МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

# Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

,

Одобрено УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ,

Протокол №2-8/2021 От 30.08.2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |
| --- |
| Применение вычислительных методов в инженерных расчетах |
| *Шифр, название дисциплины* |
|  |
| для студентов направления подготовки |
|  |
| 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» |
| *Шифр, название специальности/направления подготовки* |
|  |
|  |
| профиля |
| Прикладная информатика |
| *Шифр, название специализации/профиля* |
|  |
|  |
| Форма обучения: очная |

**г. Обнинск 2021 г.**

Программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению подготовки **01.03.02 -«Прикладная математика и информатика»**

Программу составила:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Н. Чепурко, доцент, к.ф.-м.н, доцент

Рецензент:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Г.Е. Деев, доцент, к.ф.-м.н, доцент

Программа рассмотрена на заседании отделения интеллектуальных кибернетических систем (О) (протокол № 5/7 от «30» июля 2021 г.)

Руководитель образовательной программы

01.03.02 – «Прикладная математика и информатика»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.В. Ермаков

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021 г.

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

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коды компетенций | **Результаты освоения ООП**  **Содержание компетенций\*** | **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине\*\*** |
| ПК-5 | Способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения | **Знать:** основные свойства обобщенного решения.  **Уметь:** воспринимать информацию, сформулированную в терминах конкретного раздела физики, и перерабатывать ее в алгоритмическую структуру.  **Владеть**: навыками обработки данных научных исследований. |

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках профессионального модуля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения».

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3зачетных единиц (з.е.), 108 академических часа.

3.1. Объём дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Объем дисциплины | Всего часов | |
| Очная форма обучения | Заочная форма обучения |
| Общая трудоемкость дисциплины | 108 |  |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем  (по видам учебных занятий) (всего) | 32 |  |
| Аудиторная работа (всего): | 32 |  |
| *в том числе:* |  |  |
| лекции | 16 |  |
| семинары, практические занятия | 16 |  |
| лабораторные работы | - |  |
| Внеаудиторная работа (всего): | - |  |
| *в том числе*, индивидуальная работа  обучающихся с преподавателем: | - |  |
| курсовое проектирование | - |  |
| групповая, индивидуальная консультация  и иные виды учебной  деятельности, предусматривающие  групповую или индивидуальную  работу обучающихся с преподавателем | - |  |
| творческая работа (эссе) | - |  |
| Самостоятельная работа обучающихся (всего) | 76 |  |
| Вид промежуточной аттестации обучающегося (зачет) | - |  |

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий

(в академических часах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование раздела /темы дисциплины | Общая трудоём- кость всего  (в часах) | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость  *(в часах)* | | | | Формы текущего контроля успевае-мости |
| Аудиторные учебные занятия | | | СРО |
| Лек | Сем/Пр | Лаб |
| 1. | **Краевая задача для ОДУ второго порядка** | 58 | 8 | 8 | - | 42 |  |
| 1.1. | Основные определения | 22 | 2 | 2 | - | 18 | ИДЗ № 1, ИДЗ № 2  ИДЗ № 3 |
| 1.2. | Схема Галеркина | 36 | 6 | 6 | - | 24 | ИДЗ № 1 |
| 2. | **Задачи в частных производных** | 50 | 8 | 8 | - | 34 |  |
| 2.1. | Численная схема решения задачи теплопроводности | 32 | 4 | 4 | - | 24 | ИДЗ № 2 |
| 2.2. | Схема Галеркина для задачи Дирихле | 18 | 4 | 4 | - | 10 | ИДЗ № 3 |

