

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

ИНСТИТУТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы Ф.Х. Кудиева Ф.Х. Кудиева
« 30 » мая 2023г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
А.Х. Шапсигов А.Х. Шапсигов
« 30 » мая 2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ»

01.03.02 - Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления подготовки)

«Математическое моделирование и вычислительная математика»
(наименование профиля подготовки)

Бакалавр
Квалификация (степень) выпускника

Очная
Форма обучения

Нальчик - 2023

Рабочая программа дисциплины «Комплексный анализ» / сост. М.Р. Яхутлова
- Нальчик: КБГУ, 2023. - 40с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины базовой части профессионального цикла студентам очной и очно-заочной формы обучения по направлению подготовки 01.03.02- Прикладная математика и информатика в 5 семестре.

Рабочая программа по дисциплине «Комплексный анализ» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, (квалификация «бакалавр»), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «12» марта 2015 г. № 228.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цели и задачи освоения дисциплины	3
2.	Место дисциплины в структуре ОПОП ВО	3
3.	Требования к результатам освоения дисциплины	4
4.	Содержание и структура дисциплины	5
5.	Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	14
	5.1. Оценочные материалы для текущего контроля	15
	5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля	22
	5.3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации	29
6.	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	31
7.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	34
	7.1. Основная литература	34
	7.2. Дополнительная литература	34
	7.3. Периодические издания	35
	7.4. Интернет-ресурсы	35
	7.5. Методические указания к практическим и лабораторным работам	35
	7.6. Методические указания по проведению учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы	36
	7.7. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий	40
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины	40
	8.1. Требования к материально-техническому обеспечению	40
	8.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	41
9.	Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины	43

1. Цели и задачи освоения дисциплины «Комплексный анализ».

Комплексный анализ в рамках университетского курса является продолжением и углублением курса математического анализа.

Понятие комплексного числа возникло в результате потребностей автоматизации вычислений, так как даже простейшие операции над действительными числами выводят за область действительных чисел. Расширением области действительных чисел явились комплексные числа, замечательным свойством которых является то, что основные математические операции над комплексными числами не выводят за пределы области комплексных чисел.

Обстоятельный анализ свойств функций также немаловажен без выхода в комплексную область. Переход к рассмотрению функций комплексного переменного необходим в целом ряде вопросов и столь же естественен как переход от поля действительных чисел к алгебраически замкнутому полю комплексных чисел.

Для функций комплексного переменного построен анализ столь же полный и стройный как анализ функций действительного аргумента. В действительном анализе стройная теория развивается лишь для однозначных функций. В комплексном анализе удается выяснить природу многозначных функций и построить теорию.

Комплексный анализ дает эффективные методы вычисления интегралов, получения асимптотических оценок, способы исследования решений дифференциальных уравнений и т.д. Сейчас теория функций комплексного переменного является одним из важнейших разделов математики. Ее идеи и результаты проникли во многие другие математические дисциплины, такие как алгебраическая топология, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, функциональный анализ, теория вероятностей, вычислительная математика и другие. Методы теории функций комплексного переменного стали привычными и в ряде прикладных дисциплин: гидро – и аэромеханике, теории упругости, электротехнике, теории автоматического регулирования, теории элементарных частиц.

В связи с этим курс «Комплексный анализ» является обязательным на всех отделениях физико-математических и механико – математических факультетов вузов.

Цель курса – получение базовых знаний и формирование основных навыков по комплексному анализу, необходимых как для обучения другим учебным дисциплинам, так и для формирования будущего специалиста, а также позволяющим решать прикладные задачи из различных областей знаний.

Основные задачи дисциплины:

- изучение основных математических понятий дисциплины;
 - формирование навыков работы со специальной математической литературой;
 - формирование навыков решения типовых задач, использования математического аппарата
- для решения теоретических и прикладных задач математики;
- умение содержательно интерпретировать получаемые результаты.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Комплексный анализ» является базовой дисциплиной математического цикла федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению 01.03.02- Прикладная математика и информатика (квалификация - «бакалавр»).

Изучение дисциплины «Комплексный анализ» основывается на базе знаний, умений и компетенций, полученных студентами в ходе освоения курса «Математический анализ», а также дисциплины «Линейная алгебра».

Дисциплина «Комплексный анализ» является базовым теоретическим и практическим основанием для изучения последующих математических дисциплин и дисциплин подготовки бакалавра-математика.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

В совокупности с другими дисциплинами базовой части ФГОС ВО процесс изучения дисциплины «Комплексный анализ» направлен на формирование элементов следующих обще - профессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций бакалавра математики:

а) обще - профессиональных (ОПК):

ОПК-1 – Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины «Комплексный анализ» студенты должны

Знать:

- Основы комплексного анализа в объеме, необходимом для успешного освоения методологических и прикладных вопросов специальности. При этом проникать в суть идеи, понимать внутренние связи всех звеньев рассуждений, логику доказательств, понимать существо предмета как органического целого, как основы научного мышления и образа действия.
- Теорию интеграла Коши ее приложения.
- Ряды комплексных чисел.
- Многозначные функции и их свойства. Однозначные ветви таких функций.
- Аналитическую теорию обыкновенных линейных дифференциальных уравнений второго порядка.
- Конформные отображения элементарными функциями.
- Теорию вычетов и ее приложения к вычислению контурных интегралов.
- Знать научные проблемы, как оставшиеся от прошлого, так и возникающие в настоящее время в теории функций комплексного переменного и настроиться на их решение.
- Следует знать историю предмета, о вкладе отечественных математиков в развитие теории функций комплексного переменного.

Уметь:

- Производить математические операции над комплексными числами.
- Разлагать функции комплексного переменного в ряды Лорана и Тейлора, находить область сходимости.
- Интегрировать и дифференцировать функции комплексного переменного.
- Находить и классифицировать особые точки функций комплексного переменного.
- Строить конформные отображения конкретных областей с помощью тригонометрических, показательных, логарифмических, степенных функций и функции Жуковского.
- Применять элементарные асимптотические методы.
- Выделять однозначные ветви многозначных аналитических функций. Строить Римановы поверхности многозначных функций.
- Вычислять контурные интегралы с помощью теории вычетов.
- Применять принцип аргумента и теорему Руше для подсчета числа корней аналитической функции.
- Пользоваться при вычислении сингулярных интегралов интегральной формулой и теоремой Коши.

