

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Отделение информационных технологий и энергетических систем



Утверждаю

Первый заместитель директора  
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Комплексный и функциональный анализ Б1.О.09

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки:

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Соловьева С.А.

**Рецензент(ы):** Углов А.Н.

### СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Габбасов Н. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Отделение информационных технологий и энергетических систем) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
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
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. 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
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
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 к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Соловьева С.А. (Кафедра математики, Инженерно-строительное отделение), [SASoloveva@kpfu.ru](mailto:SASoloveva@kpfu.ru)

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

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- основные методы комплексного и функционального анализа,
- определения и свойства математических объектов в этой области,
- формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений.

Должен уметь:

- решать типовые задачи вычислительного и теоретического характера в области комплексного и функционального анализа,
- обосновывать утверждения и факты

Должен владеть:

- математическим аппаратом комплексного и функционального анализа, навыками решения практических задач, использующих аппарат данной дисциплины

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности

## 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.О.09 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 "Прикладная математика и информатика ()" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 2, 3 курсах в 4, 5 семестрах.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных(ые) единиц(ы) на 396 часа(ов).

Контактная работа - 126 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 72 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 234 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 4 семестре; зачет в 5 семестре.

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

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

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Комплексные числа и комплексная плоскость	4	4	4	0	16
2.	Тема 2. Функции комплексного переменного. Дифференцирование функций комплексного переменного.	4	6	6	0	24
3.	Тема 3. Интегрирование функций комплексного переменного.	4	6	6	0	24
4.	Тема 4. Интегрирование функций комплексного переменного.	4	6	6	0	24
5.	Тема 5. Теория вычетов и её применение.	4	8	10	0	36
6.	Тема 6. Основы операционного исчисления.	4	6	4	0	20
7.	Тема 7. Теория меры и интеграл Лебега.	5	4	8	0	18
8.	Тема 8. Метрические пространства, принцип сжимающих отображений.	5	4	8	0	18
9.	Тема 9. Функциональные пространства и оператор	5	4	10	0	20
10.	Тема 10. Обобщенные производные, пространства Соболева.	5	2	4	0	18
11.	Тема 11. Теория Фредгольма.	5	4	6	0	16
	Итого		54	72	0	234

### 4.2 Содержание дисциплины

#### Тема 1. Комплексные числа и комплексная плоскость

Комплексные числа, модуль и аргумент комплексного числа, их свойства; действия над комплексными числами. Перевод комплексного числа в тригонометрическую форму. Умножение и деление комплексных чисел в тригонометрической форме. Формула Муавра. Комплексная плоскость; расширенная комплексная плоскость; стереографическая проекция, ее свойства; сфера Римана; множества на плоскости, области и кривые.

### **Тема 2. Функции комплексного переменного. Дифференцирование функций комплексного переменного.**

Функции комплексного переменного; предел функции; непрерывность. Показательная, тригонометрические и гиперболические функции. Формула Эйлера. Обратные тригонометрические, обратные гиперболические функции. Дифференцируемость по комплексной переменной, условия Коши-Римана. Аналитические функции, их связь с гармоническими функциями.

### **Тема 3. Интегрирование функций комплексного переменного.**

Интеграл по комплексной переменной, его простейшие свойства; связь с криволинейными интегралами; сведение к интегралу по действительной переменной. Интегральная теорема Коши. Интегральная формула Коши. Бесконечная дифференцируемость аналитических функций, формулы Коши для производных; теорема Морера.

### **Тема 4. Интегрирование функций комплексного переменного.**

Разложение аналитической функции в степенной ряд, единственность; неравенство Коши для коэффициентов степенного ряда; действия со степенными рядами. Нули аналитической функции, порядок нуля; принцип максимума модуля; лемма Шварца. Ряд Лорана, область его сходимости; разложение аналитической функции в ряд Лорана, единственность разложения, формулы и неравенства Коши для коэффициентов; теорема Лиувилля.

### **Тема 5. Теория вычетов и её применение.**

Особые точки; изолированные особые точки, их классификация по поведению функции и ряду Лорана; полюс, порядок полюса; существенная особая точка, теорема Сохоцкого-Вейерштрасса, бесконечно удаленная точка как особая. Вычеты, их вычисление; вычет в бесконечно удаленной точке; теорема Коши о вычетах. Применения вычетов для вычисления контурных интегралов. Применение вычетов для вычисления интегралов Римана.

