

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
СТИ НИТУ «МИСИС»

Рабочая программа утверждена
решением Ученого совета
СТИ НИТУ «МИСИС»
от «24» июня 2025 г.
протокол № 26

Рабочая программа дисциплины

Компьютерное моделирование процессов теплообмена

Закреплена за кафедрой	<u>Кафедра металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой</u>
Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Профиль	Тепломассообменные процессы и оборудование при производстве металлизированного сырья
Квалификация	<u>Бакалавр</u>
Форма обучения	<u>Очная</u>
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ

Часов по учебному плану	<u>180</u>	Формы контроля в семестрах:
в том числе:		экзамен 7
аудиторные занятия	<u>34</u>	
самостоятельная работа	<u>110</u>	
часов на контроль	<u>36</u>	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	110	110	110	110
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Год набора 2023.
В редакции 2025 г.

Программу составил:
доцент, кандидат технических наук
Черменев Евгений Александрович
Должность, уч. ст., уч. зв. ФИО полностью


подпись

Рабочая программа дисциплины

Компьютерное моделирование процессов тепломассообмена

наименование

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ МИСИС:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана 2023 года набора:

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,

Профиль: Тепломассообменные процессы и оборудование при производстве металлизированного сырья,
утвержденного Ученым советом СТИ НИТУ «МИСИС» 24.06.2025 г., протокол № 26.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой

наименование кафедры

Протокол от «05» июня 2025 г. № 8

Зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой
аббревиатура наименования кафедры

«05» июня 2025 г.


подпись

А.В. Сазонов
И.О. Фамилия

Руководитель ОПОП ВО
зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой,
кандидат технических наук, доцент
должность, уч. ст., уч. зв.

«05» июня 2025 г.


подпись

А.В. Сазонов
И.О. Фамилия

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
Цель освоения дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом и подготовка обучающихся в области компьютерного моделирования, формирование у обучающихся способности к моделированию процессов тепломассообмена.	
Задачи дисциплины:	
- научить обучающихся построению и реализации математических моделей процессов тепломассообмена;	
- научить обучающихся использовать современные системы инженерного расчета.	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Математика
2.1.2	Информатика
2.1.3	Физика
2.1.4	Тепломассообмен
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Производственная практика (преддипломная)
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач	
Знать:	УК-1-31. Основные законы протекания процессов в теплоэнергетике и теплотехнике.
Уметь:	УК-1-У1. Выделять значимые качества исследуемых процессов.
Владеть:	УК-1-В1. Навыками системного подхода к описанию процессов в теплоэнергетике и теплотехнике.
ОПК-1: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	
Знать:	ОПК-1-31. Основные понятия и принципы построения математических моделей процессов теплообмена.
Уметь:	ОПК-1-У1. Осуществлять постановку и решение задачи теплообмена на ЭВМ.
Владеть:	ОПК-1-В1. Численными методами решения задач теплообмена.
ОПК-5: Способен проектировать процессы и системы, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	
Знать:	ОПК-5-31. Основные численные методы, применяемые для решения задач теплообмена.
Уметь:	ОПК-5-У1. Осуществлять корректное математическое описание процессов тепломассопереноса с использованием численных методов.
Владеть:	ОПК-5-В1. Навыками использования математических моделей для исследования процессов переноса тепла.
ПК-1: Анализ и совершенствование теплотехнического оборудования на металлургических предприятиях	
Знать:	ПК-1-31. Основные численные методы моделирования и современные средства вычислительной техники.
Уметь:	ПК-1-У1. Осуществлять творческий поиск решения проблем, возникающих в процессе эксплуатации теплотехнического оборудования, выполнять исследование процессов теплообмена, анализировать результаты и формулировать выводы и рекомендации.
Владеть:	ПК-1-В1. Навыками проведения эксперимента с помощью модели с использованием современных средств вычислительной техники.
ПК-2: Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	
Знать:	ПК-2-31. Основные принципы построения математических моделей процессов теплообмена, используя методы и средства планирования и организации исследований и разработок.
Уметь:	ПК-2-У1. Выполнять исследование процессов теплообмена, применять методы анализа научно-технической информации, формулировать выводы и рекомендации, оформлять результаты научно-исследовательских работ.
Владеть:	ПК-2-В1. Навыками сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований с использованием ЭВМ.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Количество часов	Компетенции	Литература и электронные ресурсы	Примечание
	Раздел 1. Математическое описание процессов теплообмена.					

