

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

подпись

Хагуров Т.А.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б1.О.23 «ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ»**

Направление подготовки: 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Направленность (Профиль): Технология программирования

Программа подготовки Академическая

Форма обучения Очная

Квалификация Бакалавр

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Функциональный анализ» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем, профиль Технология программирования

Программу составили:

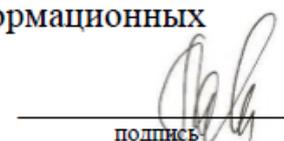
С.И. Фоменко, к.ф.-м.н., доцент

подпись  
  
подпись

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры прикладной математики, протокол № 10 «22» мая 2020 г.  
Заведующий кафедрой Уртенев М.Х.

  
подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры информационных технологий, протокол № 18 от «06» мая 2020г.  
и.о. заведующего кафедрой Гаркуша О.В.

  
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики протокол № 2 от «22» мая 2020 г.  
Председатель УМК факультета Коваленко А.В.

  
подпись

Рецензенты:

Шапошникова Татьяна Леонидовна.

Доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор. Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Директор института фундаментальных наук (ИФН) ФГБОУ ВО «КубГТУ».

Марков Виталий Николаевич.

Доктор технических наук. Профессор кафедры информационных систем и программирования института компьютерных систем и информационной безопасности (ИКСИБ) ФГБОУ ВО «КубГТУ».

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины.**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

**Цели** изучения дисциплины определены государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и соотнесены с общими целями ООП ВО по направлению подготовки «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем», в рамках которой преподается дисциплина.

Функциональный анализ – дисциплина профессионального цикла. Основными объектами изучения в функциональном анализе являются пространства самого общего вида, и функции (операторы, функционалы) определенные на этих пространствах. Для функционального анализа характерно сочетание и обобщение методов математического анализа, геометрии, линейной алгебры, топологии и дифференциальных уравнений, что приводит к установлению связей между отдаленными разделами математики. Изучение функционального анализа, составляющего основу современной математики, позволит будущему специалисту сформировать необходимые компоненты математического мышления: уровень, кругозор, культуру и методы, которые понадобятся ему для успешной работы в будущей профессиональной деятельности. Знания функционального анализа необходимы для изучения других математических дисциплин и методов.

### **1.2 Задачи дисциплины**

- научить строить и исследовать метрические пространства, проверять их полноту;
- научить использовать принцип сжимающих отображений для доказательства существования решений уравнений, построения итерационных методов решения уравнений и обоснования их сходимости;
- научить использовать основные виды нормированных линейных пространств;
- научить исследовать свойства функционалов и операторов на нормированных пространствах.

### **1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Функциональный анализ» относится к базовой части Блока 1.

Данная дисциплина «Функциональный анализ» тесно связана с дисциплинами: математический анализ, алгебра и теория чисел, геометрия и топология, дифференциальные уравнения, численные методы, уравнения математической физики.

В совокупности изучение этой дисциплины готовит студентов к различным видам практической, научно-теоретической и исследовательской деятельности.

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

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения курса «Функциональный анализ»:

| № п.п . | Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции  |   |   |
|---------|---|--|---|---|
|         |   | знает  | умеет   | владеет   |
| 1.      | ПК-1:<br>Способен решать актуальные и значимые задачи прикладной математики и информатики   | основные понятия, положения и методы функционального анализа   | Использовать знания современного математического аппарата для решения математических и прикладных задач   | навыками применения знаний по современному математическому аппарату для решения математических задач  |
| 2.      | ОПК-1:<br>Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические положения, лежащие в основе построения методов функционального анализа</li> <li>• проблемы, постановки и обоснования задач математического и информационного обеспечения при исследовании прикладных систем</li> <li>• основные методы решения типовых задач функционального анализа</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• доказывать утверждения, специфичные для комплексного анализа,</li> <li>• выбрать метод для решения конкретной задачи комплексного анализа;</li> <li>• применять полученные знания для использования в практической деятельности анализа и решения прикладных задач.</li> </ul> | методами комплексного анализа для исследования различных прикладных задач и выбора эффективных алгоритмов для решения и исследовании профессиональных и социальных задач. |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. ( 108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице  
(для студентов ОФО).

