

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Построение аппроксимаций для нелинейных задач математической физики

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Глазырина Л.Л. (кафедра вычислительной математики, отделение прикладной математики и информатики), glazyrina-ludmila@ya.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|------------------|---|
| ОПК-4 | Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |
| ПК-10 | Способность реализации решений, направленных на поддержку социально-значимых проектов на повышение информационной грамотности, обеспечения общедоступности информационных услуг |
| ПК-11 | Способность к планированию и осуществлению педагогической деятельности в конкретной предметной области (математика и информатика) |
| ПК-12 | Способность к организации педагогической деятельности с учетом специфики предметной области в образовательных организациях |
| ПК-13 | Способность применять существующие и разрабатывать новые методы и средства обучения |
| ПК-8 | Способность приобретать и использовать организационно-управленческие навыки в профессиональной и социальной деятельности |
| ПК-9 | Способность составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы |

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

По окончании курса студенты должны знать основные методы построения и исследования разностных методов решения нелинейных задач математической физики.

Должен уметь:

По окончании курса студенты должны владеть теоретическим материалом по изучаемой дисциплине и практическими навыками построения разностных схем для нелинейных прикладных задач.

Должен владеть:

По окончании курса студенты должны демонстрировать способность и готовность применять полученные знания для решения нелинейных нестационарных задач прикладного характера.

Должен демонстрировать способность и готовность:

По окончании курса студенты должны знать основные методы построения и исследования разностных методов решения нелинейных задач математической физики; должны владеть теоретическим материалом по изучаемой дисциплине; должны демонстрировать способность и готовность

применять полученные знания для решения нелинейных задач прикладного характера.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 "Прикладная математика и информатика (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3, 4 курсах в 6, 7 семестрах.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 72 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 72 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 семестре; зачет в 7 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

| N | Разделы дисциплины / модуля | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|----|--|---------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. Разностные схемы для одномерных нелинейных уравнений: основные обозначения вспомогательные результаты | 6 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 2. | Тема 2. Разностные схемы для одномерных нелинейных уравнений: построение разностной схемы и исследование ее разрешимости. | 6 | 0 | 0 | 4 | 6 |
| 3. | Тема 3. Разностные схемы для одномерных нелинейных уравнений: оценка скорости сходимости разностной схемы. | 6 | 0 | 0 | 2 | 4 |
| 4. | Тема 4. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в прямоугольных координатах: построение разностной схемы для третьей краевой задачи. | 6 | 0 | 0 | 4 | 6 |
| 5. | Тема 5. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в прямоугольных координатах: некоторые неравенства для сеточных функций. | 6 | 0 | 0 | 2 | 6 |
| 6. | Тема 6. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в прямоугольных координатах: оценки точности построенной разностной схемы для третьей краевой задачи. | 6 | 0 | 0 | 4 | 4 |

| N | Разделы дисциплины / модуля | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|-----|---|---------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 7. | Тема 7. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в прямоугольных координатах: построение и исследование сходимости разностных схем для задач Дирихле и Неймана. | 6 | 0 | 0 | 4 | 6 |
| 8. | Тема 8. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в полярных координатах: постановка задачи, вспомогательные результаты. | 6 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 9. | Тема 9. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в полярных координатах: построение разностной схемы для третьей краевой задачи. | 6 | 0 | 0 | 4 | 6 |
| 10. | Тема 10. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в полярных координатах: исследование сходимости разностной схемы для третьей краевой задачи. | 6 | 0 | 0 | 4 | 6 |
| 11. | Тема 11. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в полярных координатах: теорема о сходимости разностной схемы для первой краевой задачи. | 6 | 0 | 0 | 2 | 6 |
| 12. | Тема 12. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: итерационные схемы для уравнений с монотонными операторами в гильбертовом пространстве. | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 13. | Тема 13. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: двухступенчатые итерационные процессы. | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 14. | Тема 14. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: итерационная схема решения уравнения нелинейной стационарной фильтрации. | 7 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 15. | Тема 15. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: итерационный метод решения задачи Неймана для квазилинейного эллиптического уравнения. | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 16. | Тема 16. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: итерационная схема для нелинейного эллиптического уравнения в полярных координатах. | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 |