- Применять полученные в процессе изучения теории функций комплексного переменного знания для решения конкретных научно-практических, методических, опытно-конструкторских и других задач в соответствии с конкретной специализацией.
- Уметь творчески мыслить, иметь навыки самостоятельного пополнения знаний.
- Определять систематичность и глубину усвоения учебного материала, используя разнообразные приемы и средства контроля знаний.
- Применять рациональные приемы поиска, отбора и использования информации, осуществлять ее проверку и классифицировать ее источники.

Владеть: приемами современного математического инструментария в решении прикладных задач, что позволяет получить наиболее ценные результаты, достижение которых иными путями часто оказывается невозможным. Умение пользоваться математическим аппаратом и умение выбирать из многочисленных методов и приемов те, которые нужны для решения конкретной задачи для математика важно.

4. Содержание и структура дисциплины

**Таблица 1. Содержание дисциплины «Комплексный анализ»
перечень оценочных средств и контролируемых компетенций**

№ п/п	Наименование раздела/ темы	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4	5
V семестр				
РАЗДЕЛ I. Введение				
1	Комплексные числа. Ряды.	Введение. Определение комплексных чисел и основные операции над ними. Геометрическое изображение комплексных чисел, понятие модуля и аргумента комплексного числа.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Формула Муавра. Получение из формулы Муавра формул тригонометрии для косинусов и синусов дуг, кратных данной. Корень натуральной степени из комплексного числа. Интерпретация Римана	ОПК-2 ПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)

		комплексного числа. Применение в картографии.		
		Множество точек на расширенной комплексной плоскости. Связность множества (теорема)	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Предел последовательности точек комплексной плоскости. Фундаментальная последовательность, критерий Коши. Числовые ряды.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
РАЗДЕЛ II. Аналитические функции комплексного переменного.				
Конформные отображения.				
2	Аналитические функции комплексного переменного. Конформные отображения.	Функция комплексного переменного. Предел функции. Непрерывность функции комплексного переменного. Кривые на комплексной плоскости.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Производная, условия Коши–Римана. Аналитические функции. Гармонические функции и их связь с аналитическими.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Геометрический смысл модуля и аргумента производной. Конформные отображения. Функция $\operatorname{Arg} z$.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Целая степенная функция. Функция $\sqrt[n]{z}$, выделение однозначных ветвей.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный

				контроль (РК)
		Риманова поверхность $\sqrt[n]{z}$. Показательная функция, отображение с помощью показательной функции.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Логарифмическая функция. Дробно-линейная функция. Круговое свойство дробно-линейной функции. Групповое свойство.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Сохранение симметрии. Дробно-линейное отображение, переводящее три точки в три точки. Неподвижные точки дробно-линейного отображения.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Тригонометрические и гиперболические функции. Отображение тригонометрической функцией. Функция Жуковского. Функция обратная к функции Жуковского.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
РАЗДЕЛ III. Интегрирование функций комплексного переменного. Теория интеграла Коши.				
3	Интегрирование функций комплексного переменного. Теория интеграла Коши.	Интеграл от функции комплексного переменного. Свойства. Лемма Гурса. Интегральная теорема Коши.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Теорема Коши для многосвязной области. Интегральная формула Коши. Интеграл типа Коши. Интеграл с переменным верхним пределом. Формула Лейбница. Теорема	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)

		Морера. Принцип максимума модуля. Теорема о среднем. Лемма Шварца.		
		Интегральные формулы Шварца и Пуассона. Задача Дирихле для гармонических в круге функций. Интеграл в смысле главного значения по Коши.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Предельные значения интеграла типа Коши, формулы Сохотского–Племеля.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
РАЗДЕЛ IV. Ряды Тейлора и Лорана, элементы теории вычетов.				
4	Ряды Тейлора и Лорана, элементы теории вычетов.	Функциональные ряды, признак Вейерштрасса. Степенные ряды, теорема Абеля. Формула Коши-Адамара. Определение элементарных функций с помощью степенных рядов.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Первая теорема Вейерштрасса. Вторая теорема Вейерштрасса. Ряд Тейлора. Теорема Тейлора. Внутренняя теорема единственности аналитической функции.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Нули аналитической функции, порядок нуля. Теорема единственности для аналитических функций. Теорема Лиувилля. Ряд Лорана. Единственность разложения функции в ряд Лорана.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)

		Классификация особых точек однозначного характера. Устранимая особая точка, теорема Ю.В. Сохоцкого. Теорема Пикара. Бесконечно удаленная изолированная особая точка.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Целая функция. Порядок, тип целой функции. Мероморфные функции. Разложение на простейшие дроби мероморфных функций.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Вычет функции относительно изолированной особой точки. Основная теорема о вычетах. Вычисление вычета относительно полюса. Вычет функции относительно бесконечно удаленной точки.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Вычисление интеграла. Логарифмический вычет. Основная теорема алгебры. Принцип аргумента аналитической функции.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Теорема Руше. Теорема Гурвица. Применение вычетов к вычислению интегралов.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Функциональные ряды, признак Вейерштрасса. Степенные ряды, теорема Абеля. Формула Коши-Адамара. Определение	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)

		элементарных функций с помощью степенных рядов.		
РАЗДЕЛ V. Основные принципы конформных отображений.				
5	Основные принципы конформных отображений.	Аналитическое продолжение. Теорема монодромии. Понятие полной аналитической функции в смысле Вейерштрасса. Римановы поверхности многозначных функций. Изолированные особые точки многозначного характера.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Особые точки многозначных функций. Принцип непрерывности. Принцип симметрии Римана–Шварца. Аналитическое продолжение действительной аналитической функции действительного переменного.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Локальное обращение аналитической функцией. Критерии локальной однолистности. Принцип сохранения области. Критерии однолистности функции в области. Понятие о соответствии границ при конформном отображении. Теорема Римана (без доказательства).	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Приложение к гидродинамике.	ОПК-1	Практическая работа (ПР),

		Невихревой свободный от источников поток жидкости. Характеристическая функция потока. Обтекание круглого цилиндра потоком без циркуляции. Общий случай.		домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)
		Краткий обзор развития теории функций комплексного переменного.	ОПК-1	Практическая работа (ПР), домашнее задание (ДЗ), рубежный контроль (РК)

На изучение курса отводится 108 часов (3 з.е.), из них: контактная работа 48 ч., в том числе лекционных – 16 часов; практических (семинарских) – 32 часа; самостоятельная работа студента 51 часа; завершается зачетом.

