

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_  
 С.Т. Князев  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ  
 ФРАКТАЛЫ И ВСПЛЕСКИ**

Перечень сведений о рабочей программе модуля		Учетные данные		
Модуль ФРАКТАЛЫ И ВСПЛЕСКИ		Код модуля 1135411 УП №№ 6135, 6557, 6576, 5347		
Уровень подготовки образовательной программы		Магистратура Специалитет		
<b>Сведения об образовательных программах, для которых реализуется модуль</b>				
№ п/п	Коды направления и уровня подготовки	Направление подготовки образовательной программы	Наименование образовательной программы	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО
1	01.04.01/10.02	Математика	Современные проблемы математики	17 августа 2015 г., № 827
3	09.04.03/01.02	Прикладная информатика	Прикладная информатика в аналитической экономике	30 октября 2014 г., № 1404
4	02.04.02/01.02	Фундаментальная информатика и информационные технологии	Информатика и компьютерные науки	17 августа 2015 г., № 830
5	10.05.01/01.02	Компьютерная безопасность	Компьютерная безопасность	1 декабря 2016 г., № 1512

Екатеринбург, 2018

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Глазырина Полина Юрьевна	к. ф.-м. н., доцент	доцент	математического анализа и теории функций	

**Руководитель модуля**

П.Ю. Глазырина

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

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 5 от 18 апреля 2016 г.

А.Ю. Коврижных

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева

№ п/п	ФИО руководителя ОП, для которой реализуется модуль	Должность	Подразделение	Подпись
1	Пименов Владимир Германович	Зав. кафедрой	ИЕНиМ, Школа наук	
2	Волков Михаил Владимирович	Зав. кафедрой	ИЕНиМ, Школа наук	
3	Шур Арсений Михайлович	Профессор	ИЕНиМ, Школа наук	
4	Баранский Виталий Анатольевич	Профессор	ИЕНиМ, Школа наук	
5	Баранский Виталий Анатольевич	Профессор	ИЕНиМ, Школа наук	

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «ФРАКТАЛЫ И ВСПЛЕСКИ»

## 1.1. Объем модуля 3 з.е.

## 1.2. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из дисциплины «Фракталы и всплески», входит в состав вариативной части по выбору студента.

Цели курса:

- Знакомство с теорией фракталов.
- Знакомство с основами всплеск-преобразований и кратно-масштабного анализа.
- Понимание роли фракталов и всплеск-анализа в прикладных задачах.

## 2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Учебные планы

ОП «Современные проблемы математики» 6135,

ОП «Прикладная информатика в аналитической экономике» 6557,

ОП «Информатика и компьютерные науки» 6576

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).		Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
			Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
1.	(ВС) Фракталы и всплески	1		36		36	68	Зачет, 4	108	6
<b>Всего на освоение модуля</b>				36		36	68	4	108	6

### Учебный план ОП «Компьютерная безопасность» 5347

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).		Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
			Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
2.	(ВС) Фракталы и всплески	1		34		34	70	Зачет, 4	108	6
<b>Всего на освоение модуля</b>				34		34	70	4	108	6

### 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты и постреквизиты в модуле	-
3.2.	Корреквизиты	-

### 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

#### 4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для которых реализуется модуль	Планируемые в ОХОП результаты обучения -РО, которые формируются при освоении модуля	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля
01.04.01/ 10.02	РО-ТОП-3 способность к научно-исследовательской деятельности в области математического анализа и смежных областях; способность создавать и исследовать новые математические модели в предметной области	ОК-1 способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу; ОПК-2 способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках; ПК-4 способность к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач; ДПК-3 способность к научно-исследовательской деятельности в математическом анализе и смежных областях: приближение функций и операторов; гармонический анализ и его применение; топология; стохастический анализ и его применение в биологии и финансовой математике, математическое моделирование непрерывных процессов.
09.04.03/ 01.02	РО-2 Способность создавать математические модели и реализовывать алгоритмы для решения прикладных задач.	ОПК-5: способностью на практике применять новые научные принципы и методы исследований; ПК-1: способность использовать и развивать методы научных исследований и инструментария в области проектирования и управления информационными системами в прикладных областях; ДПК-2: способность разрабатывать, анализировать и обосновывать адекватность математических моделей.
	РО-3 Способность в рамках научно-исследовательской деятельности определять методы и средства эффективного решения прикладных задач, а также способность оптимизировать их на основе оценки полученных знаний о прикладной области знаний	ДКП-1: способность к исследованиям в области теоретической информации и теории компьютерных систем.