### **Тема 6. Основы операционного исчисления.**

Оригинал и изображение. Преобразование Лапласа. Обратное преобразование Лапласа. Основные правила, формулы и теоремы операционного исчисления (линейность оператора Лапласа, запаздывание оригинала и изображения, дифференцирование оригинала и изображения, интегрирование оригинала и изображения, теорема о свертке). Решение дифференциальных уравнений при помощи сведения их к операторным уравнениям.

### **Тема 7. Теория меры и интеграл Лебега.**

Построение меры Лебега на прямой, плоскости, в пространстве; общее понятие аддитивной меры; лебеговское продолжение меры. Измеримые функции, их свойства. Определение интеграла Лебега; класс суммируемых функций; предельный переход под знаком интеграла. Связь интеграла Лебега с интегралом Римана. Интеграл Стильтеса.

### **Тема 8. Метрические пространства, принцип сжимающих отображений.**

Аксиоматическое задание метрических пространств. Примеры метрических пространств. Дискретная метрика. Расстояние в  $n$ -мерном пространстве, в пространствах непрерывных и ограниченных функций. Свойства метрических пространств. Изометрия. Принцип сжимающих отображений, его применение. Обобщение принципа сжимающих отображений.

### **Тема 9. Функциональные пространства и оператор**

Линейные пространства. Линейная зависимость и линейная независимость элементов линейных пространств. Базис линейного пространства. Линейное подпространство. Нормированные и банаховы пространства. Линейные операторы и линейные функционалы. Скалярное произведение; евклидово и гильбертово пространство. Понятие о топологическом пространстве.

### **Тема 10. Обобщенные производные, пространства Соболева.**

Сильная и слабая дифференцируемость, связь между ними. Обобщенные производные в пространстве Соболева. Пример функции, дифференцируемой в смысле сильной производной, но не дифференцируемой в смысле слабой производной. Свойства сильной и слабой производной. Теорема вложения. Другие обобщения производной.

### **Тема 11. Теория Фредгольма.**

Интегральные уравнения, их применение. Интегральные уравнения второго рода. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений второго рода с вырожденным ядром. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений второго рода в общем случае. Понятие о теории Фредгольма для операторного уравнения в банаховом пространстве.

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

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

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

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

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

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

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

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 4</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Контрольная работа	ОПК-1	1. Комплексные числа и комплексная плоскость 2. Функции комплексного переменного. Дифференцирование функций комплексного переменного. 3. Интегрирование функций комплексного переменного. 4. Интегрирование функций комплексного переменного. 5. Теория вычетов и её применение.
2	Устный опрос	ОПК-1	1. Комплексные числа и комплексная плоскость 2. Функции комплексного переменного. Дифференцирование функций комплексного переменного. 3. Интегрирование функций комплексного переменного. 4. Интегрирование функций комплексного переменного. 5. Теория вычетов и её применение. 6. Основы операционного исчисления.
3	Письменное домашнее задание	ОПК-1	1. Комплексные числа и комплексная плоскость 2. Функции комплексного переменного. Дифференцирование функций комплексного переменного. 3. Интегрирование функций комплексного переменного. 4. Интегрирование функций комплексного переменного. 5. Теория вычетов и её применение. 6. Основы операционного исчисления.
	<b>Экзамен</b>	ОПК-1	



Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 5</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Контрольная работа	ОПК-1	7. Теория меры и интеграл Лебега. 8. Метрические пространства, принцип сжимающих отображений. 9. Функциональные пространства и оператор
2	Устный опрос	ОПК-1	7. Теория меры и интеграл Лебега. 8. Метрические пространства, принцип сжимающих отображений. 9. Функциональные пространства и оператор 10. Обобщенные производные, пространства Соболева. 11. Теория Фредгольма.
3	Письменное домашнее задание	ОПК-1	7. Теория меры и интеграл Лебега. 8. Метрические пространства, принцип сжимающих отображений. 9. Функциональные пространства и оператор 10. Обобщенные производные, пространства Соболева. 11. Теория Фредгольма.
	<b>Зачет</b>	ОПК-1	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 4</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Проявлен хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Проявлен удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Проявлен неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Проявлен высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Проявлен хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	
<b>Семестр 5</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1



Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	2
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

### 6.3 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

#### Семестр 4

#### Текущий контроль

##### 1. Контрольная работа

Темы 1, 2, 3, 4, 5

Содержание аудиторной контрольной работы:

- 1) арифметические действия над комплексными числами;
- 2) извлечение корней из комплексных чисел;
- 3) элементарные функции комплексного переменного;
- 4) аналитичность и дифференцируемость функции комплексного переменного, условия Коши-Римана;
- 5) связь аналитических функций с гармоническими;
- 6) вычисление интегралов от функций комплексного переменного
- 7) исследование комплекснозначного ряда на сходимость;
- 8) разложение аналитической функции в ряд Лорана;
- 9) нахождение особых точек;
- 10) вычисление вычетов в особых точках.

##### 2. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6

Примерные вопросы:

Тема 1. Комплексные числа, модуль и аргумент комплексного числа, их свойства; действия над комплексными числами, комплексная плоскость; расширенная комплексная плоскость; стереографическая проекция, ее свойства; сфера Римана; множества на плоскости, области и кривые.

Тема 2. Функции комплексного переменного; предел функции; непрерывность, дифференцируемость по комплексной переменной, условия Коши-Римана, аналитические функции, их связь с гармоническими функциями.

Тема 3. Интеграл по комплексной переменной, его простейшие свойства; связь с криволинейными интегралами; сведение к интегралу по действительной переменной; интегральные теорема и формула Коши; бесконечная дифференцируемость аналитических функций, формулы Коши для производных; теорема Морера.

Тема 4. Последовательности и ряды аналитических функций; равномерная сходимость; степенные ряды, теорема Абеля, формула Коши ? Адамара; разложение аналитической функции в степенной ряд, единственность разложения; неравенство Коши для коэффициентов степенного ряда; действия со степенными рядами; нули аналитической функции, порядок нуля; принцип максимума модуля; лемма Шварца; ряд Лорана, область его сходимости; разложение аналитической функции в ряд Лорана, единственность разложения, формулы и неравенства Коши для коэффициентов; теорема Лиувилля.

Тема 5. Особые точки; изолированные особые точки, их классификация по поведению функции и ряду Лорана; полюс, порядок полюса; существенная особая точка, теорема Сохоцкого-Вейерштрасса, бесконечно удаленная точка как особая; вычеты, их вычисление; вычет в бесконечно удаленной точке; теорема Коши о вычетах; применения вычетов для вычисления контурных интегралов; применение вычетов для вычисления интегралов Римана.

Тема 6. Оригинал и изображение; преобразование Лапласа; основные правила, формулы и теоремы операционного исчисления; нахождение оригинала по изображению; решение дифференциальных уравнений методами операционного исчисления.

### 3. Письменное домашнее задание

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6

Примерные задания:

Тема 1. Комплексные числа, модуль и аргумент комплексного числа, их свойства; действия над комплексными числами, комплексная плоскость.

Тема 2. Функции комплексного переменного; предел функции; непрерывность, дифференцируемость по комплексной переменной, условия Коши-Римана, аналитические функции, их связь с гармоническими функциями.

Тема 3. Интеграл по комплексной переменной, его простейшие свойства; связь с криволинейными интегралами; сведение к интегралу по действительной переменной; интегральные теорема и формула Коши; бесконечная дифференцируемость аналитических функций, формулы Коши для производных.

Тема 4. Последовательности и ряды аналитических функций; степенные ряды, теорема Абеля, разложение аналитической функции в степенной ряд; нули аналитической функции, порядок нуля; ряд Лорана, область его сходимости; разложение аналитической функции в ряд Лорана.

Тема 5. Особые точки; изолированные особые точки, их классификация по поведению функции и ряду Лорана; полюс, порядок полюса; существенная особая точка, теорема Сохоцкого-Вейерштрасса, бесконечно удаленная точка как особая; вычеты, их вычисление; вычет в бесконечно удаленной точке; теорема Коши о вычетах; применения вычетов для вычисления контурных интегралов; применение вычетов для вычисления интегралов Римана.

