

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156295	Непрерывные методы моделирования

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Математика	<b>Код ОП</b> 1. 01.03.01/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Математика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 01.03.01

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Глазырина Полина Юрьевна	кандидат физико- математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	математического анализа

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Непрерывные методы моделирования

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из четырех дисциплин «Приближение функций», «Аппроксимационные методы моделирования непрерывных процессов», «Обобщенные функции и их приложения», «Всплески и их применение». Цели преподавания дисциплин модуля – познакомить с классическими и современными методами решения задач теории приближения – дать фундаментальные знания по методам конечных и граничных элементов, указать современные тенденции в развитии этих методов и заложить основы по практическому применению при решении задач – познакомить с теорией обобщенных функций, проиллюстрировать приложения теории обобщенных функций на примерах – изложить основы нового направления в теории функций – теории ортогональных и биортогональных базисов всплесков

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Приближение функций	2
2	Аппроксимационные методы моделирования непрерывных процессов	2
3	Всплески и их применение	3
4	Сплайны	2
ИТОГО по модулю:		9

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Анализ функций одного и нескольких переменных 2. Кратные интегралы и функциональные ряды 3. Теория функций
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Аппроксимационные методы моделирования непрерывных процессов	ПК-1 - Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	<p>З-1 - Привести примеры математических теорем, естественнонаучных законов, базовых понятий программирования и информационных технологий</p> <p>У-1 - Обобщить полученные базовые математические знания, определить оптимальные методы программирования для решения профессиональных задач</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт сбора информации в математических и естественных науках, основах программирования и информационных технологий</p>
	ПК-6 - Способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научнотехнической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний	<p>З-1 - Описывать современные методы математического и алгоритмического моделирования</p> <p>У-1 - Анализировать задачи в различных сферах деятельности с использованием математического и алгоритмического аппарата</p> <p>П-1 - Разрабатывать модели для управленческих задач в научно-технической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний</p>
Всплески и их применение	ПК-1 - Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	<p>З-1 - Привести примеры математических теорем, естественнонаучных законов, базовых понятий программирования и информационных технологий</p> <p>У-1 - Обобщить полученные базовые математические знания, определить оптимальные методы программирования для решения профессиональных задач</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт сбора информации в математических и естественных науках, основах программирования и информационных технологий</p>

	<p>ПК-6 - Способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научнотехнической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний</p>	<p>З-1 - Описывать современные методы математического и алгоритмического моделирования</p> <p>У-1 - Анализировать задачи в различных сферах деятельности с использованием математического и алгоритмического аппарата</p> <p>П-1 - Разрабатывать модели для управленческих задач в научно-технической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний</p>
Приближение функций	<p>ПК-1 - Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий</p>	<p>З-1 - Привести примеры математических теорем, естественнонаучных законов, базовых понятий программирования и информационных технологий</p> <p>У-1 - Обобщить полученные базовые математические знания, определить оптимальные методы программирования для решения профессиональных задач</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт сбора информации в математических и естественных науках, основах программирования и информационных технологий</p>
	<p>ПК-6 - Способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научнотехнической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний</p>	<p>З-1 - Описывать современные методы математического и алгоритмического моделирования</p> <p>У-1 - Анализировать задачи в различных сферах деятельности с использованием математического и алгоритмического аппарата</p> <p>П-1 - Разрабатывать модели для управленческих задач в научно-технической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний</p>
Слайды	<p>ПК-1 - Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий</p>	<p>З-1 - Привести примеры математических теорем, естественнонаучных законов, базовых понятий программирования и информационных технологий</p> <p>У-1 - Обобщить полученные базовые математические знания, определить оптимальные методы программирования для решения профессиональных задач</p>