02.04.02/ 01.02	<p>РО-03 Способность к эффективной исследовательской работе</p>	<p>ПК-1 – способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; ПК-2 - способность использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных и профессиональных стандартов в области информационных технологий; ДПК-3 – способность к углубленному анализу проблем, постановке и обоснованию задач научной и проектно-технологической деятельности.</p>
10.05.01/ 01.02	<p>РО-02 Способность применять основополагающие принципы и современные достижения физико-математических наук, математического описания и построения компьютерных систем, а также современные информационные технологии в разработке технологических решений с использованием программного кода.</p>	<p>ОПК-1, способность анализировать физические явления и процессы при решении профессиональных задач; ПСК-2.2, способность на основе анализа применяемых математических методов и алгоритмов оценивать эффективность средств и методов защиты информации в компьютерных системах.</p>
	<p>РО-08 Способность к разработке, анализу и обоснованию адекватности математических моделей процессов, возникающих при функционировании программно-аппаратных средств защиты информации, а также к разработке математических моделей для оценки безопасности компьютерных систем.</p>	<p>ОПК-7, способность учитывать современные тенденции развития информатики и вычислительной техники, компьютерных технологий в своей профессиональной деятельности, работать с программными средствами общего и специального назначения.</p>

#### 4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

##### ОП 01.04.01/10.02

Дисциплины модуля		ОК-1	ОПК-2	ПК-4	ДПК-3
1	(ВС) Фракталы и всплески	+	+	+	+

**ОП 09.04.03/01.02**

<b>Дисциплины модуля</b>		<b>ОПК-5</b>	<b>ПК-1</b>	<b>ДПК-1,2</b>
<b>1</b>	<b>(ВС) Фракталы и всплески</b>	+	+	+

**ОП 02.04.02/01.02**

<b>Дисциплины модуля</b>		<b>ПК-1,2</b>	<b>ДПК-3</b>
<b>1</b>	<b>(ВС) Фракталы и всплески</b>	+	+

**ОП 10.05.01/01.02**

<b>Дисциплины модуля</b>		<b>ОПК-1, 7</b>	<b>ПСК-2.2</b>
<b>1</b>	<b>(ВС) Фракталы и всплески</b>	+	+

**5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ**

Не предусмотрено

**6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ**

<b>Номер листа изменений</b>	<b>Номер протокола заседания проектной группы модуля</b>	<b>Дата заседания проектной группы модуля</b>	<b>Всего листов в документе</b>	<b>Подпись руководителя проектной группы модуля</b>

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
 ФРАКТАЛЫ И ВСПЛЕСКИ**

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины			Учетные данные	
Модуль ФРАКТАЛЫ И ВСПЛЕСКИ			Код модуля 1135411 УП №№ 6135, 6136, 6557, 6576, 5347	
Уровень подготовки образовательной программы			Магистратура Специалитет	
Сведения об образовательных программах, для которых реализуется дисциплина				
№ п/п	Коды направлений и уровня подготовки	Направление подготовки образовательной программы	Наименования образовательных программ	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО
1	01.04.01/10.02	Математика	Современные проблемы математики	17 августа 2015 г., № 827
3	09.04.03/01.02	Прикладная информатика	Прикладная информатика в аналитической экономике	30 октября 2014 г., № 1404
4	02.04.02/01.02	Фундаментальная информатика и информационные технологии	Информатика и компьютерные науки	17 августа 2015 г., № 830
5	10.05.01/01.02	Компьютерная безопасность	Компьютерная безопасность	1 декабря 2016 г., № 1512

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Бердышев Виталий Иванович	академик РАН, д. ф.-м. н.	профессор	математического анализа и теории функций	

**Руководитель модуля**

П.Ю. Глазырина

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

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 5 от 18 апреля 2016 г.

А.Ю. Коврижных

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева



# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ФРАКТАЛЫ И ВСПЛЕСКИ

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

В дисциплине излагается материал, значимый в актуальных прикладных задачах обработки информации.