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование раздела /темы дисциплины | Содержание |
| 1. | **Краевая задача для ОДУ второго порядка** | |
| 1.1. | Основные определения | Область определения оператора. Симметричные операторы. Положительно-определенные операторы. Энергетическое пространство. Существование и единственность обобщенного решения. |
| 1.2. | Схема Галеркина | Схема Галеркина для симметричного, положительно-определенного оператора. Теорема о минимальном свойстве галеркинского приближения. Симметричность и положительная определенность дифференциального оператора второго порядка. Главные и естественные граничные условия. Свойства энергетического пространства. Эквивалентность энергетической нормы и нормы Соболева. Аппроксимация непрерывной кусочно-дифференцируемой функции с помощью функций из области определения дифференциального оператора. |
| 2. | **Задачи в частных производных** | |
| 2.1. | Численная схема решения задачи теплопроводности | Использование схемы Галеркина для сведения краевой задачи к системе ОДУ. Сведение системы ОДУ к линейной алгебраической системе. Устойчивость численной схемы. |
| 2.2. | Схема Галеркина для задачи Дирихле | Симметричность и положительная определенность дифференциального оператора. Свойства энергетического пространства. Схема Галеркина сведения дифференциальной задачи к алгебраической системе. |

Практические/семинарские занятия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование раздела /темы дисциплины | Содержание |
| 1. | **Краевая задача для ОДУ второго порядка** | |
| 1.1. | Основные определения | Свойства обобщенного решения. |
| 1.2. | Схема Галеркина | Симметричность и положительная определенность дифференциального оператора второго порядка. Главные и естественные краевые условия. Допустимость выбора функций «зубчиков» в качестве базиса для построения галеркинского приближения обобщенного решения. |
| 2. | **Задачи в частных производных** | |
| 2.1. | Численная схема решения задачи теплопроводности | Сведение исходной задачи к системе ОДУ. Получение линейной алгебраической системы уравнений. Принцип максимума. |
| 2.2. | Схема Галеркина для задачи Дирихле | Симметричность и положительная определенность обобщенного оператора Дирихле. Обоснование выбора базисных функций. Схема Галеркина построения алгебраической системы. |

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В качестве учебно-методических материалов используется рекомендованная литература.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)** | **Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка** | **Наименование оценочного средства** |
| 1.1. | Основные определения | ПК-5: Способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения. | ИДЗ № 1  ИДЗ № 2  ИДЗ № 3 |
| 1.2. | Схема Галеркина | ПК-5 | ИДЗ № 1 |
| 2.1. | Численная схема решения задачи теплопроводности | ПК-5 | ИДЗ № 2 |
| 2.2. | Схема Галеркина для задачи Дирихле | ПК-5 | ИДЗ № 3 |

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

*6.2.1. Зачет*

В зачетном задании два теоретических вопроса, предназначенные для обоснования применения выбранного алгоритма решения ИДЗ.

Типовы вопросы для зачета:

1. Доказать симметричность и положительную определённость дифференциального оператора второго порядка.
2. Доказать, что краевое условие первого рода – главное.

Критерий оценки – правильность и полнота ответа на вопросы. Оценка выставляется по шкале от 0 до 40 баллов: теоретические вопросы –30 баллов, 10 баллов – дополнительные вопросы. Зачет считается сданным при оценке не ниже 25 баллов.

*6.2.2. Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)*

Индивидуальное домашнее задание состоит из трёх заданий по следующим темам: схема Галеркина поиска приближения обобщенного решения для краевой задачи для ОДУ 2 порядка, схема Галеркина для решения краевой задачи для уравнения теплопроводности, схема Галеркина для решения краевой задачи для обощенной задачи Дирихле.

а) типовое индивидуальное домашнее задание:

№ 1. Найти галеркинское приближение обобщенного решения следующей краевой задачи:



№ 2. Найти галеркинское приближение обобщенного решения следующей краевой задачи:



Функции  и  такие же, как и в ИДЗ № 1.

№ 3. Найти галеркинское приближение обобщенного решения следующей краевой задачи:



где прямоугольная область  разбита на прямоугольные подобласти , функции , , .

б) критерии оценивания компетенций (результатов) – правильность и полнота выполнения всех шагов решения задачи.

в) описание шкалы оценивания:

Задания оцениваются по шкале от 0 до 20 баллов.

Индивидуальное домашнее задание считается выполненным успешно при суммарной оценке не ниже 35 баллов.

