


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНО:
на заседании кафедры прикладной физики
протокол от «23» марта 2022 г. № 7

СОГЛАСОВАНО:
Директор физико-технического
института

Зав. кафедрой  / Л.А.Ковалева

 /И.Ф. Шарафуллин
«25» марта 2022 г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ
В АСПИРАНТУРЕ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Численные методы теории тепломассопереноса
Вариативная часть**

Направление подготовки
03.06.01 Физика и астрономия

Направленность подготовки
Теплофизика и теоретическая теплотехника

Подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура)

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная, заочная

Разработчик:



/ д.т.н., профессор Л.А. Ковалева

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, приняты на заседании кафедры прикладной физики, протокол от «23» марта 2022 г. № 7.

Зав. кафедрой _____



/ Л.А. Ковалева

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП
2. Цели и место дисциплины в структуре ОПОП
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине
 - Приложение № 1. Содержание рабочей программы (очная форма)
 - Приложение № 2. Содержание рабочей программы (заочная форма)

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

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

ПК-1 способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств

ПК-3 способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники современных теоретических методов информационных технологий программных комплексов и численных методов

| Результаты обучения | | Формируемая компетенция (с указанием кода) | Примечание |
|---------------------|---|--|------------|
| Знания | Знать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники | ПК-1 - способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств | |
| | Знать теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов | ПК-2 - способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники современных теоретических методов информационных технологий программных комплексов и численных методов | |
| Умения | Уметь решать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных | ПК-1 - способностью самостоятельно формулировать | |

| | | | |
|---------------------------------------|---|--|--|
| | информационных технологий и аппаратных средств | задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств | |
| | Уметь использовать современные теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов | ПК-3 - способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники современных теоретических методов информационных технологий программных комплексов и численных методов | |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Владеть способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств | ПК-1 - способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств | |
| | Владеть способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники современных теоретических методов информационных технологий программных комплексов и численных методов | ПК-3 - способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники современных теоретических методов информационных технологий | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | программных комплексов и численных методов | |
|--|--|---|--|

2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы теории тепломассопереноса» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на _3_ курсе в _6_ семестре.

Целью дисциплины «Численные методы теории тепломассопереноса» является знакомство аспирантов с актуальными проблемами теплофизики и используемых при решении задач методов вычислений, практическое применение методов к конкретным модельным задачам и формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС высшего образования по направлению подготовки.

В результате аспирант приобретает умение ориентироваться в современной науке, приобщается к ее передовому краю, получает возможность соотнести собственные исследовательские интересы с актуальными задачами, стоящими перед современной наукой, сделать их частью научного поля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

Информационные технологии в науке и образовании, Теплофизика и теоретическая теплотехника,

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы по очной форме представлено в Приложении № 1.

Содержание рабочей программы по заочной форме представлено в Приложении №

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

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

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

Код и формулировка компетенции

ПК-1 способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | |
|-------------------------------------|---|---|---|
| | | Не зачтено | Зачтено |
| Первый этап (уровень) | Знать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники | Не знает задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники | Знает какие задачи возникают в области теплофизики и теоретической теплотехники |
| Второй этап (уровень) | Уметь решать задачи в области теплофизики и | Знает задачи, но не умеет решать задачи в области теплофизики и теоретической | Умеет в полной мере решать задачи в области теплофизики и |

| | | | |
|-----------------------|---|---|---|
| | теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств | теплотехники | теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств |
| Третий этап (уровень) | Владеть способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств | Не владеет способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики | Владеть в полной мере способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств |

Код и формулировка компетенции

ПК-3 способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники современных теоретических методов информационных технологий программных комплексов и численных методов

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | |
|-------------------------------------|--|---|--|
| | | Не зачтено | Зачтено |
| Первый этап (уровень) | Знать теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов | Не знает численных методов | Знает теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов |
| Второй этап (уровень) | Уметь использовать современные теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов | Не умеет использовать современные теоретические методы информационных технологий программных комплексов | Уметь в полной мере использовать современные теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов |

| | | | |
|-----------------------|--|--|---|
| Третий этап (уровень) | | Не владеет способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники современных теоретических методов информационных технологий программных комплексов | Владеет способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники современных теоретических методов информационных технологий программных комплексов и численных методов |
|-----------------------|--|--|---|