Теория фракталов базируется на понятиях функционального анализа, предназначена для обработки специальных массивов численной информации; теория всплесков (вейвлетов) опирается на анализ Фурье – преобразование Фурье, ряды Фурье, является эффективным средством анализа сигналов и изображений.

Задачи дисциплины: дать теоретические основы теории фракталов; освоить алгоритмы фрактальной аппроксимации компактных множеств и алгоритмы аппроксимации функций; проследить эволюцию интегральных преобразований от преобразования Фурье до интегрального всплеск-преобразования; дать понятие кратно-масштабного анализа и основную теорему о построении ортогонального базиса всплесков; показать роль всплеск-анализа в прикладных задачах.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны освоить алгоритмы фрактальной аппроксимации компактных множеств и алгоритмы аппроксимации функций, освоить основы теории вейвлет-функций, их роль в задачах обработки изображений.

## 1.2. Язык реализации программы – русский

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

### **ОП 01.04.01/10.02 Современные проблемы математики**

ОК-1 способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ОПК-2 способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках;

ПК-4 способность к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач;

ДПК-3 способность к научно-исследовательской деятельности в математическом анализе и смежных областях: приближение функций и операторов; гармонический анализ и его применение; топология; стохастический анализ и его применение в биологии и финансовой математике, математическое моделирование непрерывных процессов.

### **ОП 09.04.03/01.02 Прикладная информатика в аналитической экономике**

ОПК-5: способностью на практике применять новые научные принципы и методы исследований;

ПК-1: способность использовать и развивать методы научных исследований и инструментария в области проектирования и управления информационными системами в прикладных областях;

ДКП-1: способность к исследованиям в области теоретической информации и теории компьютерных систем;

ДПК-2: способность разрабатывать, анализировать и обосновывать адекватность математических моделей.

### **ОП 02.04.02/01.02 Информатика и компьютерные науки**

ПК-1 – способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива;

ПК-2 - способность использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных и профессиональных стандартов в области информационных технологий;

ДПК-3 – способность к углубленному анализу проблем, постановке и обоснованию задач научной и проектно-технологической деятельности.

### ОП 10.05.01/01.02 Компьютерная безопасность

ОПК-1, способность анализировать физические явления и процессы при решении профессиональных задач;

ОПК-7, способность учитывать современные тенденции развития информатики и вычислительной техники, компьютерных технологий в своей профессиональной деятельности, работать с программными средствами общего и специального назначения;

ПСК-2.2, способность на основе анализа применяемых математических методов и алгоритмов оценивать эффективность средств и методов защиты информации в компьютерных системах.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- теоретические основы теории фракталов;
- основы теорий всплеск-преобразований и кратно-масштабного анализа;
- алгоритмы фрактальной аппроксимации компактных множеств и алгоритмы аппроксимации функций.

Уметь:

- проследить эволюцию интегральных преобразований от преобразования Фурье до интегрального всплеск-преобразования;
- использовать понятие кратно-масштабного анализа и основную теорему о построении ортогонального базиса всплесков;
- показать роль всплеск-анализа в прикладных задачах.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- иметь опыт использования фракталов, всплеск-преобразований и кратно-масштабного анализа;
- иметь навыки использования теории фракталов;
- иметь навыки применения всплеск-анализа в прикладных задачах.

#### 1.4. Объем дисциплины

ОП «Современные проблемы математики» (УП 6135),

ОП «Прикладная информатика в аналитической экономике» (УП 6557),

ОП «Информатика и компьютерные науки» (УП 6576)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	1 семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
2.	Лекции			
3.	Практические занятия	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
4.	Лабораторные работы			
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>68</b>	<b>5.40</b>	<b>68</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>4</b>	<b>0.25</b>	<b>Зачет, 4</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>108</b>	<b>41.65</b>	<b>108</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>3</b>		<b>3</b>