| N | Разделы дисциплины / модуля | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|-----|--|---------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 17. | Тема 17. Разностная схема для задачи о сильном изгибе тонких пластин: постановка задачи, исследование разрешимости. | 7 | 0 | 0 | 4 | 2 |
| 18. | Тема 18. Разностная схема для задачи о сильном изгибе тонких пластин: исследование однозначной разрешимости. | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 19. | Тема 19. Разностная схема для задачи о сильном изгибе тонких пластин: построение разностной схемы, исследование разрешимости разностной схемы. | 7 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 20. | Тема 20. Разностная схема для задачи о сильном изгибе тонких пластин: оценка скорости сходимости разностной схемы. | 7 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 21. | Тема 21. Разностная схема для задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: постановка задачи, построение разностной схемы. | 7 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 22. | Тема 22. Разностная схема для задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: исследование разрешимости разностной схемы. | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 23. | Тема 23. Разностная схема для задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: оценка скорости сходимости разностной схемы. | 7 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| | Итого | | 0 | 0 | 72 | 72 |

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Разностные схемы для одномерных нелинейных уравнений: основные обозначения вспомогательные результаты

На примере первой краевой задачи для одномерного нелинейного уравнения эллиптического типа вводятся основные понятия теории разностных схем. Проводится аппроксимация нелинейного оператора. Показывается принципиальное различие исследования сходимости разностных схем для нелинейных и линейных задач.

Тема 2. Разностные схемы для одномерных нелинейных уравнений: построение разностной схемы и исследование ее разрешимости.

С помощью метода сумматорных тождеств строится разностная схема для одномерного нелинейного эллиптического уравнения. Рассматривается третья краевая задача. Строится аппроксимация краевого условия. Исследование разрешимости разностной схема проводится с помощью леммы Вишика, студентам проверить выполнения условий этой леммы.

Тема 3. Разностные схемы для одномерных нелинейных уравнений: оценка скорости сходимости разностной схемы.

Студентам предлагается исследовать погрешность аппроксимации построенной разностной схемы, и, используя результаты предыдущих занятий, оценить скорость сходимости построенной разностной схемы. Для модельной задачи разработать алгоритм решения схемы, используя, итерационный метод с опусканием нелинейности на нижнюю итерацию. Исследовать сходимость метода.

Тема 4. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в прямоугольных координатах: построение разностной схемы для третьей краевой задачи.

На занятии студентам демонстрируются основные особенности, возникающие при применении метода сумматорных тождеств в многомерном случае. Используя эти рекомендации, студенты проводят построение разностной схемы третьей краевой задачи для квазилинейного эллиптического уравнения в прямоугольной области. Рассматривается третья краевая задача.

Тема 5. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в прямоугольных координатах: некоторые неравенства для сеточных функций.

На занятии доказывается ряд вспомогательных результатов в пространстве сеточных функций, необходимых при исследовании сходимости построенной разностной схемы. Преподаватель формулирует эти результаты и указывает схему доказательства. Дальнейшая реализация доказательств проводится студентами самостоятельно.

Тема 6. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в прямоугольных координатах: оценки точности построенной разностной схемы для третьей краевой задачи.

Студентам предлагается исследовать погрешность аппроксимации построенной разностной схемы для квазилинейного эллиптического уравнения в прямоугольной области. Используя результаты предыдущих занятий, оценить скорость сходимости построенной разностной схемы. Для модельной задачи разработать алгоритм решения схемы, используя, итерационный метод с опусканием нелинейности на нижнюю итерацию. Исследовать сходимость метода.

Тема 7. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в прямоугольных координатах: построение и исследование сходимости разностных схем для задач Дирихле и Неймана.

Предлагается адаптировать построенную на предыдущих занятиях разностную схему для задач Дирихле и Неймана. Оценить сходимости разностных схем для этих задач, а также сравнить условия сходимости при разных краевых условиях. Для модельной задачи разработать алгоритм решения схем, используя, итерационный метод с опусканием нелинейности на нижнюю итерацию. Исследовать сходимость метода.

Тема 8. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в полярных координатах: постановка задачи, вспомогательные результаты.

На занятии студентам демонстрируются основные особенности, возникающие при применении метода сумматорных тождеств в полярных координатах. Доказывается ряд вспомогательных результатов в пространстве сеточных функций в полярных координатах. Преподаватель формулирует эти результаты и указывает схему доказательства. Дальнейшая реализация доказательств проводится студентами самостоятельно.

Тема 9. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в полярных координатах: построение разностной схемы для третьей краевой задачи.

С помощью метода сумматорных тождеств строится разностная схема для квазилинейного эллиптического уравнения в полярных координатах для третьей краевой задачи. Задача для студентов: получить явный вид разностной схемы во всех точках сетки: во внутренних точках сетки, в центре области и на границе области.