1.1	Математическое описание процессов теплообмена. Цель и задачи курса. Постановка краевых задач теплопроводности. Граничные условия. Классификация краевых задач./Лек/	7	1,5	УК-1-31, ОПК-1-31	Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.4, Л. 2.1, Л. 2.4	
1.2	Решение тестовой задачи теплопроводности методом разделения переменных. /Лаб/	7	2	УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
1.3	Подготовка к лабораторным занятиям./Ср/	7	3	УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
1.4	Оформление и подготовка к защите лабораторной работы. /Ср/	7	3	УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
1.5	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСиС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	5	УК-1-31, ОПК-1-31	Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.4, Л. 2.1, Л. 2.4, Э 1	
	Раздел 2. Численное решение задач кондуктивного переноса тепла.					
2.1	Применение метода конечных разностей для решения задачи теплопроводности. Явная разностная схема. Аппроксимация граничных условий. Основные свойства явной разностной схемы. Алгоритм решения задачи с использованием явной разностной схемы. /Лек/	7	2	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2	
2.2	Неявная четырехточечная разностная схема. Ее основные свойства. Решение системы разностных уравнений методом прогонки. Симметричная шеститочечная разностная схема./Лек/	7	1,5	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2	
2.3	Расчет нагрева пластины по явной разностной схеме. /Лаб/	7	2	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
2.4	Расчет нагрева пластины по неявной четырехточечной разностной схеме. /Лаб/	7	2	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
2.5	Расчет нагрева пластины по неявной шеститочечной разностной схеме. /Лаб/	7	2	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
2.6	Подготовка к лабораторным занятиям. /Ср/	7	9	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	

2.7	Оформление и подготовка к защите лабораторных работ./Ср/	7	9	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
2.8	Выполнение расчетного задания (Тема 1). /Ср/	7	18	УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1, ОПК-1-В1, ОПК-5-В1, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.2	
2.9	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСиС» и ресурсов сети «Интернет»./Ср/	7	5	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2, Э 1	
	Раздел 3. Численное решение неодномерных краевых задач теплообмена.					
3.1	Применение метода конечных разностей для решения двухмерной задачи теплопроводности. Явная и чисто неявная разностные схемы. Экономичные схемы. Метод расщепления. /Лек/	7	1,5	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2	
3.2	Расчет нагрева тела квадратного сечения методом расщепления. /Лаб/	7	3	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
3.3	Подготовка к лабораторным занятиям. /Ср/	7	3	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
3.4	Оформление и подготовка к защите лабораторной работы. /Ср/	7	3	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
3.5	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСиС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	5	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2, Э 1	
	Раздел 4. Численное решение нелинейных задач теплообмена.					
4.1	Учет зависимости теплофизических характеристик тела от температуры. Квазилинейная задача теплопроводности. Линейная и нелинейная разностные схемы. Учет нелинейности граничного условия. Применение метода итераций для нахождения граничного значения температуры. Учет зависимости теплофизических характеристик тела от температуры. /Лек/	7	2	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2	

4.2	Особенности решения задачи теплопроводности с движущейся границей. /Лек/	7	2	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2	
4.3	Расчет нагрева тела с учетом зависимости его теплофизических характеристик от температуры. /Лаб/	7	3	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
4.4	Расчет нагрева тела с учетом зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры. /Лаб/	7	3	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
4.5	Подготовка к лабораторным занятиям. /Ср/	7	6	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
4.6	Оформление и подготовка к защите лабораторных работ. /Ср/	7	6	ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.1	
4.7	Выполнение расчетного задания (Тема 2). /Ср/	7	18	УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1, ОПК-1-В1, ОПК-5-В1, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.5, Л. 2.2 Л 3.2	
4.8	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСиС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	5	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2, Э 1	
	Раздел 5. Численное решение задач радиационного теплообмена.					
5.1	Классический зональный метод расчета радиационного теплообмена. Постановка задачи. Запись и методы решения системы зональных уравнений. /Лек/	7	2	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2 Л. 2.3	
5.2	Резольвентный зональный метод расчета радиационного теплообмена. Постановка задачи. Разрешающие обобщенные коэффициенты излучения, методы их расчета. Запись системы зональных уравнений. Коэффициенты радиационного обмена. Методы решения системы зональных уравнений. /Лек/	7	1,5	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2	
5.3	Учет селективности излучения при расчете радиационного теплообмена в системе газ-кладка-металл. Постановка задачи. Запись системы зональных уравнений в пределах элементарного интервала длин волн. Алгоритм расчета	7	1,5	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2	