Тема 6. Нахождение оригинала по изображению; решение дифференциальных уравнений методами операционного исчисления.

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Алгебраическая форма комплексного числа. Действия над комплексными числами в алгебраической форме. Комплексно сопряженные числа.
2. Перевод комплексного числа из алгебраической формы в тригонометрическую. Модуль и аргумент комплексного числа.
3. Умножение и деление комплексных чисел в тригонометрической форме.
4. Формула Муавра. Извлечение корня из комплексного числа.
5. Формула Эйлера, следствия из нее. Показательная форма комплексного числа. Умножение, деление, возведение в степень, извлечение корня в показательной форме.
6. Стереографическая проекция расширенной комплексной плоскости. Сфера Римана. Топология расширенной комплексной плоскости.
7. Функция комплексного переменного. Область определения. Множество значений. Однозначная и многозначная функции. Однолистная функция.
8. Предел комплекснозначной функции в конечной точке и на бесконечности. Определения, примеры. Отличие данных определений от соответствующих определений для функции действительного переменного.
9. Показательная и тригонометрические функции.
10. Связь между обычными и гиперболическими тригонометрическими функциями.
11. Логарифмическая функция. Главное значение. Свойства.

12. Обратные тригонометрические функции.
13. Производная функции комплексного переменного. Условия Коши-Римана.
14. Аналитическая функция. Гармонические функции. Связь аналитических функций с гармоническими.
15. Интеграл от функции комплексного переменного, его свойства.
16. Интегральные теоремы Коши для односвязной и многосвязной области, их следствия.
17. Теорема Мореры.
18. Интеграл вида  $\int_C \frac{f(z)}{z-a} dz$ .
19. Интегральные формулы Коши для односвязной и многосвязной областей.
20. Теорема о среднем.
21. Принцип максимума модуля.
22. Лемма Шварца, ее геометрический смысл.
23. Аналитичность интеграла Коши.
24. Производные высших порядков от аналитических функций.
25. Разложение аналитической функции в ряд Тейлора. Теорема Коши о представлении аналитической функции рядом Тейлора.
26. Разложение аналитической функции в ряд Лорана.
27. Нули аналитической функции.
28. Устранимая особая точка (определение, критерий).
29. Полюсы (определение, порядок полюса, критерий).
30. Существенно особая точка (определение, критерий). Теорема Сохоцкого-Вейерштрасса.
31. Теорема единственности, её применение. Аналитическое продолжение.
32. Вычеты. Вычет в устранимой особой точке, в полюсе.
33. Теорема Коши о вычетах. Вычет в бесконечно удаленной точке.
34. Вычисление контурных интегралов с помощью вычетов.
35. Вычисление интегралов Римана с помощью вычетов.
36. Определения оригинала и изображения. Интеграл и преобразование Лапласа. Обратное преобразование Лапласа.
37. Единичная функция Хевисайда.
38. Основные правила и формулы операционного исчисления (свойство линейности, дифференцирование и интегрирование оригинала и изображения).
39. Основные теоремы операционного исчисления. Нахождение оригинала по изображению.
40. Решение дифференциальных уравнений методами операционного исчисления.

## Семестр 5

### Текущий контроль

#### 1. Контрольная работа

Темы 7, 8, 9

Содержание аудиторной контрольной работы:

- 1) мера;
- 2) интеграл Лебега;
- 3) линейные (векторные) пространства, подпространства;
- 4) базис линейного пространства;
- 5) метрические пространства;
- 6) сжимающие отображения;
- 7) нормированные пространства;
- 8) евклидовы пространства;
- 9) линейные функционалы;
- 10) линейные операторы.

#### 2. Устный опрос

Темы 7, 8, 9, 10, 11

Примерные вопросы:

Тема 7. Построение меры Лебега на прямой; измеримые функции, их свойства; интеграл Лебега, предельный переход под его знаком; связь интеграла Лебега с интегралом Римана; интеграл Стильеса.

Тема 8. Метрические пространства, изометрия; принцип сжимающих отображений, его применение;

Тема 9. Линейные пространства; линейная зависимость и линейная независимость элементов линейных пространств; базис линейного пространства; линейное подпространство; нормированные и банаховы пространства; линейные операторы и линейные функционалы; скалярное произведение; евклидово и гильбертово пространство.

