

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Прикладной функциональный анализ

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Прикладная математика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

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

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Рунг Е.В. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), Elena.Rung@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Сидоров А.М. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), Anatoly.Sidorov@kpfu.ru

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

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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Способен владеть методами математической физики и прикладной математики
ПК-6	Способность применять знания естественно-математического цикла, а также практический опыт при проведении научных исследований

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны быть знакомыми с теми разделами функционального анализа, которые традиционно используются при исследовании свойств дифференциальных уравнений с частными производными, при построении численных методов решения задач математической физики, и знакомство с которыми необходимо для математика-прикладника.

Должен уметь:

Практически решать примеры по функциональному анализу.

Должен владеть:

Курсами по нелинейным уравнениям с частными производными и по численным методам решения уравнений математической физики.

Должен демонстрировать способность и готовность:

Полное ознакомление с теорией и методами функционального анализа.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.10.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (Прикладная математика)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

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

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

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	Само- стоя- тель- ная ра- бота
1.	Тема 1. Определение метрического пространства, примеры. Свойства сходящихся последовательностей. Неравенства Гельдера и Минковского.	6	0	0	0	0	2	0	2
2.	Тема 2. Замкнутые множества, свойства операции замыкания. Полные метрические пространства. Теоремы о полных метрических пространствах.	6	0	0	0	0	2	0	2
3.	Тема 3. Принцип сжатых отображений. Сепарабельные пространства, примеры.	6	0	0	0	0	2	0	2
4.	Тема 4. Линейные пространства. Определение линейного пространства, свойства, примеры.	6	0	0	0	0	2	0	2
5.	Тема 5. Определение линейного нормированного пространства, примеры. Линейные многообразия. Теорема об изоморфизме конечномерных нормированных пространств. Лемма Рисса. Фактор-пространство.	6	0	0	0	0	2	0	2
6.	Тема 6. Гильбертово пространство. Определение гильбертова пространства, свойства скалярного произведения, примеры. Теорема об ортогональном разложении. Критерий всюду плотности множества в гильбертовом пространстве.	6	0	0	0	0	2	0	2
7.	Тема 7. Ортонормированные системы, ряды Фурье, неравенство Бесселя, замкнутые и полные системы. Изоморфизм сепарабельных гильбертовых пространств.	6	0	0	0	0	2	0	2
8.	Тема 8. Определение линейного оператора, примеры, основные свойства. Ограниченные линейные операторы, связь между непрерывностью и ограниченностью.	6	0	0	0	0	2	0	2
9.	Тема 9. Норма оператора. Теорема о продолжении линейного оператора.	6	0	0	0	0	2	0	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная рабо- та
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
10.	Тема 10. Равномерная и поточечная сходимости операторов. Теорема о полноте пространства линейных операторов в смысле равномерной сходимости. Теорема Банаха-Штейнхауза, полнота пространства линейных операторов в смысле поточечной сходимости. Необходимое и достаточное условие поточечной сходимости операторов.	6	0	0	0	0	2	0	2
11.	Тема 11. Теоремы об обратном операторе. График оператора, примеры замкнутых неограниченных операторов. Теорема Банаха о замкнутом графике. Спектр оператора.	6	0	0	0	0	2	0	2
12.	Тема 12. Теорема Хана-Банаха, следствия. Общий вид линейных функционалов в конкретных пространствах	6	0	0	0	0	2	0	2
13.	Тема 13. Рефлексивные пространства, сопряженные операторы, примеры. Слабая сходимости в нормированных пространствах.	6	0	0	0	0	2	0	2
14.	Тема 14. Теорема Кантора. Теорема об экстремальных значениях непрерывных функционалов на компактных множествах.	6	0	0	0	0	2	0	2
15.	Тема 15. Теорема Хаусдорфа, следствие. Критерий компактности в конкретных пространствах: теорема Арцела; теорема М.Рисса.	6	0	0	0	0	2	0	2
4.2	<b>Сепарабельные пространства (модуль).</b> Тема 1. Определение метрического пространства, примеры. Свойства сходящихся последовательностей. Неравенства Гельдера и Минковского.	6	0	0	0	0	2	0	2
	На занятии вводится понятие метрики, дается определение метрического пространства, приводятся примеры метрических пространств. Вводится определение сходящихся последовательностей и ограниченных множеств. Обсуждаются теоремы о равномерной сходимости неравенства Юнга, Гельдера и Минковского.							0	2
	<b>Тема 2. Замкнутые множества, свойства операции замыкания. Полные метрические пространства. Теоремы о полных метрических пространствах.</b>	6	0	0	0	0	2	0	2
	Тема 18. Уравнения с вполне непрерывными операторами. Теоремы Фредгольма.	6	0	0	0	0	2	0	2
	Тема 3. Принцип сжатых отображений. Сепарабельные пространства, примеры.	6	0	0	0	0	36	0	36
	На занятии формулируются и доказываются теорема Банаха "Принцип сжатых отображений" и ее следствие. Приводятся примеры их использования. Дается определение сепарабельного пространства, приводятся примеры сепарабельных пространств, обсуждается значимость этого свойства при решении практических задач.								