		П-1 - Иметь практический опыт сбора информации в математических и естественных науках, основах программирования и информационных технологий
	ПК-6 - Способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научнотехнической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний	<p>З-1 - Описывать современные методы математического и алгоритмического моделирования</p> <p>У-1 - Анализировать задачи в различных сферах деятельности с использованием математического и алгоритмического аппарата</p> <p>П-1 - Разрабатывать модели для управленческих задач в научно-технической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Приближение функций**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бабенко Александр Григорьевич	д. ф.-м. н., старший науч. сотр.	профессор	Кафедра математического анализа

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Естественных наук и математики

Протокол № 2 от 13.04.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Бабенко Александр Григорьевич, профессор, Кафедра математического анализа**

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Основные понятия и методы теории приближений. Примеры задач из практики, решаемые методами теории приближений. Приближение в нормированных пространствах.
2	Наилучшее приближение в пространстве непрерывных функций на отрезке и периоде	Критерий Колмогорова. Чебышевская система. Теоремы Чебышева, Валле-Пуссена. Проблема Хаара. Полиномы Чебышева. Свойства тригонометрических полиномов. Теоремы Чебышева и Валле-Пуссена в периодическом случае. Приближение алгебраическими многочленами и рациональными функциями
3	Алгоритмы полиномиальной аппроксимации	Алгоритм Вале Пуссена – Ремеза, алгоритм спуска, алгоритм равномерной дробно-рациональной аппроксимации, полиномы Бернштейна, разложение функции в ряд по многочленам Чебышева.
4	Интерполяция	Общие вопросы интерполяции. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционный процесс по узлам Чебышева, по равноотстоящим узлам. Лагранжева интерполяция в комплексной области. Эрмитова интерполяция. Барицентрическая интерполяционная формула. Интерполяционная формула Рисса для производной тригонометрического полинома. Неравенства для



		производных полиномов: неравенство Бернштейна, неравенство Маркова.
5	Приближение линейными полиномиальными операторами	Суммы Фейера и Валле Пуссена, их аппроксимативные свойства.
6	Приложение интерполяционных формул.	Квадратурная формула Котеса. Квадратурная формула Гаусса. Приложение квадратурной формулы Гаусса для задачи о минимальной мере положительности алгебраического полинома с нулевым значением интеграла по отрезку.
7	Прямые и обратные теоремы приближения	Характеристики гладкости функции. Прямые и обратные теоремы теории приближений в периодическом и алгебраическом случаях.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	З-1 - Привести примеры математических теорем, естественнонаучных законов, базовых понятий программирования и информационных технологий

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Приближение функций

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Корнейчук, Н. П., Голубов, Б. И., Пирогова, Г. Я.; Экстремальные задачи теории приближения; Наука, Москва; 1976; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456961> (Электронное издание)
2. Дзядык, В. К., Абгарян, В. В., Тайков, Л. В.; Введение в теорию равномерного приближения функции полиномами; Наука, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456951> (Электронное издание)

3. Зигмунд, А., А., Бари, Н. К.; Тригонометрические ряды; Мир, Москва; 1965; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459824> (Электронное издание)
4. Ланцош, К., К., Лопшиц, А. М.; Практические методы прикладного анализа: справочное руководство; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва; 1961; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457009> (Электронное издание)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Изложение лекций С. Б. Стечкина по теории приближений. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 154 с. <http://mi.mathnet.ru/emj81> (перевод на английский язык).
2. Черных Н.И. О наилучшем приближении периодических функций тригонометрическими полиномами в  $L_2$  // Матем. заметки. 1967. Т. 2, вып. 5. С. 513–522. <http://mi.mathnet.ru/mz5514>
3. Иванов В.И. Прямые и обратные теоремы теории приближения периодических функций в работах С.Б. Стечкина и их развитие // Тр. Ин-та мат. мех. УрО РАН. 2010. Т. 16, N 4. С. 5 – 17. <URL: <http://mi.mathnet.ru/timm636>>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Приближение функций**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	Свободное ПО: Mozilla Firefox
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>

		Доска аудиторная	
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Аппроксимационные методы**  
**моделирования непрерывных процессов**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Байдакова Наталия Васильевна	доктор физико- математических наук, без ученого звания	Профессор	математического анализа