ОП «Компьютерная безопасность» (УП 5347)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	1 семестр
1.	Аудиторные занятия	34	34	34
2.	Лекции			
3.	Практические занятия	34	34	34
4.	Лабораторные работы			
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	70	5.10	70
6.	Промежуточная аттестация	4	0.25	Зачет
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	39.35	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела	Раздел	Содержание
1.	<b>Введение</b>	Фрактальные множества. Размерность Брауэра-Лебега. Сжимающее отображение, теорема Банаха. Пространство компактных множеств с метрикой Хаусдорфа. Неравенство Барнсли, идея фрактального метода сжатия информации.
2.	<b>Фрактальная аппроксимация</b>	Фрактальная аппроксимация множеств. Фрактальная аппроксимация функций. Аппроксимация в пространстве со скалярным произведением. Преобразование Фурье. Преобразование Габора. Оконное преобразование. Временное и частотное окна, принцип неопределенности.
3.	<b>Интегральное всплеск-преобразование</b>	Интегральное всплеск-преобразование. Обращение интегрального всплеск-преобразования (ИВП). Обращение дискретного всплеск-преобразования.
4.	<b>Кратно-масштабный анализ</b>	Сплайны, <i>B</i> -сплайны. Кратно-масштабный анализ. Базис Хаара. Базис, порожденный сплайнами. Основная теорема о построении базиса по кратно-масштабному анализу. Кратно-масштабный анализ, основанный на базисе Рисса.
5.	<b>Прикладные задачи теории всплесков</b>	Примеры использования всплесков в прикладных задачах. Всплеск-фрактальная аппроксимация функций.

### 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины





## 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено.

### 4.2. Практические занятия

Учебные планы 6135, 6136, 6557, 6576

Код раздела	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
1	1, 2, 3	Введение	6
2	4, 5, 6, 7	Фрактальная аппроксимация	8
3	8, 9, 10	Интегральное всплеск-преобразование	6
4	11, 12, 13, 14	Кратно-масштабный анализ	8
5	15, 16, 17, 18	Прикладные задачи теории всплесков	8
<b>Всего:</b>			36

Учебный план 5347

Код раздела	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
1	1, 2, 3	Введение	6
2	4, 5, 6, 7	Фрактальная аппроксимация	8
3	8, 9, 10	Интегральное всплеск-преобразование	6
4	11, 12, 13, 14	Кратно-масштабный анализ	8
5	15, 16, 17	Прикладные задачи теории всплесков	6
<b>Всего:</b>			34

### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Домашняя работа 1. Фрактальные множества

Домашняя работа 2. Интегральное всплеск-преобразование

Домашняя работа 3. Кратно-масштабный анализ

#### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

#### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

#### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Контрольная работа 1. Кратно-масштабный анализ

Контрольная работа 2. Принцип неопределенности

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение						
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
1 – 5				+	+	Развитие аналитических способностей						

### 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

### 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

### 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

### 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 9.1. Рекомендуемая литература

##### 9.1.1. Основная литература

1. Бердышев В.И. Аппроксимация функций, сжатие численной информации, приложения / В.И. Бердышев, Л.В. Петрак ; Рос. акад. наук, Урал. отд-ние, Ин-т математики и механики. — Екатеринбург : [ИММ УрО РАН, 1999]. — 295 с. <URL:<http://padaread.com/?book=25901>>.

2. Корнейчук Н.П. Экстремальные задачи теории приближения / Н.П. Корнейчук ; под ред. Б.И. Голубова, Г.Я. Пироговой. - Москва : Наука, 1976. - 320 с. - <URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456961>>
3. Колмогоров А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н. Колмогоров ; С.В. Фомин .— 7-е изд. — Москва : Физматлит, 2012 .— 573 с. - <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82563>>
4. Канторович Л.В. Функциональный анализ / Л. В. Канторович, Г. П. Акилов . - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1977. - 741 с. (и все остальные издания)
5. Новиков, И.Я. Теория всплесков [Электронный ресурс] : монография / И.Я. Новиков, В.Ю. Протасов, М.А. Скопина. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 616 с. — . <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59409](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59409)>.
6. Чуи Ч.К. Введение в вэйвлеты : Учебник для студентов вузов / К. Чуи; Пер. с англ. Я.М. Жилейкина .- М. : Мир, 2001 .- 412 с.

### **9.1.2. Дополнительная литература**

1. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши ; пер. с англ. Е. В. Мищенко; под ред. А. П.Петухова .— М. ; Ижевск : РХД, 2004 .— 464 с.

### **9.2.Методические разработки**

не используются

### **9.3.Программное обеспечение**

не используется

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

Библиотека УрФУ [lib.urfu.ru](http://lib.urfu.ru)

<http://google.com>

<http://en.wikipedia.org>

### **9.5.Электронные образовательные ресурсы**

не используется

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

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

Специальное оборудование не требуется.