**Тема 4. Линейные пространства. Определение линейного пространства, свойства, примеры.**

На занятии дается определение линейного пространства, формулируются аксиомы линейного пространства, доказываются их следствия. Обсуждаются свойства линейного пространства, приводятся примеры наиболее важных с точки зрения приложений линейных пространств, пространство непрерывных функций, заданных на отрезке, пространства Лебега.

**Тема 5. Определение линейного нормированного пространства, примеры. Линейные многообразия.**

Теорема об изоморфизме конечномерных нормированных пространств. Лемма Рисса.  
Фактор-пространство.

На занятии дается определение линейного нормированного пространства, формулируются их свойства, приводятся примеры наиболее важных с точки зрения приложений линейных нормированных пространств. Дается определение изоморфизма линейных нормированных пространств. Доказываются теорема об изоморфизме конечномерных нормированных пространств.

**Тема 6. Гильбертово пространство. Определение гильбертова пространства, свойства скалярного произведения, примеры. Теорема об ортогональном разложении. Критерий всюду плотности множества в гильбертовом пространстве.**

Дается определение гильбертова пространства, обсуждаются свойства скалярного произведения, приводятся примеры наиболее часто используемых гильбертовых пространств. Устанавливается, что гильбертово пространство -- частный случай нормированного. Доказывается критерий всюду плотности множества в гильбертовом пространстве.

**Тема 7. Ортонормированные системы, ряды Фурье, неравенство Бесселя, замкнутые и полные системы. Изоморфизм сепарабельных гильбертовых пространств.**

Дается определение ортонормированных систем, обсуждается важность этого понятия. Для рядов Фурье, построенным по ортонормированным системам, доказывается неравенство Бесселя. Вводятся понятия полноты и замкнутости ортонормированных систем. На занятии доказывается теорема об изоморфизме сепарабельных гильбертовых пространств.

**Тема 8. Определение линейного оператора, примеры, основные свойства. Ограниченные линейные операторы, связь между непрерывностью и ограниченностью.**

Даются определения аддитивного оператора, однородного, линейного и ограниченного оператора, устанавливается связь между ними. Доказывается, что из аддитивности оператора и его непрерывности в одной точке следуют линейность оператора и его непрерывность на всем пространстве. Приводятся примеры, обсуждаются основные свойства. Доказывается теорема о связи между непрерывностью и ограниченностью линейного оператора.

**Тема 9. Норма оператора. Теорема о продолжении линейного оператора.**

Для ограниченных линейных операторов вводится понятие нормы, обсуждаются свойства нормы. Выводится формула для вычисления нормы оператора. Доказывается теорема о продолжении линейного оператора, заданного на линейном многообразии линейного нормированного пространства, на все линейное нормированное пространство.