Тема 10. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в полярных координатах: исследование сходимости разностной схемы для третьей краевой задачи.

Студентам предлагается исследовать погрешность аппроксимации построенной разностной схемы и, используя результаты предыдущих занятий, оценить скорость сходимости построенной разностной схемы. Для модельной задачи разработать алгоритм решения схемы, используя, итерационный метод. Исследовать сходимость метода.

Тема 11. Разностные схемы для квазилинейных эллиптических уравнений в полярных координатах: теорема о сходимости разностной схемы для первой краевой задачи.

На занятии предлагается адаптировать построенную на предыдущих занятиях разностную схему для квазилинейного эллиптического уравнения в полярных координатах для задач Дирихле и Неймана. Оценить сходимости разностных схем для этих задач, а также сравнить условия сходимости при разных краевых условиях.

Тема 12. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: итерационные схемы для уравнений с монотонными операторами в гильбертовом пространстве.

На занятии студенты знакомятся с рядом итерационных методов для уравнений с монотонными операторами в гильбертовом пространстве и условиями их сходимости. Студентам предлагается оценить применимость этих методов для решения построенной ранее разностной схемы для одномерного нелинейного эллиптического уравнения.

Тема 13. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: двухступенчатые итерационные процессы.

На занятии студенты знакомятся с итерационными методами, названными в литературе двухступенчатыми итерационными процессами, а также условиями их сходимости. Студентам предлагается оценить применимость этих методов для решения построенной ранее разностной схемы для двумерного нелинейного эллиптического уравнения.

Тема 14. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: итерационная схема решения уравнения нелинейной стационарной фильтрации.

На занятии студенты знакомятся с итерационным методом, созданным для решения весьма важного с точки зрения приложений уравнения нелинейной стационарной фильтрации. Студентам предлагается получить условия применимости этого метода для решения построенной ранее при выполнении самостоятельной работы разностной схемы.

Тема 15. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: итерационный метод решения задачи Неймана для квазилинейного эллиптического уравнения.

На занятии студенты знакомятся с итерационным методом решения задачи Неймана для квазилинейного эллиптического уравнения, а также условиями сходимости этого метода. Студентам предлагается оценить применимость этого метода для решения построенной ранее разностной схемы для двумерного нелинейного эллиптического уравнения.

Тема 16. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем: итерационная схема для нелинейного эллиптического уравнения в полярных координатах.

На занятии студенты знакомятся с итерационной схемой для нелинейного эллиптического уравнения в полярных координатах, а также условиями сходимости этого метода. Студентам предлагается получить условия применимости этого метода для решения построенной ранее при выполнении самостоятельной работы разностной схемы.

Тема 17. Разностная схема для задачи о сильном изгибе тонких пластин: постановка задачи, исследование разрешимости.

На занятии студенты знакомятся с двумерной задачей теории упругости: задачей о сильном изгибе тонких пластин. Обсуждается как классическая постановка задачи, так и обобщенная постановка. Устанавливается связь между ними. Студентам предлагается с помощью метода Галеркина доказать разрешимость этой задачи.

Тема 18. Разностная схема для задачи о сильном изгибе тонких пластин: исследование однозначной разрешимости.

На занятии обсуждается вопрос однозначной разрешимости задачи о сильном изгибе тонких пластин. Формулируются условия однозначной разрешимости. Студентам предлагается на конкретном примере убедиться в необходимости этих условий. Для модельной задачи разработать алгоритм решения схемы, используя метод простой итерации. Провести экспериментальное исследование сходимости метода.

Тема 19. Разностная схема для задачи о сильном изгибе тонких пластин: построение разностной схемы, исследование разрешимости разностной схемы.

На занятии студентам демонстрируются основные особенности, возникающие при применении метода сумматорных тождеств для задач теории упругости. Учитывая эти особенности, построить разностную схему для задачи о сильном изгибе тонких пластин. Задача для студентов: получить явный вид разностной схемы во всех точках сетки: во внутренних точках, в центре области и на границе и доказать с помощью леммы Вишика ее разрешимость.

Тема 20. Разностная схема для задачи о сильном изгибе тонких пластин: оценка скорости сходимости разностной схемы.

Студентам предлагается исследовать погрешность аппроксимации построенной разностной схемы и, используя результаты предыдущих занятий, оценить скорость сходимости построенной разностной схемы. Для модельной задачи разработать алгоритм решения схемы, используя итерационный метод Ньютона. Провести экспериментальное исследование сходимости метода.