**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
к рабочей программе дисциплины

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины –**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – не предусмотрены</b>		
<b>2. Практические занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических занятий – 1</b>		
<b>Текущая аттестация на практических занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение практических (семинарских) занятий</i>	5, 1-17	25
<i>Контрольная работа 1</i>	5, 1-10	15
<i>Контрольная работа 2</i>	5, 5-17	15
<i>Домашняя работа 1</i>	5, 1-10	15
<i>Домашняя работа 2</i>	5, 5-15	15
<i>Домашняя работа 3</i>	5, 7-17	15
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим занятиям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим занятиям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим занятиям – 0.5</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрены</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**  
Не предусмотрены

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 1	1

## **7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.*

*В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.*

**8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС**

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Независимый тестовый контроль не применяется.

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

### 8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

*Контрольная работа 1. Кратно-масштабный анализ*

Пусть  $\varphi_k \in L_2(\mathbb{Y})$ . Доказать эквивалентность утверждений:

- система функций  $\{\varphi(t-k)\}_{k \in \mathbb{Y}}$  является ортонормальной;

- выполняется равенство  $\sum_{l \in \mathbb{Y}} |\hat{\varphi}(\omega + 2\pi l)|^2 = 1$  почти всюду на  $[-\pi, \pi]$ , где  $\hat{\varphi}$  - преобразование Фурье функции  $\varphi$ .

*Контрольная работа 2. Принцип неопределенности*

Для функции  $g(t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi a}} e^{-\frac{t^2}{4a}}$  проверить равенство  $\Delta_g \Delta_{\hat{g}} = \frac{1}{2}$ , где  $\Delta_g$  - радиус функции  $g$ .

### 8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрены

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Характеризация элемента наилучшего приближения (ЭНП) из выпуклого множества  $M$  в пространстве  $H$  со скалярным произведением. Доказать необходимость.
2. Доказать достаточность.
3. Характеризация ЭНП из подпространства.
4. Теорема Пифагора. Построение ЭНП из подпространства, натянутого на конечную систему элементов  $\{\varphi\}_{i=1}^n$ .
5. Экстремальное свойство суммы Фурье.
6. Пусть  $\{\varphi_k\}$  – ортонормальная система в евклидовом пространстве. Доказать, что если  $x = \sum a_k \varphi_k$ , то  $a_k = (x, \varphi_k)$ ; если  $x = \sum a_k \varphi_k$ ,  $y = \sum b_k \varphi_k$ , то  $(x, y) = \sum (a_k, b_k)$ .
7. Комплексная форма ряда Фурье  $2\pi$  – периодической функции.
8. Преобразование Фурье. Теорема Планшереля (формулировка).
9. Преобразование Габора  $(\Gamma_{g_a}^b f)(\omega)$ , где  $g_a(t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi a}} e^{-\frac{t^2}{4a}}$ . Его свойства.
10. Оконная функция  $w$ . Числовые характеристики локализованности.
11. Оконное преобразование  $\Gamma_w^b$ . Доказать равенство  $(\Gamma_w^b f)(\omega) = \frac{e^{-i\omega b}}{2\pi} \Gamma_w^\omega f(-b)$ .

12. Понятие частотно-временного окна. Принцип неопределенности.

13. Интегральное всплеск-преобразование  $(W_\psi f)(a, b) = (f, \psi_{a,b})$ ,  $\psi_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$ .

Выразить центр и радиус  $\psi_{a,b}$  через центр и радиус  $\psi$ .

14. Частотно-временное окно интегрального всплеск-преобразования.

15. Пусть  $\psi \in L_2(\mathbb{Y})$  - базисный вейвлет,  $f$  - непрерывная функция из  $L_2(\mathbb{Y})$ ,

$(W_\psi f)(a, b) = \int_{\mathbb{Y}} f(t) \bar{\psi}\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$ . Преобразуя выражение

$I = \iint_{\mathbb{Y}^2} (W_\psi f)(a, b) \overline{(W_\psi g)(a, b)} \frac{da}{a^2} db$ , вывести формулу обращения

$f(x) = \frac{1}{c_\psi} \iint_{\mathbb{Y}^2} (W_\psi f)(a, b) \overline{\psi_{a,b}(x)} \frac{da}{a^2} db$  интегрального преобразования  $(W_\psi f)(a, b)$ .

