

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Авиационной теплотехники и теплоэнергетики  
название кафедры

## АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Элементы вычислительной теплофизики»  
название дисциплины

Направление подготовки (специальность)  
24.03.05 Двигатели летательных аппаратов  
(шифр и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность подготовки (профиль)  
Авиационная и ракетно-космическая теплотехника  
(наименование направленности/ профиля)

Квалификация выпускника  
бакалавр  
(наименование квалификации)


Форма обучения

очная  
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

УФА 2016

год

Исполнитель: доцент А.Н. Гришин   
Должность      Фамилия И. О.

Заведующий кафедрой: Ф.Г. Бакиров   
Фамилия И. О.

## Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Элементы вычислительной теплофизики» является дисциплиной *вариативной* части.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 24.03.05 *Двигатели летательных аппаратов*, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «09» февраля 2016г. № 93

**Целью освоения дисциплины является:** изучение постановок задач тепломассообмена, соответствующих методов численного решения дифференциальных уравнений и анализа полученного решения.

### Задачи:

1. Изучить основные свойства дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка, используемых для описания процессов тепломассообмена и движения жидкости и газа.
2. Изучить постановки задач для уравнений гиперболического, параболического и эллиптического типов.
3. Изучить формулировки краевых условий для соответствующих типов уравнений.
4. Изучить методы конечных разностей.
5. Изучить методы взвешенных невязок.
6. Изучить методы конечных элементов.
7. Изучить способы построения сеток в конечно-разностных и конечно-элементных методах.

*Примечание: цели и задачи освоения дисциплины копируются из рабочей программы учебной дисциплины*

### Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	способность владеть культурой мышления, обобщать, анализировать, воспринимать информацию, ставить цели и выбирать пути их достижения	ОК-1	основные источники информации по численным методам расчета теплогидро-	пользоваться литературой по численным методам расчета теплогидродинамических	навыком изучения литературы по численным методам расчета теплогидро-

			динамических процессов	процессов, а также анализировать полученную информацию	динамических процессов, а также анализа полученной информации.
2	способность применять прикладные программные средства при решении практических задач	ОК-13	постановки задач для одномерных и двумерных дифференциальных уравнений гиперболического, параболического и эллиптического типов	ставить задачи расчета теплопроводности в двумерных областях различной конфигурации	навыком проведения на компьютере численного эксперимента по изучению теплогидродинамических процессов

**Содержание разделов дисциплины**  
(пример заполнения)

№	Наименование и содержание разделов
1	<b>Введение.</b> Цели и задачи курса. Вычислительный эксперимент и его роль в современной науке и технике. Постановка вычислительного эксперимента.
2	<b>Элементы теории дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка.</b> Понятие о характеристиках диффуравнения в частных производных (ДУЧП) 2-го порядка. Метод характеристик. Классификация ДУЧП 2-го порядка. Постановка задач для уравнений гиперболического типа. Постановка задач для уравнений параболического типа. Постановка задач для уравнений эллиптического типа. Понятие о корректности краевой задачи.
3	<b>Математические модели в задачах теплообмена.</b> Дифференциальные уравнения, используемые для описания процессов теплообмена. Форма записи диффуравнений в виде обобщенного закона сохранения произвольной переменной. Форма записи диффуравнений в компактном векторном виде. Дивергентная форма записи уравнений в частных производных. Начальные и граничные условия в задачах теплообмена. Начальные условия. Граничные условия на твердых стенках, на линии симметрии расчетной области, на входной и выходной границах, условия периодического типа. Особенность вычислительных граничных условий.
4	<b>Методы конечных разностей. Общие вопросы.</b> Сущность метода конечных разностей (МКР). Погрешность аппроксимации ДУЧП. Явная и неявная разностные схемы. Понятие согласованности разностных схем. Понятие устойчивости разностных схем. Понятие сходимости разностных схем. Теорема Лакса (без доказательства). Точность решения. Вычислительная эффективность. Некоторые методы построения

	<p>разностных схем – разложение функций в ряд Тэйлора, схемы предиктор-корректор. Исследование устойчивости разностных схем. Метод Неймана. Условие устойчивости Куранта-Фридрихса-Леви (КФЛ). Дифференциальные приближения разностных схем. Неявная (схемная) искусственная вязкость и дисперсия разностных схем. Определение диссипации и дисперсии разностных схем. Определение численной диффузии при помощи дифференциальных приближений разностных схем. Понятие абсолютной устойчивости разностных схем. Сеточное число Рейнольдса.</p>
5	<p><b>Методы конечных разностей для решения уравнений теплообмена.</b>  Разностные схемы для решения одномерного уравнения теплопроводности – комбинированная разностная схема и ее частные случаи. Трудности, возникающие при применении обычных «одномерных» методов к решению многомерных уравнений теплопроводности. Неявные методы переменных направлений для решения двумерных и трехмерных уравнений теплопроводности. Методы дробных шагов или методы расщепления для решения уравнения теплопроводности. Метод установления. Конечно-разностные схемы для решения уравнений Лапласа и Пуассона. Методы решения систем алгебраических уравнений – прямые и итерационные. Метод прогонки. Метод Гаусса-Зейделя. Метод последовательной верхней релаксации. Метод последовательной верхней релаксации по строкам.</p>
6	<p><b>Метод взвешенных невязок.</b>  Приближенное решение. Базисные функции. Сущность метода взвешенных невязок. Частные случаи метода взвешенных невязок – метод подобластей, метод коллокаций, метод наименьших квадратов, метод Галёркина, обобщенный метод Галёркина. Граничный, внутренний и смешанный методы. Трудности реализации традиционного метода Галёркина.</p>
7	<p><b>Методы конечных элементов.</b>  Аппроксимация решений дифуравнений и использование базисных функций. Выполнение краевых условий с помощью базисных функций. Одновременная аппроксимация решений дифуравнений и краевых условий. Метод конечных элементов (МКЭ). Понятие конечного элемента. Аппроксимация функций с помощью МКЭ. Глобальные и локальные базисные функции. Аппроксимация решений дифуравнений и требования гладкости. Слабая формулировка и метод Галёркина. Процесс ансамблирования. Приведенные матрицы. Обобщение конечно-элементных алгоритмов на двумерные и трехмерные задачи. Решение стационарной задачи теплопроводности в многосвязной расчетной области с помощью МКЭ. Использование в МКЭ вариационного принципа.</p>
8	<p><b>Методы построения сеток.</b>  Построение сеток в методах конечных разностей. Построение сеток на основе метода ТФКП. Построение сеток на основе алгебраических уравнений. Построение сеток на основе дифференциальных уравнений. Построение сеток в методах конечных элементов. Метод суперэлементов. Метод адаптивной генерации сетки. Метод последовательного подразбиения сетки. Метод сокращения области.</p>

Подробное содержание дисциплины, структура учебных занятий, трудоемкость изучения дисциплины, входные и исходящие компетенции, уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенций, учебно-методическое, информационное, материально-техническое обеспечение учебного процесса изложены в рабочей программе дисциплины.