

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.И. Ряжских

«31» августа 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Вычислительный эксперимент в основных задачах теплофизики»

**Направление подготовки** 13.06.01 Электро- и теплотехника

**Направленность** 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

**Квалификация выпускника** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** Очная

**Год начала подготовки** 2020 г.

Автор программы



/ В.И. Ряжских /

Заведующий кафедрой  
Прикладной математики и  
механики



/ В.И. Ряжских /

Руководитель ОПОП



/ В.И. Ряжских /

Воронеж 2020

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Обучить аспиранта основам применения совокупной системы, состоящей из математической модели, ее программной реализации для генерирования параметрической матрицы основных характеристик изучаемого процесс или явления.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

Синтез и специфическая организация исследований, при которой свойства явлений и предметов изучаются с помощью вычислительного эксперимента, основанного на математических моделях теплофизических задач различного предметно-ориентированного назначения;

изучения реального теплофизического объекта с помощью их математических моделей, изображения которых представлено в кодах специально разработанных объектов с помощью классических решателей – вычислительных платформ.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Вычислительный эксперимент в основных задачах теплофизики» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1 учебного плана.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Моделирование процессов тепло- и массообмена в энергетических установках» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 - способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;

ПК-4 - способность и готовность оценивать техническое состояние объектов и систем электро- и теплоэнергетики с применением современного оборудования и приборов, анализировать и разрабатывать рекомендации по их надежной и безопасной эксплуатации, понимать проблемы научно-технического развития сырьевой базы и современных технологий по утилизации отходов в энергетике и научно-техническую политику в этой области.

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ОПК-3	знать особенности изучаемой теплофизической системы и механизмы явлений переноса; уметь синтезировать имитационные модели

	изучаемых теплофизических явлений процессов и объектов;
	владеть информационно-вычислительным инструментарием стандартных математических платформ или принципами разработки собственных предметно-ориентированных программных комплексов на базе универсальных языков кодировки;
ПК-4	знать стандартный набор современных высокоточных контрольно-измерительных элементов при проведении теплофизических экспериментов;
	уметь организовывать с помощью контрольно-измерительных средств системы регистрации основных теплофизических свойств изучаемых объектов в различных фазовых состояниях;
	владеть методами планирования и статистического анализа точности измеряемых параметров с использованием набора стандартных математических пакетов предназначенных для получения регрессионных соотношений и проведения дисперсионного анализа.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование процессов тепло- и массообмена в энергетических установках» составляет 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		5			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	10	10			
В том числе:					
Лекции, в том числе в форме практической подготовки	10	10			
Практические занятия (ПЗ)	-	-			
<b>Самостоятельная работа</b>	98	98			
Реферат	-	-			
Вид промежуточной аттестации – зачет		зачет			
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	СРС	Всего, час
1	Качественный анализ теплофизической проблемы или задачи, и построение его математической модели	Выбор свойств объекта. Построение вычислительной (математической) модели. формирование условия применимости модели с учетом особенностей теплофизического объекта.	2	20	22
2	Разработка вычислительных алгоритмов	Разработка метода расчета математической задачи (вычислительного алгоритма) в виде алгебраических формул и логических условий.	2	20	22
3	Создание программы, реализующей вычислительный алгоритм	Создание проекта кода на одном из языков высокого уровня в системах Maple, Mathcad, Matlab, FlexPde, Comsol, Ansys	2	20	22
4	Наполнение расчетного массива с помощью компьютерных систем	Построение матрицы планирования вычислительного эксперимента и отработка тестовых примеров в теплофизической предметной области.	2	18	20
5	Обработка и анализ данных вычислительного эксперимента	Построение регрессионных уравнений и дисперсионный анализ с указанием области применимости результатов вычислительного эксперимента.	2	20	22
<b>Итого</b>			<b>10</b>	<b>98</b>	<b>108</b>