	температуры кладки. /Лек/					
5.4	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСиС» и ресурсов сети «Интернет»./Ср/	7	6	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2, Э 1, Э2	
	Раздел 6. Расчет сложного теплообмена зональным методом.					
6.1	Рассмотрение составляющих сложного теплообмена. Зональные выражения для конвективного теплового потока. Зональные выражения для радиационного теплового потока. Решение системы зональных выражений. /Лек/	7	1,5	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2	
6.2	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСиС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	6	ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 1.3, Л. 1.5, Л. 2.2, Э 1, Э2	
	Часы на контроль./Контроль/	7	36	УК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, ОПК-1-В1, ОПК-5-В1, ПК-1-31, ПК-2-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1	Л 1.1, Л 1.2, Л 1.3, Л 1.4, Л 2.1, Э 1, Э2	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Перечень вопросов для подготовки к экзамену.

- Задачи теплообмена. Постановка задач теплообмена. (УК-1-31, ОПК-1-31, УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1)
- Способы построения разностных схем. Метод конечных разностей. (УК-1-В1, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1)
- Аппроксимация, устойчивость, сходимость разностных схем. (ОПК-1-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
- Метод Рунге. Вывод формулы для оценки погрешности расчета. (ОПК-1-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
- Условия разработки дискретного аналога задачи теплопроводности. Виды схем. (ОПК-1-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
- Построение явной четырехточечной разностной схемы. (УК-1-В1, ОПК-1-31, ПК-1-31, ПК-2-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1)
- Свойства явной разностной схемы. (ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
- Вывод условия устойчивости явной разностной схемы. (ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
- Построение неявной четырехточечной разностной схемы. (УК-1-В1, ОПК-1-31, ПК-1-31, ПК-2-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1)
- Свойства чисто неявной разностной схемы. Вывод условия устойчивости. (ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
- Метод прогонки. Вывод выражений для расчета прогоночных коэффициентов. (УК-1-В1, ОПК-1-31, ПК-1-31, ПК-2-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1)
- Построение неявной шеститочечной разностной схемы. Оценка погрешности аппроксимации. (УК-1-В1, ОПК-1-31, ПК-1-31, ПК-2-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1)
- Вывод условия устойчивости неявной разностной схемы с весом. Сравнение ее с явной и чисто неявной разностными схемами. (ОПК-1-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
- Применение метода конечных разностей для решения двумерной задачи теплопроводности. Используемые схемы. Построение неявной разностной схемы для внутренних узлов. (ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1, УК-1-В1)

15. Неявная разностная схема решения двумерной задачи теплопроводности. Построение разностной схемы для граничных узлов. (ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1, УК-1-В1)
16. Методы, используемые для решения двумерной задачи теплопроводности. Экономичные схемы. Применение метода расщепления для решения двумерной задачи теплопроводности. (ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1, УК-1-В1)
17. Учет зависимости теплофизических характеристик тела от температуры. (ОПК-5-31, ПК-1-31)
18. Линейная и нелинейная разностные схемы решения квазилинейной задачи теплопроводности. (ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1, УК-1-В1)
19. Учет нелинейности граничного условия при решении нелинейных задач теплопроводности. (ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, ПК-2-В1, УК-1-В1)
20. Улучшение сходимости итерационных последовательностей при решении задач с нелинейным граничным условием. (ОПК-5-31, ПК-1-31)
21. Учет движения межфазной границы при погружении тела в расплав. (ОПК-5-31, ПК-1-31 ОПК-5-31, ПК-2-31, УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1, ОПК-1-В1, ОПК-5-В1, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-2-В1)
22. Учет движения межфазной границы при расчете нагрева тела в расплаве. (ОПК-5-31, ПК-1-31 ОПК-5-31, ПК-2-31, УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1, ОПК-1-В1, ОПК-5-В1, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-2-В1)
23. Учет движения межфазной границы при расчете охлаждения тела в расплаве. (ОПК-5-31, ПК-1-31 ОПК-5-31, ПК-2-31, УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1, ОПК-1-В1, ОПК-5-В1, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-2-В1)
24. Постановка задачи расчета радиационного теплообмена классическим зональным методом. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
25. Система зональных уравнений для расчета радиационного теплообмена классическим зональным методом. Частные случаи. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
26. Постановка задачи расчета радиационного теплообмена резольвентным зональным методом. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
27. Система зональных уравнений для расчета радиационного теплообмена резольвентным зональным методом. Решение системы. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
28. Частные случаи решения задачи радиационного теплообмена резольвентным зональным методом. Корректировка коэффициентов излучения. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
29. Учет селективности излучения при расчете радиационного теплообмена в системе газ-кладка-металл: возможность применения серой модели; постановка задачи. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
30. Учет селективности излучения при расчете радиационного теплообмена в системе газ-кладка-металл: решение задачи. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
31. Расчет сложного теплообмена зональным методом: постановка задачи; определение конвективной составляющей теплового потока. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)
32. Расчет сложного теплообмена зональным методом: система зональных уравнений и ее решение. (УК-1-31, ОПК-1-31, ОПК-5-31, ПК-1-31, ПК-2-31)

