеб. пособ. / Вальтер А.И., Дорохин Н.Б. – Тула, Изд-во ТулГУ, 2001. – 156 с. Библиогр. В конце кн. – ISBN 5-7679-0144-9.

2. Чигарев А.В. ANSYS для инженеров : Справочное пособие / Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с. : ил. Библиогр. в конце кн. – ISBN 5-94275-048-3 в пер.

3. Известия ТулГУ, серии «Технические науки», «Актуальные вопросы механики», «Геодинамика, Математика, Термодинамика, Геоэкология, Физика», 2007, вып.2, 342 с. ISSN 0234-4234.

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

1. <https://tsutula.bibliotech.ru> – электронный читальный зал "БИБЛИОТЕХ": учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.
2. <http://www.iprbookshop.ru> – ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий.
3. <http://biblio-online.ru> – ЭБС Biblio-online.ru (ЭБС Издательства «Юрайт»).
4. <http://elibrary.ru> – НЭБ eLibrary – библиотека электронной периодики.
5. <http://cyberleninka.ru> – НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа.
6. <http://window.edu.ru> – единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал.
7. <http://gostexpert.ru> – Гост Эксперт. Единая база ГОСТов РФ.
8. <http://www.tehlit.ru> – ТехЛит.ру. Техническая литература.
9. <http://www2.viniti.ru> – Реферативный журнал ВИНТИ в электронной форме.

9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Пакет офисных приложений «МойОфис».
2. Среда программирования Free Pascal Lazarus.
3. Графический редактор PAINT.
4. Проигрыватель Windows Media.

9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Гост Эксперт. Единая база ГОСТов РФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/свободный>. – Загл. с экрана.