Структура дисциплины (модуля) «Комплексный анализ»

Таблица 2.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов)
(для ОФО)

Вид работы	Трудоемкость, часов / зачетных единиц	
	6 семестр	всего
Общая трудоемкость (в зачетных единицах)	108	108
Контактная работа (в часах):	48	48
<i>Лекции (Л)</i>	<i>16</i>	<i>16</i>
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	<i>32</i>	<i>32</i>
Самостоятельная работа (в часах):	51	51
Реферат (Р)	5	5
Контрольная работа (КР)	4	4
Самостоятельное изучение разделов	42	42
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	9	9
Вид промежуточной аттестации	Зачет	Зачет

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Содержание
	Комплексные числа. Ряды.
1	Введение. Определение комплексных чисел и основные операции над ними. Геометрическое изображение комплексных чисел, понятие модуля и аргумента комплексного числа.

2	Формула Муавра. Получение из формулы Муавра формул тригонометрии для косинусов и синусов дуг, кратных данной. Корень натуральной степени из комплексного числа. Интерпретация Римана комплексного числа. Применение в картографии.
3	Множество точек на расширенной комплексной плоскости. Связность множества (теорема)
4	Предел последовательности точек комплексной плоскости. Фундаментальная последовательность, критерий Коши. Числовые ряды.
	Аналитические функции комплексного переменного. Конформные отображения.
5	Функция комплексного переменного. Предел функции. Непрерывность функции комплексного переменного. Кривые на комплексной плоскости.
6	Производная, условия Коши–Римана. Аналитические функции. Гармонические функции и их связь с аналитическими.
7	Геометрический смысл модуля и аргумента производной. Конформные отображения. Функция $\text{Arg } z$.
8	Целая степенная функция. Функция $\sqrt[n]{z}$, выделение однозначных ветвей.
9	Риманова поверхность $\sqrt[n]{z}$. Показательная функция, отображение с помощью показательной функции.
10	Логарифмическая функция. Дробно-линейная функция. Круговое свойство дробно-линейной функции. Групповое свойство.
11	Сохранение симметрии. Дробно-линейное отображение, переводящее три точки в три точки. Неподвижные точки дробно-линейного отображения.
12	Тригонометрические и гиперболические функции. Отображение тригонометрической функцией. Функция Жуковского. Функция обратная к функции Жуковского.
	Интегрирование функций комплексного переменного. Теория интеграла Коши.
13	Интеграл от функции комплексного переменного. Свойства. Лемма Гурса. Интегральная теорема Коши.
14	Теорема Коши для многосвязной области. Интегральная формула Коши. Интеграл типа Коши. Интеграл с переменным верхним пределом. Формула Лейбница. Теорема Морера. Принцип максимума модуля. Теорема о среднем. Лемма Шварца.
15	Интегральные формулы Шварца и Пуассона. Задача Дирихле для гармонических в круге функций. Интеграл в смысле главного значения по Коши.
16	Предельные значения интеграла типа Коши, формулы Сохотского–Племеля.
	Ряды Тейлора и Лорана, элементы теории вычетов.
17	Функциональные ряды, признак Вейерштрасса. Степенные ряды, теорема Абеля. Формула Коши-Адамара. Определение элементарных функций с помощью степенных рядов.
18	Первая теорема Вейерштрасса. Вторая теорема Вейерштрасса. Ряд Тейлора. Теорема

	Тейлора. Внутренняя теорема единственности аналитической функции.
19	Нули аналитической функции, порядок нуля. Теорема единственности для аналитических функций. Теорема Лиувилля. Ряд Лорана. Единственность разложения функции в ряд Лорана.
20	Классификация особых точек однозначного характера. Устранимая особая точка, теорема Ю.В. Сохоцкого. Теорема Пикара. Бесконечно удаленная изолированная особая точка.
21	Целая функция. Порядок, тип целой функции. Мероморфные функции. Разложение на простейшие дроби мероморфных функций.
22	Вычет функции относительно изолированной особой точки. Основная теорема о вычетах. Вычисление вычета относительно полюса. Вычет функции относительно бесконечно удаленной точки.
23	Вычисление интеграла. Логарифмический вычет. Основная теорема алгебры. Принцип аргумента аналитической функции.
24	Теорема Руше. Теорема Гурвица. Применение вычетов к вычислению интегралов.
Основные принципы конформных отображений.	
25	Аналитическое продолжение. Теорема монодромии. Понятие полной аналитической функции в смысле Вейерштрасса. Римановы поверхности многозначных функций. Изолированные особые точки многозначного характера.
26	Особые точки многозначных функций. Принцип непрерывности. Принцип симметрии Римана–Шварца. Аналитическое продолжение действительной аналитической функции действительного переменного.
27	Локальное обращение аналитической функцией. Критерии локальной однолиственности. Принцип сохранения области. Критерии однолиственности функции в области. Понятие о соответствии границ при конформном отображении. Теорема Римана (без доказательства).
28	Краткий обзор развития теории функций комплексного переменного.

Таблица 4. Практические занятия (семинарские занятия)

№ п/п	Содержание
1.	Комплексные числа и основные операции над ними, геометрическая интерпретация.
2.	Стереографическая проекция. Решение уравнений во множестве комплексных чисел.
3.	Элементарные трансцендентные функции.
4.	Последовательность и числовые ряды.
5.	Функции комплексного переменного.
6.	Аналитические и гармонические функции.
7.	Линейная и дробно-линейная функции.
8.	Целая степенная функция. Функция $\sqrt[n]{z}$. Выделение однозначных ветвей.
9.	Интегрирование функций комплексного переменного.

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины (модуля)

№	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
---	--

п/п	
1.	Теоремы Харнака и Лиувилля
2.	Задача Дирихле и применение конформных отображений для ее решения
3.	Интегралы Пуассона и Шварца
4.	Разложение гармонических функций в ряды. Связь с тригонометрическими рядами
5.	Гидромеханическое истолкование гармонической и аналитической функций
6.	Бесконечная дифференцируемость гармонических функций
7.	Аналитичность комплексно-сопряженного градиента
8.	Инвариантность гармоничности при голоморфной замене переменных
9.	Приложения к гидродинамике. Невихревой свободный от источников поток жидкости. Характеристическая функция потока. Обтекание круглого цилиндра потоком без циркуляции. Общий случай.

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные материалы предназначены для установления соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО). Оценочные материалы (ОМ) являются центральным звеном системы оценки качества освоения обучающимся дисциплины. Целью разработки ОМ по дисциплине является оценка знаний, умений, навыков и уровня освоения обучающимися компетенций дисциплины.

ОМ дисциплины является составной частью рабочей программы дисциплины. Это – *оценочные средства, контрольно-измерительные и методические материалы*, предназначенные для определения качества результатов обучения и уровня сформированности комплекций обучающихся в ходе освоения дисциплины.