*6.2.2. Лабораторные работы*

Не предусмотрены.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Форма аттестации | Наименование оценочного средства | Баллы |
| Зачет (100 баллов) | Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ) | 60 |
| Ответы на зачете | 40 |

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

а) основная учебная литература:

1. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. М.: Наука, 1981, -416с. (имеется в библиотеке ИАТЭ).

2. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики: Учеб. пособие. – М.: Наука, 1989, -608с. (имеется в библиотеке ИАТЭ).

3. Рисс Ф., Сёкефальви-Надь Б. Лекции по функциональному анализу. М.: Изд-во «Мир», 1979, - 589с. (имеется в библиотеке ИАТЭ).

б) дополнительная учебная литература:

1. Сатаев Е.А. Вариационно-разностные методы решения задач математической физики. Учебное пособие по курсу «Дополнительные главы вычислительной математики». Обнинск, ИАТЭ, 1990, 57с. (имеется в электронном виде).

2. Сатаев Е.А. Лабораторный практикум по курсу: «Применение вычислительной техники в инженерных и экономических расчетах». Часть 1. – Обнинск, 1983, -66с. (имеется в электронном виде).

8. Перечень ресурсов\* информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Ресурсы электронно-библиотечной системы издательства «Лань» // URL: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com) (по подписке).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

|  |  |
| --- | --- |
| Вид учебного занятия | Организация деятельности студента |
| Лекция | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. |
| Практические занятия | Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Изучение выбранной предметной области на примерах решения задач семинарских занятий, индивидуальных домашних заданий. |
| Курсовая работа | Не предусмотрена |
| Индивидуальное домашнее задание | Ознакомиться с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, основополагающие термины. Попрактиковаться в решении аналогичных общих домашних задач по всем темам индивидуальных домашних заданий. |
| Лабораторная работа | Не предусмотрена. |
| Подготовка к экзамену | При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций и рекомендуемую литературу. |

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Издательская система LaTeX для подготовки докладов, презентаций и учебного материала.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Видеопроектор, компьютер, издательская система LaTeX для подготовки докладов, презентаций и учебного материала.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Часов в интерактивной форме – 8.

В ходе практических занятий происходит публичное обсуждение каждой решаемой задачи. При этом студенты высказывают свои мнения по выбору наиболее простого способа поиска оптимального решения.

После решения домашних работ на консультациях проводится разбор допущенных студентами ошибок.

12.2. **Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки**

Некоторые темы изучаются студентами самостоятельно. Для изучения используется приведённая в списке основная и дополнительная литература. Контроль освоения материала осуществляется при приёме индивидуального домашнего задания.

| № | Тема и часть, изучаемая (осваиваемая) самостоятельно |
| --- | --- |
| 1.2 | Аппроксимация непрерывной кусочно-дифференцируемой функции с помощью функций из области определения дифференциального оператора. |
| 2.1 | Устойчивость численной схемы. |
| 2.2 | Схема Галеркина сведения дифференциальной задачи к алгебраической системе. |
| 2.2 | Свойства энергетического пространства. |

Вопросы и задания для самоконтроля по всем темам:

1. Какой оператор называется симметричным?

2. Какой оператор называется положительно определённым?

3. Что такое энергетическое скалярное произведение?

4. Что такое энергетическое пространство?

5. Что такое обобщённое решение?

6. Что такое галёркинское приближение обобщённого решения?

7. Какие базисные функции допустимы в численном методе для уравнения второго порядка?

8. Какие краевые условия главные?

9. Какие краевые условия естественные?

10. Какие нормы называются эквивалентными?

11. Какой норме эквивалентна энергетическая норма?

12. Какой оператор называется ограниченным?

12.3. Краткий терминологический словарь

|  |  |
| --- | --- |
| Симметричный оператор |  |
| Положительно определенный оператор |  |
| Энергетическое скалярное произведение |  |
| Энергетическая норма |  |
| Обобщённое решение |  |
| Галёркинское приближение обобщённого решения |  |