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине

Темы расчетных заданий по учебной дисциплине (УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1, ОПК-1-В1, ОПК-5-В1, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-2-В1):

1. Решение несимметричной линейной задачи теплопроводности методом конечных разностей с использованием разностных схем.
2. Расчет изменения толщины гарнисажной футеровки.

Выполняется по вариантам. Отчет оформляется на листах формата А4 с использованием MS Office.

Требования к содержанию отчета:

- постановка задачи с указанием конкретных значений исходных данных,
- программа решения задачи, позволяющая получить требуемую точность расчета,
- результаты расчетов,
- ответы на контрольные вопросы.

В семестре выполняется 7 лабораторных работ, тематика которых указана в п. 4 (УК-1-У1, ОПК-1-У1, ОПК-5-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-2-У1, ПК-1-В1, УК-1-В1, ПК-2-В1).

Выполняется подгруппами по 2 человека по вариантам. Выполнение работы и оформление отчета осуществляется с использованием MS Office. Отчет оформляется на листах формата А4.

Требования к содержанию отчета:

- постановка задачи с указанием конкретных значений исходных данных,
- программа решения задачи, позволяющая получить требуемую точность расчета,
- результаты расчетов,
- ответы на контрольные вопросы.

Подробное описание оценочных материалов для аттестации обучающихся приведено в ФОМ.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

В 7 семестре по курсу предусмотрен экзамен.

Экзаменационный билет включает в себя 3 теоретических вопроса из установленного перечня.

Билеты хранятся на кафедре ММ им. С.П. Угаровой и утверждены заведующим кафедрой.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины

Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: экзамен в 7 семестре.

Система оценивания, используемая преподавателем для текущей оценки успеваемости - балльно-рейтинговая:

- посещение занятий – по 0,5 балла за 1 занятие (всего 17 занятий), итого не более 8 баллов;
- выполнение лабораторных работ – по 2 балла (всего 9 занятий), итого не более 18 баллов;
- защита лабораторных работ – по 2 балла (всего 7 работ), итого не более 14 баллов;
- выполнение расчетных заданий – по 10 баллов (всего 2 задания), итого не более 20 баллов.

ИТОГО не более 60 баллов в семестре.

Условие допуска к экзамену по дисциплине – наличие не менее 33 баллов семестровой работы.

Критерии определения оценок на экзамене:

Оценка «отлично»

Обучающийся демонстрирует:

- глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами;
- способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;
- аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы экзаменатора;
- умение выполнять и обосновывать решение практических заданий высокого уровня сложности;
- свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.

Оценка «хорошо»

Обучающийся демонстрирует:

- достаточно полное знание материала по содержанию изученной дисциплины;
- твердые знания теоретического материала;
- умение дать четкие ответы на поставленные вопросы;
- умение решать практические задания;
- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины.

Допускаются незначительные неточности в ответах на теоретические вопросы.