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики**

Протокол № 2 от 13.04.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Байдакова Наталия Васильевна, Профессор, математического анализа

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение.	Основные идеи метода конечных разностей, конечных элементов, граничных элементов. Примеры практических задач, решаемых указанными методами.
2	Метод конечных элементов для эллиптических задач.	Линейные и билинейные формы: ограниченность, коэрцитивность. Общая схема Рунта, существование и единственность точного и приближенного решения. Общие оценки погрешности. Функциональные гильбертовы и банаховы пространства. Метод конечных элементов (МКЭ) для гармонического уравнения: триангуляция, линейные и билинейные базисные функции, формирование локальных и глобальных матриц жесткости и массы и локального и глобального векторов нагрузки.
3	Построение базисных функций.	Различные типы триангуляций и базисных функций, оценки погрешности аппроксимации интерполяционными кусочно полиномиальными функциями.
4	МКЭ для эллиптических краевых задач более высокого порядка.	Бигармоническое уравнение, расчет тонких упругих оболочек.
5	Метод граничных элементов.	Понятие фундаментального решения и функции Грина. Вывод граничного интегро-дифференциального уравнения для краевой задачи. Вывод уравнения, связывающего решение внутри области через его значения и значения некоторых его производных на границе. Дискретизация. Анализ соответствующей линейной алгебраической системы. Методы

		построения фундаментальных решений, частично удовлетворяющих однородным граничным условиям.
6	Метод конечных элементов для параболических и гиперболических задач.	Линейные задачи и полудискретные методы их численного решения. Схема Кранка-Никольсона (дробных шагов). Нелинейные задачи. Схема предиктор-корректор. Определение граничных условий для соответствующих систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
7	МКЭ в задачах на собственные значения.	МКЭ в задачах на собственные значения.
8	Некоторые современные вариации и модификации МКЭ.	Криволинейная триангуляция. Анализ Якобианов преобразования криволинейных треугольников, симплексов, четырехугольников в стандартные. Нерешенные задачи. Понятие о переходных элементах. Применение в МКЭ неполиномиальных базисных функций (дробно-рациональные, всплески и др.). Понятие о $p$ , $h$ и $(h-p)$ -вариантах МКЭ. В-сплайны в МКЭ. Согласованные и несогласованные базисные функции.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	З-1 - Привести примеры математических теорем, естественнонаучных законов, базовых понятий программирования и информационных технологий

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Аппроксимационные методы моделирования непрерывных процессов

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Зенкевич, О., О., Победри, Б. Е.; Метод конечных элементов в технике : монография.; Мир, Москва; 1975; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457096> (Электронное издание)

2. Деклу, Ж., Ж., Яненко, Н. Н.; Метод конечных элементов; Мир, Москва; 1976; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456946> (Электронное издание)
3. Стренг, Г., Г., Марчку, Г. И.; Теория метода конечных элементов; Мир, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457078> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Петров, И. Б., Лобанов, А. И.; Лекции по вычислительной математике : учеб. пособие.; Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2006 (1 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Аппроксимационные методы моделирования непрерывных процессов**

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>

3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p> <p>Свободное ПО: Mozilla Firefox</p>



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Всплески и их применение**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Плещева Екатерина Александровна	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	математического анализа

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики**

Протокол №   2   от  13.04.2021  г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Плещева Екатерина Александровна, Доцент, математического анализа