Оценочные средства формируются на основе ключевых *принципов оценивания*:

- валидность – объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;
- надёжность – при оценивании достижений обучающихся должны использоваться единообразные стандарты и критерии;
- развивающего характера – фиксация персональных достижений обучающихся и предполагаемые мероприятия по улучшению результатов;
- своевременность – поддержание обратной связи с обучающимися при освоении учебных материалов.

Формирование оценочных средств дисциплины проходит следующие *этапы*:

- формируется система показателей, характеризующих состояние и динамику развития компетенций обучающихся и выпускников;
- определяются оценочные средства и процедуры оценивания знаний, умений, навыков, овладения компетенциями обучающихся.

Задания для оценивания умений, навыков и (или) опыта деятельности предусматривают выполнение аттестуемыми действий:

- по обработке информации, выделению ее элементов и выявлению взаимосвязи между ними и т.п.;
- по интерпретации и усвоению информации из разных источников, ее системному структурированию;
- по выявлению значения предмета учебной дисциплины для достижения конкретной цели;
- по решению учебных задач.

На проверку накопленных знаний направлены такие формы контроля, как устный опрос, коллоквиум и компьютерное тестирование. Они проводятся в целях побуждения самостоятельной мыслительной деятельности студентов.

Устный опрос учебной проводится с целью выявления и закрепления полученных знаний и умений, определения уровня подготовленности к изучению новой темы.

Коллоквиум предусматривает развёрнутое изложение по определённому вопросу, основанное на привлечении теоретического материала с целью активизации самостоятельной работы обучающегося по изучению материала. Он позволяет оценить умения студентов самостоятельно работать с учебным и научным материалом, выявить объем полученных знаний, полученных на занятиях, а также путем самостоятельной работы.

Компьютерное тестирование проводится для закрепления и проверки знаний, умений и навыков с применением технических средств.

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида знаний и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются *текущий контроль, рубежный контроль и промежуточная аттестация*.

Контрольные мероприятия по дисциплине проводятся в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе аттестации студентов КБГУ (19.01.2016г.). Оценка успеваемости студентов осуществляется в ходе текущего и рубежного контроля, а также промежуточной аттестации.

5.1. Оценочные материалы для текущего контроля

Текущий контроль знаний, умений и владений по дисциплине осуществляется в форме устного или письменного опроса на лекционных, практических и лабораторных занятиях, а также в ходе проведения самостоятельной работы студентов.

Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ» и включает: ответы на теоретические вопросы на практических и лабораторном занятиях, решение практических задач и выполнение заданий на лабораторных занятиях, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий с отчетом (защитой) в установленный срок.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности и качества выполнения задания.

5.1.1. Вопросы по темам дисциплины «Комплексный анализ»

(контролируемые компетенции ОПК-1)

Тема 1. Комплексные числа. Ряды.

1. Введение.
2. Определение комплексных чисел и основные операции над ними.
3. Геометрическое изображение комплексных чисел, понятие модуля и аргумента комплексного числа.
4. Формула Муавра. Получение из формулы Муавра формул тригонометрии для косинусов и синусов дуг, кратных данной.
5. Корень натуральной степени из комплексного числа. Интерпретация Римана комплексного числа. Применение в картографии.
6. Множество точек на расширенной комплексной плоскости. Связность множества (теорема)

7. Предел последовательности точек комплексной плоскости. Фундаментальная последовательность, критерий Коши. Числовые ряды.

Тема 2. Аналитические функции комплексного переменного. Конформные отображения.

1. Функция комплексного переменного. Предел функции. Непрерывность функции комплексного переменного. Кривые на комплексной плоскости.
2. Производная, условия Коши–Римана. Аналитические функции. Гармонические функции и их связь с аналитическими.
3. Геометрический смысл модуля и аргумента производной. Конформные отображения. Функция $\text{Arg } z$.
4. Целая степенная функция. Функция $\sqrt[n]{z}$, выделение однозначных ветвей.
5. Риманова поверхность $\sqrt[n]{z}$. Показательная функция, отображение с помощью показательной функции.
6. Логарифмическая функция. Дробно-линейная функция. Круговое свойство дробно-линейной функции. Групповое свойство.
7. Сохранение симметрии. Дробно-линейное отображение, переводящее три точки в три точки. Неподвижные точки дробно-линейного отображения.
8. Тригонометрические и гиперболические функции. Отображение тригонометрической функцией. Функция Жуковского. Функция обратная к функции Жуковского.

Тема 3. Интегрирование функций комплексного переменного. Теория интеграла Коши.

1. Интеграл от функции комплексного переменного. Свойства. Лемма Гурса. Интегральная теорема Коши.
2. Теорема Коши для многосвязной области. Интегральная формула Коши. Интеграл типа Коши. Интеграл с переменным верхним пределом. Формула Лейбница. Теорема Морера. Принцип максимума модуля. Теорема о среднем. Лемма Шварца.
3. Интегральные формулы Шварца и Пуассона. Задача Дирихле для гармонических в круге функций. Интеграл в смысле главного значения по Коши.
4. Предельные значения интеграла типа Коши, формулы Сохотского–Племеля.

Тема 4. Ряды Тейлора и Лорана, элементы теории вычетов.

1. Функциональные ряды, признак Вейерштрасса. Степенные ряды, теорема Абеля. Формула Коши-Адамара. Определение элементарных функций с помощью степенных рядов.
2. Первая теорема Вейерштрасса. Вторая теорема Вейерштрасса. Ряд Тейлора. Теорема Тейлора. Внутренняя теорема единственности аналитической функции.
3. Нули аналитической функции, порядок нуля. Теорема единственности для аналитических функций. Теорема Лиувилля. Ряд Лорана. Единственность разложения функции в ряд Лорана.
4. Классификация особых точек однозначного характера. Устранимая особая точка, теорема Ю.В. Сохоцкого. Теорема Пикара. Бесконечно удаленная изолированная особая точка.
5. Целая функция. Порядок, тип целой функции. Мероморфные функции. Разложение на простейшие дроби мероморфных функций.
6. Вычет функции относительно изолированной особой точки. Основная теорема о вычетах. Вычисление вычета относительно полюса. Вычет функции относительно бесконечно удаленной точки.
7. Вычисление интеграла. Логарифмический вычет. Основная теорема алгебры. Принцип аргумента аналитической функции.

8. Теорема Руше. Теорема Гурвица. Применение вычетов к вычислению интегралов.

Тема 5. Основные принципы конформных отображений.

1. Аналитическое продолжение. Теорема монодромии. Понятие полной аналитической функции в смысле Вейерштрасса. Римановы поверхности многозначных функций. Изолированные особые точки многозначного характера.