| Вид учебной работы  |                                      | Всего часов | Семестры (часы) |  |
|---|--------------------------------------|-------------|-----------------|--|
|   |                                      |             | 4               |  |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>                                |                                      |             |                 |  |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>                                    |                                      | <b>68</b>   | <b>68</b>       |  |
| Занятия лекционного типа  |                                      | 34          | 34              |  |
| Лабораторные занятия  |                                      | 34          | 34              |  |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)            |                                      | -           | -               |  |
|   |                                      | -           | -               |  |
| <b>Иная контактная работа:</b>  |                                      |             |                 |  |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                 |                                      | 4           | 4               |  |
| Промежуточная аттестация (ИКР)  |                                      | 0,2         | 0,2             |  |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                           |                                      |             |                 |  |
| Курсовая работа   |                                      | -           | -               |  |
| Проработка учебного (теоретического) материала                        |                                      | 35,8        | 35,8            |  |
| Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) |                                      | -           | -               |  |
| Реферат   |                                      | -           | -               |  |
|   |                                      | -           | -               |  |
| Подготовка к текущему контролю  |                                      | -           | -               |  |
| <b>Контроль:</b>  |                                      |             |                 |  |
| Подготовка к экзамену   |                                      | -           | -               |  |
| <b>Общая трудоемкость</b>   | <b>час.</b>                          | <b>108</b>  | <b>108</b>      |  |
|   | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>72,5</b> | <b>72,5</b>     |  |
|   | <b>зач. ед</b>                       | <b>3</b>    | <b>3</b>        |  |

### 2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины, разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре (очная форма)

| № | Наименование разделов (тем)           | Количество часов |                   |    |    |                      |
|---|---------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|----------------------|
|   |                                       | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Внеаудиторная работа |
|   |                                       |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                      |
| 1 | 2                                     | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                    |
| 1 | Пространства.                         | 32               | 10                | -  | 12 | 10                   |
| 2 | Операторы.                            | 36               | 12                | -  | 12 | 12                   |
| 3 | Функционалы.                          | 11.8             | 4                 | -  | 4  | 3.8                  |
| 4 | Теория меры.                          | 24               | 8                 | -  | 8  | 8                    |
|   | <i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>   | 103.8            | 34                | -  | 36 | 33.8                 |
|   | Контроль самостоятельной работы (КСР) | 2.5              |                   |    |    |                      |

|  |                                  |     |  |  |  |  |
|--|----------------------------------|-----|--|--|--|--|
|  | Промежуточная аттестация (ИКР)   | 0.2 |  |  |  |  |
|  | Подготовка к текущему контролю   | 1.5 |  |  |  |  |
|  | Общая трудоемкость по дисциплине | 108 |  |  |  |  |

**Вид аттестации:** зачет

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента, КСР – контролируемая работа студента; ИКР – иная контактная работа, ЭКЗ- подготовка к сдаче зачета и экзамена.

## 2.3 Содержание разделов дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| № раздела | Наименование раздела | Содержание раздела  | Форма текущего контроля |
|-----------|----------------------|---|-------------------------|
| 1         | 2                    | 3   | 4                       |
| 1         | Пространства         | Понятие метрического пространства. Линейные пространства. Нормированные пространства. Евклидовы пространства. Гильбертово пространство. | Опрос<br>Зачет          |
| 2         | Функционалы          | Непрерывные линейные функционалы в линейных нормированных пространствах. Норма функционала  | Опрос<br>Зачет          |
| 3         | Операторы            | Линейные операторы, определения и примеры. .<br>Сопряженные операторы. Норма оператора.<br>Принцип сжимающих отображений.               | Опрос<br>Зачет          |
| 4         | Теория меры          | Теория меры. Лебегова мера. Интеграл Лебега.  | Опрос<br>Зачет          |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа – не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

| № раздела | Наименование раздела | Содержание раздела  | Форма текущего контроля<br>(по неделям семестра)               |
|-----------|----------------------|---|--|
| 1         | 2                    | 3   | 4  |
| 1         | Пространства         | Понятие метрического пространства. Линейные пространства. Нормированные пространства. Евклидовы пространства. Гильбертово пространство. | Проверка выполнения лабораторных работ .<br>Контрольная работа |

|   |             |   |   |
|---|-------------|---|---|
| 2 | Функционалы | Непрерывные линейные функционалы в линейных нормированных пространствах. Норма функционала                          | Проверка выполнения лабораторных работ .<br>Контрольная работа. |
| 3 | Операторы   | Линейные операторы, определения и примеры. . Сопряженные операторы. Норма оператора. Принцип сжимающих отображений. | Проверка выполнения лабораторных работ.<br>Контрольная работа   |
| 4 | Теория меры | Теория меры. Лебегова мера. Интеграл Лебега.  | Проверка выполнения лабораторных работ .<br>Контрольная работа. |