Оценка «удовлетворительно»

Обучающийся демонстрирует:

- поверхностные знания теоретического материала по изученной дисциплине;
- неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;
- неточные ответы на дополнительные вопросы;
- умение выполнять практические задания без грубых ошибок;
- недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно»

Обучающийся демонстрирует:

- существенные пробелы в знаниях учебного материала;
- принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений;
- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;
- отсутствие навыков или существенные ошибки при выполнении практических заданий;
- незнание литературы, рекомендованной программой дисциплины.

«неявка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1 Основная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	М.П. Лапчик, М.И. Рагулина, Е.К. Хеннер	Численные методы : учебное пособие для студентов вузов.	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Москва : Издательский центр "Академия", 2005. - 384 с.
Л 1.2	В.А. Арутюнов, В.В. Бухмиров, С.А. Крупенников	Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей : учебник для ВУЗов.	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Москва : Металлургия, 1990. - 239 с.
Л 1.3	М.П. Галанин, Е.Б. Савенков	Методы численного анализа математических моделей.	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Москва : МГТУ им. Н.Э Баумана, 2010. - 591 с.
Л 1.4	А.Г. Лаптев, Н.А. Николаев, М.М. Башаров	Методы интенсификации и моделирования теплообменных	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Москва: Теплотехник, 2011. - 288 с.

		процессов : учебно-справочное пособие .		
Л 1.5	Л.И. Турчак, П.В. Плотников	Основы численных методов : учебное пособие.	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINEURL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69329	Москва : Физматлит, 2002. – 304 с.

6.1.2 Дополнительная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	В.И. Ляшков	Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики.	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINEURL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277818	Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 139 с.
Л 2.2	В.С. Швыдкий, Н.А. Спирин, М.Г. Ладыгичев	Элементы теории системы и численные методы моделирования процессов теплопереноса : учебник для вузов	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Москва : ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ, 1999. - 520 с
Л 2.3	Н.М. Цирельман	Прямые и обратные задачи теплопереноса.	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	М. : Энергоатомизда т, 2005. - 392 с.
Л 2.4	П.А.Трубаев, В.А.Кузнецов, П.В.Беседин	Методы компьютерного моделирования горения и теплообмена во вращающихся печах : монография.	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Белгород : БГТУ, БИЭИ, 2008. - 230 с.

6.1.3 Методические разработки

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 3.1	Л.Н. Королькова	Компьютерное моделирование процессов теплообмена. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2020. - 42 с.
Л 3.2	Л.Н. Королькова	Компьютерное моделирование процессов теплообмена. Методические указания для домашних заданий для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2020. - 26 с.

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э 1	Моделирование процессов теплопереноса. http://media.ls.urfu.ru/589/1606/3816/4911/
Э 2	Модели процессов теплопереноса и элементов оборудования различных теплотехнологий.

	https://www.youtube.com/watch?v=0iy2fFFaz7s
6.3. Перечень программного обеспечения	
П 1	Microsoft Office
П 2	MS Windows
П 3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса.
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных	
	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И 1	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И 2	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И 3	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И 4	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И 5	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	
7.1	<p>Аудитория № 307.</p> <p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - моноблок Asus ET2011E, - для презентаций Epson-406, - комплект учебной мебели на 25 посадочных мест. <p>Аудитория № 306.</p> <p>Лаборатория моделирования металлургических процессов и информационных технологий.</p> <p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рабочая станция Core i3-4130 – 4 шт, - рабочая станция HP Z420 – 8 шт, - проектор для презентаций Acer X1111 DLP Projector QSV 1032, - комплект учебной мебели на 25 посадочных мест.
7.2	<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся</p> <p>Аудитория № 306.</p> <p>Лаборатория моделирования металлургических процессов и информационных технологий.</p> <p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рабочая станция Core i3-4130 – 4 шт, - рабочая станция HP Z420 – 8 шт, - проектор для презентаций Acer X1111 DLP Projector QSV 1032, - комплект учебной мебели на 25 посадочных мест. <p>В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	
<p>Для успешного освоения дисциплины «Компьютерное моделирование процессов тепломассообмена» обучающемуся необходимо:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Посещать все виды занятий. 2. Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы. 3. При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через MS Teams или LMS Canvas). 4. Отчеты по лабораторным работам рекомендуется выполнять с использованием MS Office на листах формата А4. 5. Отчеты по расчетным заданиям выполняются с использованием MS Office на листах формата А4. 6. Активно работать с научными базами в сети Интернет. 7. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации. 	