16. Понятие кратно-масштабного анализа (КМА). Пример КМА, основанного на кусочно-постоянных функциях.

17. Основная теорема. Если  $\varphi$  - функция, определяющая пространство  $V_0$

кратно-масштабного анализа, и  $\psi(t) = \sum_k (-1)^k \bar{h}_{-k+1} \varphi_{1k}(t)$ ,  $h_l = (\varphi, \varphi_{1,l})$ , то  $\{\psi_{jk}(t)\}_{j,k \in \mathbb{Z}}$  -

О.Н.Б. в  $L_2(\mathbf{R})$ . Дать план доказательства.

18. Построить систему  $\{W_j\}$  попарно-ортогональных подпространств и показать, что  $\overline{\oplus W_j} = L_2(\mathbf{R})$ .

19. Лемма.  $\{W_k\}$  ортогональна  $\Leftrightarrow \sum_l |\psi(\omega + 2\pi l)|^2 = 1$  п.в.

20. Функцию  $\psi \in V_1$  представить в виде  $\psi(\omega) = m_\psi\left(\frac{\omega}{2}\right) \varphi\left(\frac{\omega}{2}\right)$ ,  $m_\psi - 2\pi$ -периодическая функция.

21. Лемма.  $\left| m_\varphi\left(\frac{\omega}{2}\right) \right|^2 + \left| m_\varphi\left(\frac{\omega}{2} + \pi\right) \right|^2 = 1$  п.в. Доказать.

22. Функцию  $\psi \in W_0$ , представить в виде  $\psi(\omega) = e^{-i\frac{\omega}{2}} v(\omega) \overline{m\left(\frac{\omega}{2} + \pi\right)} \varphi\left(\frac{\omega}{2}\right)$ ,  $v - 2\pi$ -периодическая функция.

23. Используя предыдущие леммы, завершить доказательство основной теоремы.

24. Пусть  $\{g(t-k)\}_{k \in \mathbb{Z}}$  - базис Рисса. Построить по  $g$  функцию  $\varphi$ , для которой

$\{\varphi_{0k}\} = \{\varphi(t-k)\}_{k \in \mathbb{Z}}$  - О.Н.Б.

25. Способы задания сплайнов одного переменного.

26. Сплайны двух переменных на прямоугольной сетке.

27. Сплайны двух переменных на треугольных сетках.

28. Всплески, построенные на базе  $B$ -сплайнов.

29. Всплески Уиттакера-Шеннона-Котельникова.

30. Всплески Добеши.

31. Примеры использования всплесков в прикладных задачах.

32. Понятие фрактального множества. Размерность Хаусдорфа.

33. Фрактальный метод аппроксимации множества.

34. Фрактальный метод аппроксимаций функций.

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

Не предусмотрено.

### 8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются.

### 8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются.

### 8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются.

### 8.3.9. Примерные задания для домашних работ

#### *Домашняя работа 1. Фрактальные множества*

Вычислить размерности Браудера-Лебега и Хаусдорфа для множества Кантора и кривой Коха.

#### *Домашняя работа 2. Интегральное всплеск-преобразование*

Пусть  $\psi \in L_2(\check{Y})$  - базисный вейвлет,  $f$  - непрерывная функция из  $L_2(\check{Y})$ . Преобразуя

выражение  $I = \iint_{\check{Y}^2} (W_\psi f)(a,b) \overline{(W_\psi g)(a,b)} \frac{da}{a^2} db$ , вывести формулу обращения интегрального

преобразования  $(W_\psi f)(a,b) = \int_{\check{Y}} f(t) \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt$ .

#### *Домашняя работа 3. Кратно-масштабный анализ*

Пусть  $l_2 = \{c = (c_k)_{k \in \check{Y}}\}$  - пространство числовых последовательностей, для которых

$\|c\| = \sum_{k \in \check{Y}} |c_k|^2 < \infty$ ,  $A \leq B < \infty$ ,  $g \in L_2(\check{Y})$ . Доказать эквивалентность следующих утверждений

$$A \|c\|^2 \leq \left\| \sum_{k \in \check{Y}} c_k g(t-k) \right\|^2 \leq B \|c\|^2, \quad c \in l_2,$$

$$A \leq \sum_{k \in \check{Y}} |\hat{g}(\omega + 2\pi k)|^2 \leq B.$$