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение реферата.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-3	знать особенности изучаемой теплофизической системы и механизмы явлений переноса;	Обучающийся знает теоретический материал, относящийся к данной компетенции. Может его воспроизвести ответить на уточняющие вопросы.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь синтезировать имитационные модели изучаемых теплофизических явлений процессов и объектов;	Обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящиеся к данной компетенции.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	владеть информационно-вычислительным инструментарием стандартных математических платформ или принципами разработки собственных предметно-ориентированных программных комплексов на базе универсальных языков кодировки;	Владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения демонстрировать, осуществлять деятельность в различных ситуациях, относящихся к данной компетенции. Обучающийся способен отбирать и интегрировать имеющиеся знания и умения исходя из поставленной цели, проводить самоанализ и самооценку.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать стандартный набор современных высокопрецизионных контрольно-измерительных элементов при проведении теплофизических экспериментов;	Обучающийся знает теоретический материал, относящийся к данной компетенции. Может его воспроизвести ответить на уточняющие вопросы.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь организовывать с помощью контрольно-измерительных средств системы регистрации основных теплофизических свойств изучаемых объектов в различных фазовых состояниях;	Обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящиеся к данной компетенции.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами планирования и статистического анализа точности измеряемых параметров с использованием набора стандартных математических пакетов предназначенных для получения регрессионных соотношений и проведения дисперсионного анализа.	Владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения демонстрировать, осуществлять деятельность в различных ситуациях, относящихся к данной компетенции. Обучающийся способен отбирать и интегрировать имеющиеся знания и умения исходя из поставленной цели, проводить самоанализ и самооценку.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-3	знать особенности изучаемой теплофизической системы и механизмы явлений переноса;	Письменный опрос	Выполнение на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь синтезировать имитационные модели изучаемых теплофизических явлений процессов и объектов;	Письменный опрос	Выполнение на 70-100%	Выполнение менее 70%
	владеть информационно-вычислительным инструментарием стандартных математических платформ или принципами разработки собственных предметно-ориентированных программных комплексов на базе универсальных языков кодировки;	Письменный опрос	Выполнение на 70-100%	Выполнение менее 70%
ПК-3	знать стандартный набор современных высокоточных контрольно-измерительных элементов при проведении теплофизических экспериментов;	Письменный опрос	Выполнение на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь организовывать с помощью контрольно-измерительных средств системы регистрации основных теплофизических свойств изучаемых объектов в различных фазовых состояниях;	Письменный опрос	Выполнение на 70-100%	Выполнение менее 70%
	владеть методами планирования и статистического анализа точности измеряемых параметров с использованием набора стандартных математических пакетов предназначенных для получения регрессионных соотношений и проведения дисперсионного анализа.	Письменный опрос	Выполнение на 70-100%	Выполнение менее 70%

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

- 1) Этапы применения метода математического моделирования
- 2) Параметры физической модели
- 3) Современный набор математического инструментария
- 4) Построение замкнутых математических объектов для описания принятой физической модели
- 5) Фундаментальные законы явлений переноса. Их математическая

формализация.

- 6) Градиентная форма записи переноса импульса, теплоты и массы.
- 7) Интегро-дифференциальное исчисление, как основа формирования математических представлений теплофизических задач
- 8) Особенности применения параболических и гиперболических типов дифференциальных уравнений в частных производных для описаний явлений переноса
- 9) Виды краевых задач
- 10) Представления уравнения переноса с помощью дифференциальных соотношений в частных производных первого порядка
- 11) Конечно-разностная технология дискретизации начально-краевых задач уравнений математической физики
- 12) Построение явных, неявных и смешанного типа конечно-разностных схем
- 13) Понятие сходимости и устойчивости вычислительных схем.
- 14) Вариационная постановка вычислительных задач в теплофизике.
- 15) Характеристика методов Галеркина, Ритца, Бубнова-Галеркина, коллокаций и их применение для построения приближенных решений
- 16) Структурные принципы языков программирования, основных вычислительных платформ
- 17) Графические и мультимедийные функционалы вычислительных платформ для представления результатов теплофизического вычислительного эксперимента
- 18) Элементы теории планирования вычислительных экспериментов
- 19) Специализированные пакеты регрессионного и дисперсионного анализа.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

Не предусмотрено учебным планом.

### **7.2.3. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса.

1. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если аспирант набрал более 70% .
2. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если аспирант набрал менее 70% .

### **7.2.4 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Качественный анализ	ОПК-3, ПК-4	Письменный опрос

	теплофизической проблемы или задачи, и построение его математической модели		
2	Разработка вычислительных алгоритмов	ОПК-3, ПК-4	Письменный опрос
3	Создание программы, реализующей вычислительный алгоритм	ОПК-3, ПК-4	Письменный опрос
4	Наполнение расчетного массива с помощью компьютерных систем	ОПК-3, ПК-4	Письменный опрос
5	Обработка и анализ данных вычислительного эксперимента	ОПК-3, ПК-4	Письменный опрос

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Письменный опрос осуществляется с использованием выданных заданий на бумажном носителе. Время 45 мин. Затем осуществляется проверка экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Ряжских, В.И. Уравнения математической физики : Учеб. пособие. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 83 с. – 250

2. Бараков, А.В. Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики : Учеб. пособие. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 198 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
Microsoft Windows 7	Open License
Microsoft Office 2007	Open License
Adobe Reader	Свободное ПО



Maple v.17	Open License
------------	--------------

#### Профессиональные базы данных

Наименование ПБД	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>

#### Информационные справочные системы

Наименование ИСС	Электронный адрес ресурса
Математический справочник	dict.sernam.ru
Информационная система	Math-Net.Ru

Электронный каталог научной библиотеки:

<https://cchqeu.ru/university/elektronnyy-katalog/>

### **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированное помещение для проведения лекционных занятий, оснащенное доской, учебными столами, стульями и оборудованием для демонстрации наглядного материала.

### **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Вычислительный эксперимент в основных задачах теплофизики» читаются лекции.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем проведения зачета.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>