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

| Этапы освоения | Результаты обучения | Компетенция | Оценочные средства |
|------------------------------|---|-------------|----------------------------|
| 1-й этап Знания | Знать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники | ПК-1 | <i>собеседование</i> |
| | Знать теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов | ПК-3 | |
| 2-й этап Умения | Уметь решать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств | ПК-1 | <i>Лабораторная работа</i> |
| | Уметь использовать современные теоретические методы информационных технологий программных комплексов и численных методов | ПК-3 | |
| 3-й этап Владеть навыками | Владеть способностью самостоятельно формулировать задачи в области теплофизики и теоретической теплотехники и решать их с использованием современных информационных технологий и аппаратных средств | ПК-1 | <i>устный опрос</i> |
| | Владеть способностью использовать при решении задач теплофизики и теплотехники | ПК-3 | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | современных теоретических методов информационных технологий программных комплексов и численных методов | | |
|--|--|--|--|

Примерные критерии оценивания

Собеседование проходит в виде устной беседы для выявления у аспиранта знаний по предметной области.

Выполняется **лабораторная работа**. Умение получено если самостоятельно выполнена работа полностью без неточностей и ошибок и аспирант может ответить на вопросы по коду программы, иначе нет.

Устный опрос определяет владение данным предметом. Аспирант дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Примерные задания для лабораторной работы

Описание контрольной работы: Лабораторная работа по решению уравнения теплопроводности с распределенными источниками

Пример варианта лабораторной работы:

1. Решить уравнение теплопроводности при следующих начальных и граничных

$$\text{условиях: } U(t=0) = 300, \quad \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0} = 0.1, \quad U(x=L) = 320$$

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. - М. ; Л. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 678 с. : ил. - ISBN 978-5-4475-1896-7 ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256639> .
2. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. –М.:Книжный дом «Либроком», 2014. – 784 с.

Дополнительная литература:

3. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. -М., Наука,

1077.

4. Патанкар С.В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах.-М., Изд-во МЭИ, 2003.
5. Ильин В.П. Методы конечных разностей и конечных объемов для эллиптических уравнений. Новосибирск, Изд-во Ин-та математики, 2000.
6. Самарский А.А. Введение в численные методы. М.:Наука, 1987 – 288 с.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая современные профессиональные базы данных (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий) и информационные справочные системы

Доступ к тексту электронного издания возможен через Научную-электронную библиотеку eLibrary.ru. — ISBN: 0044-4669— http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7791.
Реферативные базы данных научного цитирования SCOPUS (<http://www.scopus.com>), WEB OF SCIENCE (<http://webofknowledge.com>),

1. www.gpntb.ru/— Государственная публичная научно-техническая библиотека.
2. www.nlr.ru/ — Российская национальная библиотека.
3. www.nns.ru/ — Национальная электронная библиотека.
4. www.rsl.ru/— Российская государственная библиотека.
5. www.microinform.ru/ — Учебный центр компьютерных технологий

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| <i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i> | <i>Вид занятий</i> | <i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i> |
|--|-------------------------|---|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>Аудитория 218</i> | <i>Лекции, семинары</i> | Учебная мебель, доска аудиторная, кондиционер(сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом ClassicLyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9H.J6V77. 13E/9H.J6V77.13F) |
| <i>Аудитория 425</i> | Компьютерный класс | Учебная мебель, доска маркерная, компьютер в составе: SOC -1150 AsusIntelCore i3-4150.4096 mb.1024 mb.64bit DDR3.монитор 23, клавиатура,мышь, кондиционер (сплит-система)Haier HSU-18HEK203/R2-HSU-18HUN03/R2, копировальный аппарат Canon FC-230, персональный компьютер в комплекте №1 KlamaSoffice, монитор DELL 21,5 – 8 шт., принтер HP LaserJet 1220 лазерный A4 (принт+копир+сканер), принтер Samsung ML-1750 лазерный (A4, 16 стр/мин, 1200*600dpi, LPT/USB 2.0), проектор BenQProjectorPB7.210 (DIP,1024*768, D-sub, RCA, S-Video,Component, USB,), системный блок компьютера Celeron 315-2.26/s478 EliteGroupP4M800-M/256Mb/80Gb/3.5"/CD-ROM/ATX |