**Тема 10. Равномерная и поточечная сходимости операторов. Теорема о полноте пространства линейных операторов в смысле равномерной сходимости. Теорема Банаха-Штейнхауза, полнота пространства линейных операторов в смысле поточечной сходимости. Необходимое и достаточное условие поточечной сходимости операторов.**

Дается определение равномерной и поточечной сходимости операторов. Доказываются важные с точки зрения приложений результаты: теорема о полноте пространства линейных операторов в смысле равномерной сходимости, теорема Банаха-Штейнхауза, теорема о полноте пространства линейных операторов в смысле поточечной сходимости. Приводится необходимое и достаточное условие поточечной сходимости операторов.

**Тема 11. Теоремы об обратном операторе. График оператора, примеры замкнутых неограниченных операторов. Теорема Банаха о замкнутом графике. Спектр оператора.**

На занятии для линейного оператора вводится понятие левого и правого обратных операторов. Приводятся условия, обеспечивающие равенство левого и правого обратных операторов, и, как следствие, существование обратного оператора. Доказываются теоремы об обратном операторе. Приводятся примеры замкнутых неограниченных операторов. Вводится понятие спектра оператора.

**Тема 12. Теорема Хана-Банаха, следствия. Общий вид линейных функционалов в конкретных пространствах**

На занятии для сепарабельного гильбертова пространства доказывается теорема Хана-Банаха о продолжении линейного функционала, обсуждаются и доказываются следствия из этой теоремы. Доказывается теорема Рисса о представлении линейного функционала в гильбертовом пространстве. Обсуждается применение этой теоремы в конкретных пространствах.

**Тема 13. Рефлексивные пространства, сопряженные операторы, примеры. Слабая сходимости в нормированных пространствах.**

Вводятся понятия сопряженного пространства и рефлексивного пространства, рассматриваются примеры рефлексивных пространств. Дается определение сопряженного оператора, изучаются их свойства. Дается определение слабой сходимости в нормированном пространстве, формулируются и доказываются свойства слабо сходящихся последовательностей.

**Тема 14. Теорема Кантора. Теорема об экстремальных значениях непрерывных функционалов на компактных множествах.**

Вводятся определения относительно компактных и компактных множеств в метрических пространствах. Для последовательности компактных множеств доказывается теорема Кантора. Обсуждаются свойства полунепрерывности сверху (снизу) функционалов, рассматриваются примеры функционалов, обладающих этими свойствами.

**Тема 15. Теорема Хаусдорфа, следствие. Критерий компактности в конкретных пространствах: теорема Арцела; теорема М.Рисса.**

Тема занятия: "Критерий компактности множеств в метрических пространствах". Доказывается основная теорема о компактности множеств в метрических пространствах (теорема Хаусдорфа) и следствия из этой теоремы. Рассматриваются и обосновываются критерии компактности в пространстве непрерывных функций и в пространстве интегрируемых по Лебегу функций.

#### **Тема 16. Конечномерность и компактность. Слабая компактность, теорема о слабой компактности ограниченных множеств.**

Изучаются свойства компактных множеств, в частности, связь между конечномерностью и компактностью множеств. Вводится понятие слабой компактности, доказывается, что в сепарабельном, рефлексивном нормированном пространстве любое ограниченное множество слабо компактно. Приводятся примеры, подтверждающие эти свойства.

#### **Тема 17. Свойства вполне непрерывных операторов. Теорема о равномерном пределе вполне непрерывных операторов.**

Дается определение вполне непрерывного оператора, проводится сравнения свойств непрерывности и вполне непрерывности оператора. Доказывается теорема о равномерном пределе вполне непрерывных операторов. Устанавливается, что у вполне непрерывного оператора обратный оператор является неограниченным оператором.