Тема 21. Разностная схема для задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: постановка задачи, построение разностной схемы.

Рассматриваемая на занятии задача в отличие от предыдущих имеет следующую особенность: она описывается с помощью нелинейного эллиптического уравнения в ограниченной области двумерного пространства и с помощью одномерного нелинейного эллиптического уравнения, заданного на кривой, проходящей в этой области. Студентам демонстрируется возможность применения метода сумматорных тождеств в этом случае. Задача для студентов: получить явный вид разностной схемы во всех точках сетки: во внутренних точках, на разрезе и на границе.

Тема 22. Разностная схема для задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: исследование разрешимости разностной схемы.

На занятии студентам демонстрируются основные особенности пространства сеточных функций, возникающих при аппроксимации задачи совместного движения поверхностных и подземных вод. Доказывается ряд вспомогательных результатов в пространстве сеточных функций. Преподаватель формулирует эти результаты и указывает схему доказательства. Дальнейшая реализация доказательств проводится студентами самостоятельно. В частности, устанавливается разрешимость разностной схемы.

Тема 23. Разностная схема для задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: оценка скорости сходимости разностной схемы.

Студентам предлагается исследовать погрешность аппроксимации построенной разностной схемы для задачи совместного движения поверхностных и подземных вод и, используя результаты предыдущих занятий, оценить скорость сходимости построенной разностной схемы. Для модельной задачи с точным решением разработать алгоритм и программу решения схемы итерационным методом Ньютона.

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

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Естественно-научный портал - <http://en.edu.ru/>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>

Сайт образовательных ресурсов по математике - <http://www.exponenta.ru/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

| Вид работ | Методические рекомендации |
|------------------------|--|
| лабораторные работы | При подготовке к лабораторным работам необходимо повторить изученный материал в объеме лекционного времени, а также рассмотреть дополнительные литературные источники по тематике занятия. Подготовить свои вопросы по тематике занятия для дискуссии с одногруппниками и консультации с преподавателем. Разобрать примеры, рассмотренные на лекции. |
| самостоятельная работа | Успешность в освоении дисциплины зависит от уровня понимания основных математических аспектов, излагаемых в лекционном курсе, а также от самостоятельного активного участия в изучении лекционных вопросов, анализе решения практических задач на лабораторных занятиях. Важным звеном при организации самостоятельной работы являются: анализ основной и дополнительной литературы, подготовка к лабораторным работам, углубляющим понимание материала, изложенного в лекции, а также самоанализ и самооценка сформированных умений в процессе подготовке к занятиям, составление индивидуальной программы освоения дисциплины. |
| зачет | При подготовке к зачету необходимо изучить теоретический материал лекций, а также просмотреть теорию по вопросам, предложенным преподавателем. При этом обогатить основной материал, рассмотренный на учебных занятиях, дополнительными сведениями из новейших источников. Продемонстрировать навыки и умения, полученные в ходе выполнения лабораторных работ. |

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.03.02 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки "не предусмотрено".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.5 Построение аппроксимаций для нелинейных
задач математической физики*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Основная литература:

1. Амосов, А.А. Вычислительные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 672 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42190>.
2. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков ; под ред. Садовниченко В.А. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 243 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70743>.
3. Карчевский, М.М. Уравнения математической физики. Дополнительные главы [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.М. Карчевский, М.Ф. Павлова. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 276 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72983>.
4. Глазырина Л.Л. Задачи совместного движения поверхностных и подземных вод [Электронный ресурс] : монография / Л.Л. Глазырина, М.Ф. Павлова. - Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. - 168 с. - Режим доступа: https://repository.kpfu.ru/?p_id=175312

Дополнительная литература:

1. Поршнев, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Поршнев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 736 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/650>.
2. Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Электронный ресурс] : монография / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2005. - 320 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59285>.
3. Карчевский, М.М. Лекции по уравнениям математической физики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.М. Карчевский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 164 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72982>.
4. Глазырина Л. Л. Введение в численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Л. Глазырина, М. М. Карчевский ; Казан. федер. ун-т. - Казань : Казанский университет, 2012. - 121, [1] с. : ил. ; 21. - Библиогр. в конце кн. (3 назв.) - Режим доступа: https://repository.kpfu.ru/?p_id=47327.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.5 Построение аппроксимаций для нелинейных
задач математической физики

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.