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Предыстория базисов всплесков	Формальное определение (описание) базисов всплесков. Интерпретация системы функций Хаара на вещественной оси с позиции основной идеи базисов всплесков. Преобразование Фурье в $L_2(\mathbb{R})$ . Определения и основные свойства (обзорно). Непрерывные всплески, прямое и обратное всплеск преобразование. Базисы Рисса. Определение Н.К.Бари. Эквивалентные определения. Основные свойства.
2	Кратномасштабный анализ пространства $L_2(\mathbb{R})$	Кратномасштабный анализ (КМА) пространства $L_2(\mathbb{R})$ . Аксиоматика. Определение кратномасштабного анализа системой аксиом (свойств) как последовательности вложенных подпространств пространства $L_2(\mathbb{R})$ . Эквивалентность двух формулировок пятой аксиомы кратномасштабного анализа в терминах базиса Рисса и в терминах ортогонального базиса пространств КМА, образованного целочисленными сдвигами масштабирующей функции. Конструкция базиса Рисса пространства $V_0$ на базе функций с быстрым убыванием их преобразований Фурье. Необходимые и достаточные условия на всплески и масштабирующие функции, чтобы порожденные ими пространства $V_j$ образовывали КМА. Критерий ортонормальности системы целочисленных сдвигов масштабирующей функции в терминах ее преобразования Фурье. Конструкция ортогонального базиса всплесков пространства $V_0$ на основе его базиса Рисса. Базисы всплесков пространств КМА.

3	Примеры всплесков	Примеры всплесков. Кратномасштабный анализ в $L_2(\mathbb{R})$ , порожденный масштабирующими функциями, преобразование Фурье которых имеет компактный носитель. КМА пространства $L_2(\mathbb{R})$ на основе полиномиальных сплайнов. Ортогональное дополнение $W_0$ пространства $V_0$ в $V_1$ и его ортонормированный базис всплесков. Характеризация пространства КМА в терминах преобразования Фурье его элементов. Характеризация пространства всплесков в тех же терминах. Конструкция ортогонального базиса всплесков пространства $W_0$ на основе базисов всплесков пространств $V_0$ и $V_1$ . Примеры: базисы всплесков пространств КМА – Мейера, Баттла – Лемарье, Стромберга и Чуи. Базисы всплесков пространства $L_2(\mathbb{R})$ . Разложение пространства $L_2(\mathbb{R})$ в прямую сумму ортогональных подпространств всплесков, дополняющих пространства КМА до следующих по вложению. Базисы $j$ -го пространства всплесков и всего пространства $L_2(\mathbb{R})$ . Конкретные классы базисов: Мейера, Чуи, Добеши.
4	Аппроксимативные свойства регулярных базисов всплесков в $L_2(\mathbb{R})$	Теорема Малла. Оценки погрешности аппроксимации функций частичными суммами рядов Фурье по базисам всплесков с компактным носителем.
5	Всплески в многомерном случае	Случай функций нескольких переменных (обзорно). Конструкция несепарабельных КМА и базисов всплесков в пространстве $L_2$ на $m$ -мерном евклидовом пространстве. Конструкция базисов всплесков в $L_2(\mathbb{R}^m)$ по методу тензорного произведения одномерных базисов всплесков. Базисы всплесков функциональных пространств $L_2(\mathbb{R}^m)$ , $C(\mathbb{R}^m)$ , $H_p(\mathbb{R}^m)$ и пространств Бесова.
6	Периодические базисы всплесков	Периодические базисы всплесков. Периодизация функций на основе сумматорной теоремы Пуассона. Периодические базисы всплесков Мейера и Осколкова – Оффина в пространствах периодических функций. Их аппроксимативные свойства.
7	Базисы всплесков в гармоническом анализе и прикладных задачах	Базисы всплесков в гармоническом анализе и прикладных задачах. Биортогональные системы масштабирующих функций и всплесков. Нестационарные всплески. Всплески второго поколения (по Свелдену), обзорно.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной	ПК-1 - Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных	З-1 - Привести примеры математических теорем, естественнонаучных законов, базовых понятий программирования

		ой деятельности	технологий	я и информационных технологий
--	--	-----------------	------------	-------------------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Всплески и их применение