### 2.3.2 Курсовые работы – не предусмотрены

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

| № | Вид самостоятельной работы  | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы   |
|---|---|---|
| 1 | 2   | 3   |
| 1 | Проработка и повторение лекционного материала, материала учебной и научной литературы | Методические указания для подготовки к лекционным и семинарским занятиям, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №7 от 18.04.2018 г. |
| 2 | Подготовка к лабораторным занятиям  | Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №7 от 18.04.2018 г.                   |
| 3 | Подготовка к решению задач  | Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №7 от 18.04.2018 г.               |
| 4 | Подготовка к текущему контролю  | Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №7 от 18.04.2018 г.               |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии.**

С точки зрения применяемых методов используются как традиционные информационно-объяснительные *лекции*, так и интерактивная подача материала с мультимедийной системой и др. Такое сочетание позволяет оптимально использовать отведенное время и раскрывать логику и содержание дисциплины.

Лекции представляют собой систематический обзор понятий и методов Комплексного анализа с подачей материала в форме презентаций и с использованием других интерактивных технологий: проблемное обучение, моделирование, дискуссия.

Лабораторное занятие позволяет научить студента применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач, развить математическую интуицию и творческое мышление. Разбор конкретных ситуаций, математическое моделирование задач, встречающихся на практике (проблемное обучение), командная работа, визуализация и обсуждение результатов анализа широко используется при проведении лабораторных, а также самостоятельных работ.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием возможностей средств удаленного доступа (электронная почта, видеоконференция).

### **4. Оценочные и методические материалы**

#### **4.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «название дисциплины».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме:

– контроль за выполнением домашних заданий;

– проверка выполнения самостоятельных работ;

– проведение контрольных работ.

**и промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к зачету и экзамену.

Зачет выставляется по результатам выполненных контрольных работ, индивидуальных заданий и текущей работы на лабораторных занятиях.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины* | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |                          |
|-------|---|---|----------------------------------|--------------------------|
|       |   |   | Текущий контроль                 | Промежуточная аттестация |
| 1     | Пространства                              | ОПК-1, ПК-1                                   | Контрольная работа №1            | Вопросы к зачету 1-13    |
| 2     | Операторы и функционалы                   | ОПК-1, ПК-1                                   | Контрольная работа №2            | Вопросы к зачету 14-28   |
| 3     | Теория меры                               | ОПК-1, ПК-1                                   | Контрольная работа №3            | Вопросы к зачету 29-33   |

### Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

| Код и наименование компетенций  | Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания  |   |   |
|---|---|---|---|
|   | пороговый   | базовый   | продвинутый   |
|   | Оценка  |   |   |
|   | Удовлетворительно   | Хорошо/зачтено  | Отлично /зачтено  |
| ПК-1: Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий  | <i>Знает</i> – базовые методы, понятия, определения и свойства математических объектов, изучаемых в дисциплине, формулировки и утверждений;   | <i>Знает</i> – основные методы, основные понятия, определения и свойства математических объектов, изучаемых в дисциплине, формулировки и доказательства утверждений   | <i>Знает</i> - основные методы, основные понятия, определения и свойства математических объектов, изучаемых в дисциплине, формулировки и доказательства утверждений, методы их доказательства; знаком с нестандартными подходами к решению задач. |
|   | <i>Умеет</i> – формулировать базовые утверждения, решать базовые задачи дисциплины  | <i>Умеет</i> - формулировать и доказывать базовые утверждения дисциплины, решать основные задачи математики, применять полученные навыки в других областях и дисциплинах естественнонаучного цикла            | <i>Умеет</i> - доказывать основные утверждения дисциплины, решать основные и продвинутые задачи, применять полученные навыки в других областях и дисциплинах естественнонаучного цикла; проводить доказательства нестандартным путем.             |
|   | <i>Владеет</i> – методами решения базовых задач и базовыми понятиями, рассматриваемые в дисциплине.   | <i>Владеет</i> - методами решения задач, базовыми методами доказательства утверждений, навыками применения этого в других областях и дисциплинах естественнонаучного  | <i>Владеет</i> - методами решения задач, основными методами доказательства утверждений, навыками применения этого в других областях и дисциплинах естественнонаучного цикла. Демонстрирует дополнительные знания и эрудицию.                      |
| ОПК-1:<br>Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | <i>Знает</i> – базовые понятия и методы дисциплины, возможные сферы их связи и приложения в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного и профессионального цикла; | <i>Знает</i> – основные методы и понятия, изучаемые в дисциплине, возможные сферы их связи и приложения в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного и профессионального цикла; | <i>Знает</i> - основные методы, понятия, изучаемые в дисциплине, сферы их связи и приложения в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного и профессионального цикла;  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p><i>Умеет</i> – решать базовые задачи, встречающиеся в практике профессиональной деятельности, сформулированные в терминах данной математической дисциплины, применять основные методы решения.</p> | <p><i>Умеет</i> - решать основные задачи, встречающиеся в практике профессиональной деятельности, сформулированные в терминах данной математической дисциплины, применять основные и продвинутые методы решения;</p> | <p><i>Умеет</i> – формулировать в терминах данной математической дисциплины задачи, встречающиеся в практике профессиональной деятельности, решать их с помощью основных и продвинутых методов</p> |
| <p><i>Владеет</i> отдельными методами применения математических методов, рассмотренных в рамках дисциплины, для решения профессиональных задач</p>  | <p><i>Владеет</i> основными методами применения математических методов, рассмотренных в рамках дисциплины, для решения профессиональных задач</p>  | <p><i>Владеет</i> методами применения полученных знаний в постановке и решении прикладных задач;</p>   |

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **Примерные задания на лабораторные работы**

#### **Понятие метрического пространства.**

Аксиомы метрического пространства. Сходимость, открытые и замкнутые множества в метрических пространствах. Задачи [2], §6, № 6.1 – № 6.11.

#### **Линейные пространства. Нормированные пространства.**

Определения и примеры. Линейные многообразия. Подпространства. Нормированные пространства. Банахово пространство. Задачи [2], §1, № 1.1 – № 1.65.

#### **Евклидовы пространства. Гильбертово пространство.**

Скалярное произведение. Евклидовы пространства. Существование ортогональных базисов, ортогонализация. Неравенства Бесселя. Полные евклидовы пространства. Неравенство Коши-Буняковского. Определитель Грама. Задачи [2], §3, № 3.1 – № 3.41.

#### **Линейные операторы, определения и примеры.**

Норма оператора, определения и примеры. Непрерывность и ограниченность. Сумма и произведение операторов. Обратный оператор, обратимость. Задачи [2], §7, № 7.1 – № 7.16, §9, № 9.1 – № 9.14.

#### **Сопряженные операторы. Самосопряженные операторы.**

Сопряженные операторы. Самосопряженные операторы. Спектр оператора. Задачи [2], §18, № 18.1 – № 18.11, §19, № 19.1 – № 19.18.

#### **Принцип сжимающих отображений.**

Принцип сжимающих отображений. Применение сжимающих отображений для доказательства существования решений уравнений и для построения сходящихся итерационных методов. Задачи [2], §24, № 24.1 – № 24.30.

### **Непрерывные линейные функционалы в линейных нормированных пространствах.**

Непрерывные линейные функционалы в линейных нормированных пространствах. Норма функционала. Определение сопряженного пространства. Слабая топология и слабая сходимость. Задачи [2], §11, № 11.1 – № 11.26, §13, № 13.1 – № 13.11, §14, № 14.1 – № 14.12.

### **Теория меры. Лебегова мера.**

Лебегова мера плоских множеств. Общее понятие меры. Измеримые функции.

### **Интеграл Лебега.**

Определение интеграла Лебега. Сравнение интеграла Лебега с интегралом Римана. Задачи [2], §4, № 4.1 – № 4.31.