2. Особые точки многозначных функций. Принцип непрерывности. Принцип симметрии Римана–Шварца. Аналитическое продолжение действительной аналитической функции действительного переменного.

3. Локальное обращение аналитической функцией. Критерии локальной однолиственности. Принцип сохранения области. Критерии однолиственности функции в области. Понятие о соответствии границ при конформном отображении. Теорема Римана (без доказательства).

Критерии формирования оценивания по результатам устного опроса

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Комплексный анализ». Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения и изучаемые методы при решении практических задач.

В результате устного опроса знания обучающегося оцениваются по следующей шкале.

Таблица 6. Шкала оценивания

Количество баллов	Критерии оценивания
5	Обучающийся - полно излагает изученный материал, знает все формулы, применяемые методы и их точность; - понимает материал, может обосновать свои суждения, применить знания при решении практических задач и лабораторных заданий для самостоятельного выполнения; - излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.
4	Обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для «5» баллов, но допускает несущественные ошибки, которые сам же исправляет, и некоторые недочёты в последовательности и оформлении излагаемого материала.
3	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основного материала по данной теме, но: - излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий, знаний методов, их точности; - не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и применять методы; - излагает материал непоследовательно, допускает ошибки.
2	Обучающийся обнаруживает неполное незнание некоторой части раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке и формулах, при оценке точности методов.
1	Обучающийся обнаруживает незнание некоторой части раздела изучаемого материала, допускает существенные ошибки в формулировке и формулах, при оценке точности методов.
0	Обучающийся обнаруживает незнание большей части раздела изучаемого материала,

Баллы могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия

5.1.2. Оценочные материалы для самостоятельной работы обучающегося (типовые задачи) (контролируемые компетенции ОПК-1)

Перечень типовых задач для самостоятельной работы сформирован в соответствии с тематикой практических и лабораторных занятий по дисциплине «Комплексный анализ».

Самостоятельная работа оценивается степенью освоения вопросов для самостоятельного изучения (см. таблицу 5) и индивидуальным выполнением заданий к практическим занятиям.

Варианты заданий:

Вариант №1.

1. Найти модули и главные значения аргументов комплексных чисел $\pm 1 \pm i$.

2. Выполнить действия

$$\frac{(1+i\sqrt{3})^3}{(1+i)^2}, (\cos 30^\circ + i \sin 30^\circ)$$

$$5(\cos 37^\circ + i \sin 37^\circ) \cdot 2(\cos 23^\circ + i \sin 23^\circ).$$

3. Найти $(\sqrt{3} - i)^5, \sqrt[3]{i}$.

4. Пользуясь формулой Муавра доказать, что

$$\cos 3\varphi = \cos^3 \varphi - 3 \cos \varphi \sin^2 \varphi, \sin 3\varphi = 3 \cos^2 \varphi \sin \varphi - \sin^3 \varphi$$

5. Найти действительные решения уравнения

$$(4 + 2i)x + (5 - 3i)y = 13 + i.$$

6. Выяснить геометрический смысл соотношения

$$|z - 2| + |z + 2| = 5$$

7. Найти множество точек координатной плоскости: 1) модуль которых равен 5; 2)

$$\frac{3\pi}{4}.$$

аргумент которых равен

8. Пользуясь равенством $i^2 = -1$, определить любую целую положительную степень мнимой единицы.

Вариант №2.

1. Решить уравнение

$$2 \pm 3i; \frac{\pm 1 - i}{\sqrt{2}}.$$

2. Найти на сфере Римана образы точек

3. Решить уравнение $z^3 - 6z - 9 = 0$.

4. Исследовать сходимость рядов $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{2^n}$; $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{2-i}{3}\right)^{n^2}$.

5. Решить уравнение $z = z^{\dagger}(n-1)$ ($n \neq 2$ – натуральное число).

6. Вычислить значения функций

а) $\operatorname{Ln} i$; б) $\cos(2+i)$; в) $\operatorname{ch}(1+2i)$; г) i^i .

7. Доказать тождество $\sin(z+z_1) = \sin z \cos z_1 + \cos z \sin z_1$.

8. Найти корни уравнения $\sin z + \cos z = 2$.

Вариант №3.

1. Найти корни уравнения $\sin z = 2$, лежащие в круге $|z| < 5$.

2. Для каждой из функций $f(z) = \sin z$, $f(z) = \operatorname{ch} z$ найти множество значений z , где она принимает действительные и чисто мнимые значения.

3. Найти все значения z , для которых $|\operatorname{tg} z| = 1$.

4. Для отображения $w = z^2$ найти образы линий $x = c$, $x = y$, $|z| = R$, $\arg z = \alpha$, а также прообразы линий $u = c$, $v = c$.

5. При помощи функции $w = \frac{1}{z}$ отобразить на плоскость uov точки

6. Для отображения $w = z + \frac{1}{z}$ найти образ окружности $|z| = R$.

7. Какая часть плоскости сжимается и какая растягивается, если отображение осуществляется функцией $w = z^2 + 2z$.

8. В каких точках нарушается конформность отображения

$$w = z^3 - 6z^2 + 9z - 3.$$

Вариант №4.

1. Найти аналитическую функцию $f(z) = u + iv$, для которой $u(x, y) = x^2 - y^2 + 3x + y$, $f(0) = i$.

2. Найти a, b, c , при которых функция $f(z) = x + ay + i(bx + cy)$ будет аналитической.

3. Найти функцию, сопряженную с данной гармонической функцией

$$u(x, y) = x^2 - y^2 + x, 0 \leq z < \infty.$$

4. Проверить выполнение условий (CR) для функций $f(z) = \cos z$, $f(z) = z^n$.
5. Найти целую линейную функцию, отображающую треугольник с вершинами в точках $0; 1; i$ на подобный ему треугольник с вершинами в точках $0; 2; 1 + i$.
6. Для отображения $w = 2z + 1 - 3i$ найти неподвижную точку z_0 , угол поворота θ вокруг нее и коэффициент растяжения k .
7. Найти дробно-линейную функцию, переводящую точки $z_1 = -1, z_2 = i, z_3 = 1 + i$ соответственно в точки $w_1 = 0, w_2 = 2i, w_3 = 1 - i$.

Вариант №5.