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Васильев, С. Н.; Гармонический анализ : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки 010100 "Математика", 010200 "Математика и компьютерные науки", 090301 "Компьютерная безопасность", 230700 "Прикладная информатика".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014; <http://hdl.handle.net/10995/40707> (Электронное издание)
2. Люмис, Л., Л.; Введение в абстрактный гармонический анализ; Иностранная литература, Москва; 1956; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459767> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Новиков, И. Я., Протасов, В. Ю., Скопина, М. А.; Теория всплесков; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (1 экз.)
2. Новиков, И. Я.; Теория всплесков; Физматлит, Москва; 2005 (2 экз.)
3. Малла, С., Жилейкин, Я. М.; Вэйвлеты в обработке сигналов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" и по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика".; Мир, Москва; 2005 (5 экз.)
4. Малла, С., Жилейкин, Я. М.; Вэйлеты в обработке сигналов : учеб. пособие для вузов.; Мир, Москва; 2005 (1 экз.)
5. Добеши, И., Мищенко, Е. В., Петухов, А. П.; Десять лекций по вейвлетам; РХД, Москва; 2004 (5 экз.)
6. Чуи, Ч. К., Чарльз К., Жилейкин, Я. М.; Введение в вэйвлеты; Мир, Москва; 2001 (29 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Новиков И.Я., Стечкин С.Б., Основы теории всплесков // УМН. 1998. Т. 53, № 6 (324). С. 53–128. DOI: <https://doi.org/10.4213/rm89>  
<URL: <http://www.mathnet.ru/links/75f5845749daf9f0659f8968f0de04e6/rm89.pdf>>
2. Новиков И.Я., Стечкин С.Б. Основные конструкции всплесков // Фундаментальная и прикладная математика. 1987. Т. 3, № 4. С. 999–1028. <URL: <http://www.mathnet.ru/links/8f67ca3d831057848d3a3d21d42fa79b/fpm267.pdf>>
3. Malat S. Multiresolution approximation and wavelet orthonormal bases of // Transactions A.M.S. 315 (1989). P.69–87. <URL: <http://www.ams.org/journals/tran/1989-315-01/S0002-9947-1989-1008470-5/S0002-9947-1989-1008470-5.pdf>>

#### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://www.edu.ru/> – Федеральный портал. Российское образование.

<http://study.urfu.ru> – портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

<http://lib.urfu.ru> – зональная научная библиотека ФГАОУ ВО УрФУ

<http://biblioclub.ru> – портал-библиотека электронных книг

<http://www.elibrary.ru/> - научная электронная библиотека

<http://www.sciencedirect.com/> - сайт издательства Elsevier

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Всплески и их применение**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Периферийное устройство  Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES  Свободное ПО: Mozilla Firefox
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	<b>Не требуется</b>

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES Свободное ПО: Mozilla Firefox

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Слайны**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Байдакова Наталия Васильевна	доктор физико- математических наук, без ученого звания	Профессор	математического анализа

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики**

Протокол №   2   от  13.04.2021  г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Байдакова Наталия Васильевна, Профессор, математического анализа

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Экстремальная задача интерполяции. Интерполяционные сплайны	Экстремальная задача интерполяции при ограничениях на старшую производную. Интерполяционные сплайны с равномерными узлами. Явные формулы для параметров сплайна. Оценки погрешности на классах дифференцируемых функций. Неравенства Маркова для сплайнов и их применение к оценкам колмогоровских поперечников.
2	Оценки погрешности аппроксимации	Определяющие уравнения для параметров интерполяционных параболических и кубических сплайнов. Матрицы с доминирующей главной диагональю. Оценки погрешности аппроксимации.
3	Сплайны нечетной степени	Сплайны нечетной степени. Краевые условия. Размерность. Теоремы существования и единственности интерполяционных сплайнов нечетной степени. 1-е и 2-е интегральное соотношения для интерполяционных сплайнов нечетной степени. Оценки погрешности аппроксимации.
4	В-сплайны	В-сплайны. Применение сплайнов при решении краевых задач, аппроксимации неявно заданных функций, в методе наименьших квадратов.
5	Многомерные сплайны	Многомерные сплайны. Понятие о $L$ и $D_m$ – сплайнах.
6	Всплески	Интерполяционные всплески на основе сплайнов четной и нечетной степени с равномерными узлами. Преобразование Фурье. Функции Мейера и их обобщения. Ортонормированные системы всплесков. Условие ортонормированности в терминах