### **Примеры самостоятельных работ**

Целью самостоятельной работы студента является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий. Вырабатываются навыки самостоятельной работы. Закрепляются опыт и знания полученные во время лабораторных занятий.

Для контроля знаний периодически проводятся аудиторные самостоятельные работы.

#### Контрольная работа 1 ( вариант задач).

1. Исследовать на сходимость в  $C_{[0,1]}$  последовательности  $x_n = \frac{t^{n+1}}{n+1} - \frac{t^{n+2}}{n+2}$ .
2. Выполняются ли аксиомы метрики в  $R^3$  для функции  $\rho(x, y) = \max_{1 \leq k \leq 3} k^3 |x_k - y_k|^{1/4}$ .
3. Исследовать на сходимость в  $m$  последовательности  $x_n = (\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \dots, \frac{n}{n+1}, 2, 2, \dots)$ .

#### Контрольная работа 2 ( вариант задач).

1. Найти норму линейного функционала  $f(x) = \int_0^1 x(t) \ln(t+1) dt$  в  $C_{[0,1]}$ .
2. Проверить линейность и оценить норму оператора  $Ax(t) = \int_0^\pi (\sin t + \cos \tau)x(\tau) d\tau$  отображающего  $L_{[0,\pi]} \rightarrow L_{[0,\pi]}$ .
3. Найти собственные значения и собственные элементы оператора  $Ax(t) = \int_2^1 (\sqrt{t}\tau - \sqrt{\tau}t)x(\tau) d\tau$ .

4. При каких значениях  $\lambda$  оператор  $Ax(t) = \lambda \int_0^1 |1 - 2\tau| \cdot \sin t \, d\tau$  является сжимающим в  $C_{[0,1]}$ .

### Примерный перечень вопросов к зачету

*Перечень компетенций (части компетенции), проверяемых оценочным средством: ОПК-1, ПК-1.*

1. Аксиомы метрического пространства.
2. Неравенства Коши – Буняковского, Минковского, Юнга, Гёльдера.
3. Полные метрические пространства.
4. Пополнение метрических пространств.
5. Понятия компактности.
6. Компактность в метрических пространствах.
7. Линейные пространства. Определения и примеры.
8. Нормированные пространства.
9. Евклидовы пространства.
10. Гильбертово пространство.
11. Существование ортогональных базисов, ортогонализация.
12. Определение сопряженного пространства.
13. Неравенства Минковского и Гельдера.
14. Отображения, обратные отображения
15. Принцип сжимающих отображений.
16. Метод последовательных приближений.
17. Метод последовательных приближений для системы линейных алгебраических уравнений.
18. Линейные операторы, определения и примеры.
19. Непрерывность и ограниченность.
20. Сумма и произведение операторов.
21. Обратный оператор, обратимость.
22. Сопряженные операторы.
23. Самосопряженные операторы.
24. Спектр оператора.
25. Резольвента.
26. Линейные функционалы. Геометрический смысл.
27. Непрерывные линейные функционалы в линейных нормированных пространствах.
28. Сильная и слабая сходимость в сопряженном пространстве.
29. Теория меры. Элементарные множества.
30. Лебегова мера плоских множеств.
31. Интеграл Лебега. Простые функции.
32. Свойства интеграла Лебега.
33. Сравнение интеграла Лебега с интегралом Римана.

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

Для успешного выполнения лабораторной работы обучающемуся следует ознакомиться с теоретической частью дисциплины по теме лабораторной работы, изложенной в лекциях. Для углубленного понимания теоретического материала могут быть использованы источники, указанные в списке основной литературы [1-4], дополнительной [8].

Критерием должной подготовки студентов к выполнению лабораторных работ являются приобретенные знания, позволяющие безошибочно ответить на вопросы, сформулированные по каждой теме лабораторных работ. Для приобретения должных навыков к решению задач предполагается решение задач на лабораторных занятиях в учебных аудиториях под руководством преподавателя. Закрепление приобретенных навыков осуществляется внеаудиторным самостоятельным решением студентом задач. Номера задач для решения в аудитории и дома указаны к каждой лабораторной работе.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### **5.1 Основная литература:**