1. Вычислить интеграл $\int_{|z|=R} \frac{dz}{z}$.
2. Вычислить интеграл $\int_L \operatorname{Im} z \, dz$ по следующим путям интегрирования:
 - а) L - отрезок действительной оси от точки $z_0 = 3$ до $z_1 = -3$;
 - б) L - полуокружность $|z| = 3, 0 \leq \arg z \leq \pi$.
3. Вычислить интеграл $\int_i^{1+i} z \, dz$.
4. Вычислить интеграл $\int_{|z+2|=1} \frac{e^z}{z} \, dz$.
5. Вычислить интеграл $\int_L \frac{dz}{z^2 + 9}$, если:
 - а) точка $-3i$ лежит внутри контура L ;
 - б) $-3i$ вне L ;
 - в) точки $\pm 3i$ лежат внутри L .
6. Найти круг и радиус сходимости ряда $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n!}$.
7. Разложить в ряд по степеням z функцию $f(z) = \frac{1}{(z-1)^2}$ в круге $|z| < 1$.
8. Найти порядок всех нулей функций $z^2(e^{z^2} - 1); \frac{(z^2 + 9)}{z^4}$.

Методические рекомендации по решению задач.

Приступая к решению задач, необходимо внимательно изучить теоретический материал по темам, разобрать приводимые в теоретическом материале каждой темы примеры. При выполнении заданий используются формулы и методы, представленные по каждой теме.

Критерии формирования оценивания по заданиям для самостоятельной работы студента (типовые задачи)

Самостоятельное выполнение заданий на практических занятиях являются одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Комплексный анализ».

В результате знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

Таблица 7. Шкала оценивания

Количество баллов	Критерии оценивания
5	Обучающийся - показал глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, свободно использует необходимые формулы при решении задач; - знает все формулы, применяемые методы и их точность; - может применять знания при решении прикладных задач для самостоятельного выполнения.
4	Обучающийся - даёт ответ, удовлетворяющий требованиям; - твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач; - сам исправляет свои несущественные ошибки и некоторые недочёты.
3	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил все его детали, допускает отдельные неточности при решении задач.
2	Обучающийся обнаруживает неполное знание и понимание основного материала по поставленным вопросам, не усвоил его деталей, допускает неточности при решении задач.
1	Обучающийся обнаруживает значительное незнание и понимание основного материала по поставленным вопросам, не усвоил его деталей, допускает существенные неточности при решении задач.
0	Обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы и при решении задач.

Баллы могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия

5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля

Рубежный контроль проводится с целью определения качества освоения учебного материала в целом. Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам курса и проводится по окончании изучения материала в заранее установленное время.

В течение семестра проводится *три рубежных контрольных мероприятия по графику*.

Рубежный контроль проводится в виде коллоквиумов (или самостоятельных, контрольных) на практических и лабораторных занятиях, а также компьютерного тестирования.

Выполняемые работы хранятся на кафедре в течение учебного года и по требованию предоставляются в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия выносятся программный материал (разделы) по дисциплине.

По каждой контрольной точке обязательным является компьютерное тестирование, которое проводится в группе вне рамок учебного расписания. Разработана и сертифицирована в установленном порядке база тестовых заданий по дисциплине. Она ежегодно обновляется и (или) дополняется на 15%.

Проведение бально-рейтинговых контрольных мероприятий для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается адаптированными контрольно-измерительными материалами и соответствующей технологией аттестации.

5.2.1. Оценочные материалы для коллоквиумов (контрольных работ) (контролируемые компетенции ОПК-1, ПК-3)

Оценочные материалы и шкала оценивания для коллоквиумов приведены в п. 5.1.1, а оценочные материалы и шкала оценивания для контрольной работы – в п. 5.1.2.

5.2.2. Оценочные материалы для компьютерного тестирования (контролируемые компетенции ОПК-1)

Полный перечень *тестовых заданий* представлен в ЭОИС – [ССЫЛКА](#)

Тест – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений студента.

Образцы тестовых заданий:

1. Числа вида $a + ib$, где a и b – действительные числа, $i = \sqrt{-1}$ называются:

- : рациональными; : иррациональными;
- + : комплексными; : действительными.

2. Модуль и главное значение аргумента комплексного числа $Z = 1 + i$ равны:

- : $|Z| = \sqrt{2}$, $\arg Z = \frac{\pi}{4}$ - : $|Z| = \sqrt{2}$, $\arg Z = \frac{3\pi}{4}$
- + : $|Z| = \sqrt{2}$, $\arg Z = \frac{\pi}{4}$ - : $|Z| = \sqrt{2}$, $\arg Z = \frac{\pi}{3}$

3. Значение выражения $i^{37} + i^{48} + i^{10}$ равно:

- : 1 : - 1
- + : i : - i

4. Значение выражения $(\cos 15^\circ + i \sin 15^\circ)^{10}$ в алгебраической форме равно:

- : $0,5(\sqrt{3} - i)$ + : $0,5(-\sqrt{3} + i)$
- : $0,5(1 + \sqrt{3}i)$: $0,5(1 - \sqrt{3}i)$
-

5. образом точки $Z = 1$ на сфере Римана при стереографической проекции будет точка ###

- + : $(1/2; 0; 1/2)$

6. образом точки $Z = 1 + i$ на сфере Римана при стереографической проекции будет точка ###

- + : $(1/3; 1/3; 2/3)$

7. образом точки $Z = 3 + 4i$ на сфере Римана при стереографической проекции будет точка ###

- + : $(3/26; 2/13; 25/26)$

8. Образом точки сферы $(-0,5; 0; 0,5)$ при стереографической проекции будет точка z на плоскости равная ###
 + : -1

9. Действительными решениями уравнения $(1+i)x + (1-i)y = 1$ будут ###
 + : $(0,5; 0,5)$

10. Действительными решениями уравнения $(1+7i)x + (1-7i)y = 1$ будут ###
 + : $(0,5; 0,5)$

11. Корни числа $\sqrt[3]{1}$ равны:

$$\begin{array}{ll} - : 1; \pm \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}i}{2} & : -1; \pm \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}i}{2} \\ + : 1; -\frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{3}i}{2} & : -1; -\frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{3}i}{2} \end{array}$$

12. Корни числа $\sqrt[3]{i}$ равны:

$$\begin{array}{ll} - : i; \pm \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{i}{2} & + : -i; \pm \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{i}{2} \\ - : i; \pm \frac{1}{2} + \frac{i\sqrt{3}}{2} & : -i; \pm \frac{1}{2} - \frac{i\sqrt{3}}{2} \end{array}$$

13. Аргумент $\arg(1+i\sqrt{3})^4$ равен:

$$\begin{array}{ll} + : \frac{4\pi}{3} & : -\frac{4\pi}{3} \\ - : \frac{2\pi}{3} & : \frac{\pi}{3} \end{array}$$