Тема 10. Сильная и слабая дифференцируемость, связь между ними; обобщенные производные в пространстве Соболева, теорема вложения.

Тема 11. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений второго рода с вырожденным ядром; теоремы Фредгольма для интегральных уравнений второго рода в общем случае.

### 3. Письменное домашнее задание

Темы 7, 8, 9, 10, 11

Примерные задания:

Тема 7. Построение меры Лебега; измеримые функции; интеграл Лебега; предельный переход под знаком интеграла; связь интеграла Лебега с интегралом Римана; интеграл Стильбеса.

Тема 8. Метрические пространства, изометрия; принцип сжимающих отображений, его применение.

Тема 9. Линейные пространства; линейная зависимость и линейная независимость элементов линейных пространств; базис линейного пространства; линейное подпространство; нормированные и банаховы пространства; линейные операторы и линейные функционалы; скалярное произведение; евклидово и гильбертово пространство.

Тема 10. Сильная и слабая дифференцируемость; обобщенные производные в пространстве Соболева.

Тема 11. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений второго рода с вырожденным ядром; теоремы Фредгольма для интегральных уравнений второго рода в общем случае.

### Зачет

Вопросы к зачету:

1. Мера Лебега на прямой.
2. Общее понятие меры Лебега.
3. Измеримые функции их свойства.
4. Интеграл Лебега, связь с интегралом Римана.
5. Метрические пространства.
6. Изометрия.
7. Принцип сжимающих отображений, его применение.
8. Обобщение принципа сжимающих отображений.
9. Нормированные пространства.
10. Банаховы пространства.
11. Линейные операторы.
12. Линейные функционалы.
13. Евклидово пространство.
14. Гильбертово пространство.
15. Топологическое пространство.
16. Сильная и слабая дифференцируемость, связь между ними;
17. Обобщенные производные в пространстве Соболева, теорема вложения.
18. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений второго рода с вырожденным ядром.
19. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений второго рода в общем случае.
20. Понятие о теории Фредгольма для операторного уравнения в банаховом пространстве.

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

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 4</b>			
<b>Текущий контроль</b>			

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	22
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	2	4
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	24
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
<b>Семестр 5</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	22
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	2	4
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	24
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Бородин П.А. Задачи по функциональному анализу [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.А. Бородин, А.М. Савчук, И.А. Шейпак. - Москва : МЦНМО, 2017. - 336 с. - ISBN 978-5-4439-3092-3. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92693>
2. Курс высшей математики. Теория функций комплексной переменной. Лекции и практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / под общ. ред. И.М. Петрушко. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 368 с. - ISBN 978-5-8114-1064-4. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=526](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=526)
3. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. - 7-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 572 с. - ISBN 978-5-9221-0266-7. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2206](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2206)



4. Сборник задач по высшей математике с контрольными работами. 2 курс [Текст] : учебное пособие / К. Н. Лунгу [и др.] ; под ред. С. Н. Фебина. - 7-е изд. - Москва : Айрис-пресс, 2011. - 591 с. : ил. ? (Высшее образование). - Прил.: с. 589-590. - В пер. - ISBN 978-5-8112-4074-6 (40 экз.)

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Волковский, Л.И. Сборник задач по теории функций комплексного переменного [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.И. Волковский, Г.Л. Лунц, И.Г. Араманович. - 4-е изд., перераб. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 312 с. - ISBN 5-9221-0264-8. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2763](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2763)
2. Гуревич А.П. Сборник задач по функциональному анализу [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.П. Гуревич, В.В. Корнев, А.П. Хромов. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 192 с. - ISBN 978-5-8114-1274-7. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3175>
3. Задачи по теории функций и функциональному анализу с решениями [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Т.А. Леонтьева, А.В. Домрина. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 164 с.: 70x100 1/16. - (Высшее образование: Магистратура). (обложка) ISBN 978-5-16-006429-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/377270>
4. Карасёв И.П. Теория функций комплексного переменного [Электронный ресурс]. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 216с. - ISBN: 978-5-9221-0960-4. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2190](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2190)
5. Люстерник Л.А., Соболев В.И. Краткий курс функционального анализа [Электронный ресурс]: Учебное пособие. -СПб.: Изд-во 'Лань', 2009. -272с. ISBN 978-5-8114-0976-1. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=245](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=245)
6. Малышева Н.Б. Функции комплексного переменного [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Н.Б. Малышева, Э.Р. Розендорн; под ред. Э.Р. Розендорна. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 168 с. - ISBN: 978-5-9221-0977-2. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2257](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2257)
7. Мельников Н.Б., Прикладной функциональный анализ: задачи с решениями [Электронный ресурс]: Учебное пособие. / Мельников Н. Б., Артемьева Л. А. - М. : Издательство Московского государственного университета, 2015. - 108 с. (Серия 'Бакалавриат. Учебные пособия') - ISBN 978-5-19-011104-0 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785190111040.html>
8. Посицельская Л.Н. Теория функций комплексной переменной в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Н. Посицельская. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 136 с. - ISBN 978-5-9221-0794-5. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2283>