		преобразования Фурье. Мультиразрешающий анализ. Проблемы сжатия изображений.
--	--	---

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	З-1 - Привести примеры математических теорем, естественнонаучных законов, базовых понятий программирования и информационных технологий

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Слайды

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Алберг, Д., Д., Стечкин, С. Б.; Теория слайдов и ее приложения : монография.; Мир, Москва; 1972; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456937> (Электронное издание)
2. Зенкевич, О., О., Победри, Б. Е.; Метод конечных элементов в технике : монография.; Мир, Москва; 1975; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457096> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Бор, К. де, Галицкий, В. К., Шестаков, С. А., Скурихин, В. И.; Практическое руководство по слайдам; Радио и связь, Москва; 1985 (3 экз.)
2. Новиков, И. Я.; Теория всплесков; Физматлит, Москва; 2005 (2 экз.)
3. Новиков, И. Я., Протасов, В. Ю., Скопина, М. А.; Теория всплесков; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (1 экз.)
4. Зенкевич, О., Победри, Б. Е.; Метод конечных элементов в технике : Пер. с англ.; Мир, Москва; 1975 (2 экз.)
5. Малла, С., Жилейкин, Я. М.; Вэйлеты в обработке сигналов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" и по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика"; Мир, Москва; 2005 (5 экз.)
6. Малла, С., Жилейкин, Я. М.; Вэйлеты в обработке сигналов : учеб. пособие для вузов.; Мир, Москва; 2005 (1 экз.)

7. Сэлмон, Д., Чепыжов, В. В.; Сжатие данных, изображений и звука : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Прикладная математика".; Техносфера, Москва; 2004 (30 экз.)
8. Чуи, Чарльз К., Ч. К., Жилейкин, Я. М.; Введение в вэйвлеты : Учебник для студентов вузов.; Мир, Москва; 2001 (2 экз.)
9. Чуи, Ч. К., Чарльз К., Жилейкин, Я. М.; Введение в вэйвлеты; Мир, Москва; 2001 (29 экз.)
10. Завьялов, Ю. С., Яненко, Н. Н.; Методы сплайн-функций; Наука, Москва; 1980 (5 экз.)
11. Квасов, Б. И.; Методы изогометрической аппроксимации сплайнами; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2006 (1 экз.)
12. Квасов, Б. И.; Методы изогометрической аппроксимации сплайнами; Физматлит, Москва; 2006 (2 экз.)
13. Малоземов, В. Н.; Полиномиальные сплайны : учебное пособие.; Издательство Ленинградского университета, Ленинград; 1986 (1 экз.)
14. Игнатов, М. И.; Натуральные сплайны многих переменных; Наука, Ленинград; 1991 (4 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Стечкин С.Б., Субботин Ю.Н. Сплайны в вычислительной математике. – М.: Наука. 1976.  
<https://coollib.com/b/556812-sergey-borisovich-stechkin-splayny-i-v-vyichislitelnoy-matematike>

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://www.edu.ru/> – Федеральный портал. Российское образование.

<http://study.urfu.ru> – портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

<http://lib.urfu.ru> – зональная научная библиотека ФГАОУ ВО УрФУ

<http://www.mathnet.ru/> – общероссийский математический портал

<http://biblioclub.ru> – портал-библиотека электронных книг

<http://www.elibrary.ru/> – научная электронная библиотека

<http://www.sciencedirect.com/> – сайт издательства Elsevier

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Сплайны**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Свободное ПО: Mozilla Firefox</p>
2	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Свободное ПО: Mozilla Firefox</p>
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Свободное ПО: Mozilla Firefox</p>
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Свободное ПО: Mozilla Firefox</p>