14. Аргумент $\arg[(1+i)(1-i)^2]$ равен:

$$\begin{array}{ll} - : \frac{\pi}{4} & + : -\frac{\pi}{4} \\ - : \frac{\pi}{2} & - : \frac{3\pi}{4} \end{array}$$

15. Аргумент $\arg\left[\frac{(1+i)}{(1-i)}\right]^6$ равен:

$$\begin{array}{ll} - : \frac{3\pi}{2} & - : \frac{5\pi}{2} \\ + : 3\pi & -: \frac{10\pi}{3} \end{array}$$

16. Корнями уравнения $x^2 - 6x + 10 = 0$ являются числа ###

$$\begin{array}{ll} + : 3+i; 3-i & + : 3-i; 3+i \end{array}$$

17. Корнями уравнения $x^2 - 4x + 13 = 0$ являются числа ###

$$\begin{array}{ll} + : 2+3i; 2-3i & + : 2-3i; 2+3i \end{array}$$

18. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{(5i)^n}$
 - : расходится - : сходится условно
 - : сходится не абсолютно + : абсолютно сходится
19. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n!}{(in)^n}$
 - : расходится - : сходится условно
 - : сходится не абсолютно + : абсолютно сходится
20. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{in}}{n^4}$
 - : расходится - : сходится условно
 - : сходится не абсолютно + : абсолютно сходится
21. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} e^{in}$
 + : расходится - : сходится условно
 - : сходится не абсолютно - : абсолютно сходится
22. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos in}{2^n}$
 + : расходится - : сходится условно
 - : сходится не абсолютно - : абсолютно сходится
23. Равенство $\frac{4}{\bar{z}} = z$ верно при $|z|$ равном ###
 - + : 2
24. Равенство $\overline{\left(\frac{9}{z}\right)} = z$ верно при $|z|$ равном ###
 + : 3
25. Геометрический смысл соотношения $\operatorname{Re}\left(\frac{1}{z}\right) = \frac{1}{4}$ ### на плоскости z
 + : окружность
26. Геометрический смысл соотношения $\operatorname{Im} z^2 = 2$ ### на плоскости z
 + : гипербола
27. Геометрический смысл соотношения $z^2 + \bar{z}^2 = 2$
 - : прямая линия - : окружность
 + : гипербола - : эллипс
28. Геометрический смысл соотношения $z \cdot \bar{z} + i(z - \bar{z}) - 2 = 0$
 - : прямая линия + : окружность
 - : гипербола : парабола

29. Уравнение оси ОХ в комплексной форме имеет вид

$$\begin{array}{ll} + : z - \bar{z} = 0 & : z + \bar{z} = 0 \\ - : z\bar{z} = 0 & : z^2 + \bar{z}^2 = 0 \end{array}$$

30. Уравнение прямой $y=x$ в комплексной форме имеет вид

$$\begin{array}{ll} - : z + 2z\bar{z} = 0 & : z - 2z\bar{z}^2 = 0 \\ + : z + \bar{z} + i(z - \bar{z}) = 0 & : z - \bar{z} + i(z + \bar{z}) = 0 \end{array}$$

31. Уравнение окружности $x^2 + y^2 + 2x = 0$ в комплексной форме имеет вид

$$\begin{array}{ll} + : z\bar{z} + z + \bar{z} = 0 & : z\bar{z} - z + 2\bar{z} = 0 \\ - : z\bar{z} + z - 2\bar{z} = 0 & : z^2 - \bar{z}^2 + 2z = 0 \end{array}$$

32. Область $z \cdot \bar{z} > 5$, где $z = x + iy$, является

-: не связной +: односвязной
 -: двусвязной -: трёхсвязной

33. Область $2 < |z| < 5$ является

-: односвязной +: двусвязной
 -: трёхсвязной -: не связной

34. Граница области $0,5 < |z| < 3$ состоит из числа компонент ###

+: 2

35. Граница области $|z| < 5$ состоит из числа компонент ###

+: 1

36. Соответствие уравнения и линии

$$L1: x^2 + y^2 - 2x + 2y - 2 = 0 \quad L2: 3x^2 + 6y^2 - 18 = 0 \quad L3: 5x^2 - 4y^2 - 20 = 0$$

$$L4: x^2 - 4x + y + 2 = 0 \quad L5: 4x - 3y = 8$$

R1: окружность

R2: эллипс

R3: гипербола

R4: парабола

R5: прямая линия

37. Значение выражения $Ln i$ равно:

$$\begin{array}{ll} - : 2k\pi i & : (2k-1)\pi \\ - : \pi i & + : (2k + \frac{1}{2})\pi i \end{array}$$

38. Значение выражения $Ln \left[\frac{(1+i)}{\sqrt{2}} \right]$ равно:

$$\begin{array}{ll} - : 2k\pi i & : (2k - \frac{1}{4})\pi i \\ + : (2k + \frac{1}{4})\pi i & -: (2k-1)\frac{\pi i}{2} \end{array}$$

39. Значение выражения $1^{\sqrt{2}}$ равно:

$$\begin{array}{ll} - : e^{\sqrt{2}k\pi i} & -: e^{-\sqrt{2}k\pi i} \\ + : e^{2\sqrt{2}k\pi i} & -: e^{-2k\pi i} \end{array}$$

40. Значение выражения 1^{-i} равно:

$$\begin{array}{ll} - : e^{\sqrt{2}k\pi} & + : e^{2k\pi} \\ - : e^{2k\pi i} & : e^{-2k\pi i} \end{array}$$

41. Функция $f(z)=x+ay+i(x+y)$ будет аналитической при значении a равном ###
+ : -1

42. Функция $f(z)=ax+3y-i(3x+2y)$ будет аналитической при значении a равном ###
+ : -2

43. Производная функции $f(z)=e^{4z+2i}$, где $z=x+iy$, равна

$$\begin{array}{ll} + : 4e^{4z+2i} & - : e^{4z+2i} \\ - : 4e^{4z+2i-1} & - : 4e^{4z+2i+1} \end{array}$$

44. Функция $u(x,y)=x^3+3kxy^2$ является гармонической, если k равно ###

$$+ : 1$$

45. Функция $u(x,y)=-2x^3+kxy^2$ является гармонической, если k равно ###

$$+ : -6$$

46. Примерами многозначных функций являются:

$$\begin{array}{ll} - : w=z^2, w=Arg z & + : w=\sqrt[n]{z}, w=Arg z \\ - : w=Re(z), w=z^3 & : w=\sqrt[n]{z}, w=Im z \end{array}$$

47. Конформность отображения $w=z^3-15z^2/2-42z$ нарушается в точках z равных ###
+ : -2;7