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

Библиотека учебной и научной литературы - <http://sbiblio.com/biblio>

Единый портал интернет-тестирования - <http://www.i-exam.ru>

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

Интернет-портал ресурсов по математике - <http://www.math.ru>

Образовательный математический сайт для студентов, изучающих высшую математику - <http://www.exponenta.ru>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	На лекциях излагается теоретический материал. Причём конспект лекций, остающийся у студентов в результате их прослушивания, не может полностью заменить учебника, его цель - формулировка основных утверждений и определений. Прослушав лекцию, студент должен ознакомиться с более подробным изложением материала в учебниках из списка основной и дополнительной литературы.
практические занятия	Изучение дисциплины подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков на аудиторных практических занятиях, для более глубокого понимания разделов дисциплины, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.



Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Самостоятельная работа - это вид занятия, на котором обучающиеся с определённой долей самостоятельности выполняют различного рода задания, прилагая необходимые для этого умственные усилия и проявляя навыки самоконтроля и самокоррекции. Самостоятельная работа включает в себя: изучение теоретического материала по конспектам лекций и учебникам; выполнение письменных домашних заданий; подготовку к аудиторной контрольной работе; подготовку к теоретическим опросам на практических занятиях; подготовку к зачёту.
устный опрос	Устный опрос на практическом занятии предполагает как опрос теоретического материала по теме занятия, проводимого в его начале, так и опрос предложенных преподавателем практических и теоретических заданий для самостоятельного решения на аудиторном практическом занятии. При подготовке к устному опросу теоретического материала следует ориентироваться на вопросы, указанные в разделе 6.3 рабочей программы, на конспекты лекций, а также учебники из рекомендованного списка литературы.
письменное домашнее задание	Для выполнения домашних практических заданий обучающийся должен повторить соответствующий теоретический материал, внимательно, с выполнением всех действий на бумаге, разобрать решённые на аудиторном практическом занятии примеры и после этого приступить к решению задач, предложенных для самостоятельного решения. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определённого типа. Закрепить навыки, можно лишь самостоятельно выполнив домашние практические задания. Выполнение домашних заданий проверяется преподавателем на практическом занятии.
контрольная работа	При подготовке к аудиторной контрольной работе следует повторить соответствующий теоретический материал, а также просмотреть практические задания, которые разбирались и решались в аудитории и дома. Проводится контрольная работа по индивидуальным заданиям, предложенным преподавателем. Время выполнения контрольной работы 1 час 30 минут. Примерные задания контрольных работ приведены в разделе 6.3 рабочей программы.
экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Проводится в устно-письменной форме по билетам. Каждый билет содержит два теоретических вопроса и примеры. Дается время на подготовку к ответу. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при решении практических заданий. При подготовке к сдаче экзамена необходимо опираться, прежде всего, на конспекты лекций и рекомендованные источники информации, весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену и контролировать каждый день выполнения работы.
зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Проводится в устно-письменной форме по билетам. Каждый билет содержит два теоретических вопроса и примеры. Дается время на подготовку к ответу. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при решении практических заданий. При подготовке к сдаче зачёта необходимо опираться, прежде всего, на конспекты лекций и рекомендованные источники информации.

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

Освоение дисциплины "Комплексный и функциональный анализ" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

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.

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

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

Освоение дисциплины "Комплексный и функциональный анализ" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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

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

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

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

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