1. Основы математического анализа [Электронный ресурс] : учебник : в 2 т. Т. 1 / Фихтенгольц Г. М. - СПб. : Лань, 2015. - 448 с. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=65055](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=65055).
2. Сборник задач по математическому анализу [Электронный ресурс] : учебное пособие. Т. 1 : Предел. Непрерывность. Дифференцируемость / Л. Д. Кудрявцев [и др.]. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 496 с. - [https://e.lanbook.com/book/2226#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/2226#book_name).
3. Кудрявцев, Л. Д. Краткий курс математического анализа [Электронный ресурс] : учебник. Т. 1 : Дифференциальное и интегральное исчисления функций одной переменной. Ряды / Кудрявцев Л. Д. - 4-е изд. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 444 с. - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=854332>.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Функциональный анализ [Текст] : [учебное пособие] / З. Б. Цалюк, М. В. Цалюк ; Фак. математики и компьютерных наук Кубанского гос. ун-та. - Краснодар : [Факультет математики и компьютерных наук Кубанского государственного университета] : [Просвещение-Юг], 2014. - 79 с. - Библиогр.: с. 79. - 80 р.
2. Крепкогорский, В.Л. Функциональный анализ : учебное пособие / В.Л. Крепкогорский ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 116 с. : табл., граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1650-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428727>

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной теоретический материал, лабораторных занятий, позволяющих студентам в полной мере ознакомиться с понятиями и методами Комплексного анализа и навыками их применением в решении практических задач.

Важнейшим этапом является самостоятельная работа по дисциплине. Целью самостоятельной работы бакалавра является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий. Вырабатываются навыки самостоятельной работы. Закрепляются опыт и знания, полученные во время лабораторных занятий.

Самостоятельная работа студентов в ходе изучения дисциплины состоит в выполнении индивидуальных заданий, задаваемых преподавателем, ведущим лабораторные занятия, подготовки теоретического материала к лабораторным занятиям, на основе конспектов лекций и учебной литературы, согласно календарному плану и подготовки теоретического материала к тестовому опросу, зачету и экзамену, согласно вопросам к экзамену.

Указания по оформлению работ:

- работа на лабораторных занятиях и конспекты лекций могут выполняться на отдельных листах либо непосредственно в рабочей тетради;
- оформление индивидуальных заданий желательно на отдельных листах.

Проверка индивидуальных заданий по темам, разобранным на лабораторных занятиях, осуществляется через неделю на текущем лабораторном занятии, либо в течение недели после этого занятия на консультации.

Для разъяснения непонятных вопросов лектором и ассистентом еженедельно проводятся консультации, о времени которых группы извещаются заранее.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и выполнении практических заданий по разобранным во время аудиторных занятий примерам.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. список задач и вопросов коллоквиума) и итоговой аттестации (зачета, экзамена).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы. Кроме того, важным элементом технологии является самостоятельное решение студентами и сдача заданий. Это полностью индивидуальная форма обучения. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы

**Критерии выставления оценок.**

Оценка «отлично»:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

#### Оценка «хорошо»:

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основном теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

#### Оценка «удовлетворительно»:

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

#### Оценка «неудовлетворительно»:

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- знание отдельных источников, рекомендованных учебной программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;

- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **7.1 Перечень информационно-коммуникационных технологий.**

Информационные технологии – не предусмотрены.

### **7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.**

Программное обеспечение - не предусмотрено.

### **7.3 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» (<http://www.biblioclub.ru>)
3. ЭБС Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/> ООО Издательство «Лань»

### 8. Материально-техническое обеспечение по дисциплине

| №  | Вид работ                                  | Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность   |
|----|--|---|
| 1. | Лекционные занятия                         | Лекционные аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО): А305, 133.  |
| 2. | Лабораторные занятия                       | Аудитории для проведения лабораторных и практических занятий, оснащенные учебной мебелью (столы, стулья), соответствующей количеству студентов, доской: 133, 149, 150.  |
| 3. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Аудитории А305, 133, 150, 148, . оснащенные учебной мебелью (столы, стулья), презентационной техникой для проведения групповых и индивидуальных консультаций  |
| 4. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитории А305, 133. оснащенные учебной мебелью (столы, стулья)   |
| 5. | Самостоятельная работа                     | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета: 102-А, а также студентческий читальный зал библиотеки КубГУ (к.109С) и зал доступа к электронным ресурсам и каталогам (к. А213). |