#### **Тема 18. Уравнения с вполне непрерывными операторами. Теоремы Фредгольма.**

Исследуются вопросы существования и единственности решения уравнения, пространственный оператор которого представлен разностью вполне непрерывного и тождественного операторов. Формулируется альтернатива Фредгольма, согласно которой однозначная разрешимость вышеназванного уравнения при любой правой части имеет место тогда и только тогда, когда соответствующее однородное уравнение имеет только нулевое решение.

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

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

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

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

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

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

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2009. ? 572 с. - <https://e.lanbook.com/book/2206>

Треногин, В.А. Функциональный анализ [Электронный ресурс] : учеб. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2002. ? 488 с. - <https://e.lanbook.com/book/2340>

Треногин, В.А. Задачи и упражнения по функциональному анализу [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Треногин, Б.М. Писаревский, Т.С. Соболева. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2005. ? 240 с. - <https://e.lanbook.com/book/2342>

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

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

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);

- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

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

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

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

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

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

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

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

Треногин, В.А. Задачи и упражнения по функциональному анализу [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Треногин, Б.М. Писаревский, Т.С. Соболева. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2005. ? 240 с. - <https://e.lanbook.com/book/2342>

Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2009. ? 572 с. - <https://e.lanbook.com/book/2206>

Люстерник, Л.А. Краткий курс функционального анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.А. Люстерник, В.И. Соболев. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2009. ? 272 с. - <https://e.lanbook.com/book/245>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	Обучающиеся выполняют задания, требующие создания уникальных объектов определённого типа. Тип объекта, его требуемые характеристики и методы его создания определяются потребностями профессиональной деятельности в соответствующей сфере либо целями тренировки определённых навыков и умений. Оцениваются креативность, владение теоретическим материалом по теме, владение практическими навыками.
самостоятельная работа	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.
экзамен	По дисциплине предусмотрен экзамен, который также предполагает тщательную работу с конспектом, основной и дополнительной литературой. Рекомендуется по каждому вопросу программы составить небольшое эссе, чтобы четко и систематизировано представить задачу, акцентировать внимание на ее свойствах и основных методиках их решений. Также следует повторно решить большинство типовых задач, так как они могут быть использованы в качестве дополнительных вопросов в случае спорных оценок. При подготовке к экзамену студенту рекомендуется использовать все отведенное время, равномерно распределяя изучение материала, составляя план своей работы.



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

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

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

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

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

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

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

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

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

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки "Прикладная математика".

*Приложение 2*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.10.03 Прикладной функциональный анализ*

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Прикладная математика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

**Основная литература:**

1. Люстерник, Л. А. Краткий курс функционального анализа : учебное пособие / Л. А. Люстерник, В. И. Соболев. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 272 с. - ISBN 978-5-8114-0976-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/245> (дата обращения: 21.05.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебное пособие / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. - 7-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 572 с. - ISBN 978-5-9221-0266-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2206> (дата обращения: 21.05.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Хелемский, А. Я. Лекции по функциональному анализу : учебник / А. Я. Хелемский. - 2-е изд. - Москва : МЦНМО, 2014. - 560 с. - ISBN 978-5-4439-2043-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/56415> (дата обращения: 21.05.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Треногин, В. А. Функциональный анализ : учебник / В. А. Треногин. - 4-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 488 с. - ISBN 978-5-9221-0804-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59471> (дата обращения: 21.05.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Сухинов, А. И. Лекции по функциональному анализу: учебное пособие / А.И. Сухинов, И.П. Фирсов. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2009. - 189 с. ISBN 978-5-9275-0671-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/549858> (дата обращения: 21.05.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Леонтьева, Т. А. Задачи по теории функций и функциональному анализу с решениями: учебное пособие / Т.А. Леонтьева, А.В. Домрина. - Москва : НИЦ Инфра-М, 2013. - 164 с. (Высшее образование: Магистратура). ISBN 978-5-16-006429-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/377270> (дата обращения: 21.05.2020). - Режим доступа: по подписке.

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.10.03 Прикладной функциональный анализ*

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

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Прикладная математика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

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

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

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

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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

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