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Численные методы теории тепломассопереноса» на б семестр
(наименование дисциплины)
Очная форма обучения

| Вид работы | Объем дисциплины |
|---|-------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов) | 2/72 |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем: | 8 |
| лекций | 2 |
| практических | 4 |
| Контроль самостоятельной работы (КСР) | 2 |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) | 64 |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (контроль) | |

Формы контроля: зачет _____ б _____ семестр

| № п/п | Тема и содержание | Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах) | | | Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка) | Задания по самостоятельной работе аспирантов | Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) |
|----------|--|--|--------|-----|--|---|--|
| | | ЛК | ПР/СЕМ | СРС | | | |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | | | |
| 1. | Характерные практические задачи теории теплопереноса. Основные уравнения теории теплопереноса. Метод конечных разностей. | 1 | 2 | 18 | 1,2,3,4 | Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов. | Индивидуальная проверка выполнения задания.(Программа. Результаты расчетов) |
| 2. | Метод конечных объемов.метод конечных элементов. Спектральный метод | | | 16 | 3,4,5 | Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов. | Индивидуальная проверка выполнения задания.(Программа. Результаты расчетов) |

| | | | | | | | |
|---------------------|---|---|---|----|---------|---|---|
| 3. | Стационарные задачи теории теплопереноса и методы их решения. | | 1 | 16 | 2,3,4 | Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов. | Индивидуальная проверка выполнения задания.(Программа. Результаты расчетов) |
| 4. | Линейные и нелинейные задачи с преобладающим влиянием конвекции | 1 | 1 | 14 | 2,3,4,5 | Изучить понятия корректности, устойчивости и однозначности решения, регуляризации решения. (8 часов) Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов. | Индивидуальная проверка выполнения задания.(Программа. Результаты расчетов) |
| Всего часов: | | 2 | 2 | 64 | | | |

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Численные методы теории тепломассопереноса» на 5, 6 семестр
(наименование дисциплины)

Заочная форма обучения

форма обучения

| Вид работы | Объем дисциплины | |
|---|-------------------------|------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов) | 1/36 | 1/36 |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем: | 5 | 5 |
| лекций | 2 | |
| практических | 2 | 2 |
| Контроль самостоятельной работы (КСР) | 2 | 2 |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) | 30 | 28 |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (контроль) | | 4 |

Формы контроля: зачет _____ 6 _____ семестр

| № п/п | Тема и содержание | Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах) | | | Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка) | Задания по самостоятельной работе аспирантов | Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) |
|----------|--|--|--------|-----|--|---|--|
| | | ЛК | ПР/СЕМ | СРС | | | |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1. | Характерные практические задачи теории теплопереноса. Основные уравнения теории теплопереноса. Метод конечных разностей. | 1 | 2 | 16 | 1,2,3,4 | Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов. | Индивидуальная проверка выполнения задания.(Программа .Результаты расчетов) |
| 2. | Метод конечных объемов.метод конечных элементов. Спектральный метод | 1 | | 14 | 3,4,5 | Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов. | Индивидуальная проверка выполнения задания.(Программа .Результаты расчетов) |
| |6...семестр | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|---|---|---|----|---------|--|---|
| 4. | Стационарные задачи теории теплопереноса и методы их решения. | | 1 | 14 | 2,3,4 | Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов. | Индивидуальная проверка выполнения задания.(Программа .Результаты расчетов) |
| 5. | Линейные и нелинейные задачи с преобладающим влиянием конвекции | | 1 | 14 | 2,3,4,5 | Изучить понятия корректности, устойчивости и однозначности решения, регуляризации решения. (8 часов) Написание программы, ее реализация на ЭВМ. Проведение тестовых расчетов. Решение поставленной задачи. Представление результатов расчетов. | Индивидуальная проверка выполнения задания.(Программа .Результаты расчетов) |
| | Подготовка к зачету | | | 4 | | | |
| | Всего часов: | 2 | 4 | 58 | | | |