48. Конформность отображения $w=z-\sin z$ нарушается в точках z равных

$$\begin{array}{ll} - : \pi/2+\pi k & + : 2\pi k \\ - : \pi k/2 & -: \pi k/3 \end{array}$$

49. Неподвижной точкой преобразования $w=iz+4$ является точка

$$\begin{array}{ll} - : z=1+2i & : z=1-i \\ + : z=2(1+i) & : z=2(1-i) \end{array}$$

50. Целым линейным преобразованием с неподвижной точкой $1+2i$, переводящим точку i в точку $(-i)$ является

$$\begin{array}{ll} - : w=(2-i)z-3i & + : w=(2+i)z+1-3i \\ - : w=iz+1-3i & -: w=(2+i)z+1 \end{array}$$

51. Отображение $w=z^4$ углы

$$\begin{array}{ll} -: \text{увеличивает в 8 раз} & -: \text{уменьшает в 2 раза} \\ -: \text{увеличивает в 2 раза} & +: \text{увеличивает в 4 раза} \end{array}$$

52. Образом точки $(1;1)$ при отображении $w = \frac{1}{z}$ на плоскости w будет точка ###
 +: $(1/2;-1/2)$

53. Образом точки $(2;0)$ при отображении $w = \frac{1}{z}$ на плоскости w будет точка ###
 +: $(1/2;0)$

54. Интеграл $\int_{\gamma} x dz$, где γ - радиус вектор точки $z=2+i$, равен
 - : $1-i$: $2-i$
 + : $2+i$: $-2+i$

55. Интеграл $\int_{\gamma} y dz$, где γ - окружность $|z-a|=R$, равен
 + : $-\pi R^2$ -: $\pi R^2/2$
 - : $-\pi R^2/2$ -: $\pi R^2/3$

56. Интеграл $\int_{|z+2|=1} \frac{e^z}{z} dz$ равен
 - : $2\pi i$ -: π
 + : 0 -: $\frac{\pi}{2}$

57. Радиус R сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{z^n}{n!}$ равен ###
 + : бесконечности

58. Радиус R сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} n^n z^n$ равен ###
 + : 0

59. Разложением функции $f(z) = \frac{1}{z-3}$ в ряд Лорана в окрестности $z=0$ является:
 - : $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{3^k}{z^k}$ -: $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{(3k)!}$
 + : $-\frac{1}{3} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{3^k}$ -: $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k z^k}{3^k}$

60. Вычет функции $f(z) = \frac{1}{z^3 - z^5}$ в точке $z=-1$ равен
 - : 0 -: -1
 - : $0,5$ + : $-0,5$

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Промежуточная аттестация завершает изучение дисциплины и помогает оценить совокупности знаний и умений, а также формирование определенных профессиональных компетенций. Она служит основным средством обеспечения в учебном процессе «обратной связи» между преподавателем и обучающимся, необходимой для стимулирования работы обучающихся и совершенствования методики преподавания учебных дисциплин.

Оценивание знаний, умений и навыков носит комплексный, системный характер – с учетом как места дисциплины в структуре образовательной программы, так и содержательных и смысловых внутренних связей. Связи формируемых компетенций с разделами и темами дисциплины обеспечивают возможность реализации для текущего контроля наиболее подходящих оценочных средств.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Комплексный анализ» в форме проведения экзамена, которым заканчивается изучение дисциплины. Она может проводиться в устной и письменной форме. Итоговая оценка определяется суммой баллов, полученных студентом в ходе текущего и рубежного контроля, а также в ходе промежуточной аттестации.

Для успешной промежуточной аттестации студент должен:

- показать полные и глубокие знания материала;
- уметь применять полученные знания для решения практических задач и быть способным анализировать проблемы, формулировать выводы;
- владеть необходимыми навыками для применения полученных знаний и умений в своей профессиональной деятельности.

Для допуска к экзамену студент должен по итогам текущего и рубежного контроля успеваемости набрать число баллов не менее 36. На экзамене он может получить до 30 баллов.

***Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Комплексный анализ»
(контролируемые компетенции ОПК-1)***

1. Определение комплексных чисел и основные операции над ними.
2. Геометрическая интерпретация комплексных чисел. Модуль и аргумент комплексного числа.
3. Формула Муавра. Корень натуральной степени из комплексного числа.
4. Интерпретация Римана комплексных чисел.
5. Теорема о связности.
6. Предел последовательности точек комплексной плоскости.
7. Фундаментальная последовательность. Критерий Коши.
8. Числовые ряды.
9. Предел функции комплексного переменного.
10. Непрерывность функции комплексного переменного.
11. Кривые на комплексной плоскости.
12. Производная, условия Коши-Римана.
13. Аналитические функции и их связь с гармоническими.
14. Геометрический смысл модуля и аргумента производной.
15. Конформные отображения.
16. Функция $Argz$.
17. Целая степенная функция.
18. Функция $W = \sqrt[n]{z}$, выделение однозначных ветвей.
19. Риманова поверхность $\sqrt[n]{z}$.

20. Показательная функция. Отображение с помощью показательной функции.
21. Логарифмическая функция.
22. Дробно-линейная функция.
23. Круговое и групповое свойства дробно-линейной функции.
24. Сохранение симметрии при дробно-линейном отображении.
25. Дробно-линейное отображение, переводящее три точки в три точки. Неподвижные точки дробно-линейного отображения.
26. Отображение с помощью тригонометрической функции.
27. Функция Жуковского.
28. Интеграл от функции комплексного переменного, свойства.
29. Лемма Гурса.
30. Интегральная теорема Коши.
31. Теорема Коши для многосвязной области.
32. Интегральная формула Коши, интеграл типа Коши.
33. Интеграл с переменным верхним пределом, формула Лейбница.
34. Теорема Морера.
35. Принцип максимума модуля.
36. Лемма Шварца.
37. Интегральные формулы Шварца и Пуассона.
38. Задача Дирихле для гармонических в круге функций.
39. Интеграл в смысле главного значения по Коши.
40. Предельные значения интеграла типа Коши, формулы Сохоцкого - Племяля.
41. Функциональные ряды, признак Вейерштрасса.
42. Степенные ряды, теорема Абеля.
43. Формула Коши – Адамара.
44. Определение элементарных функций с помощью степенных рядов.
45. Первая теорема Вейерштрасса.
46. Ряд Тейлора, теорема Тейлора.
47. Внутренняя теорема единственности аналитической функции.
48. Нули аналитической функции, порядок нуля.
49. Неравенства Коши, теорема Лиувилля.
50. Ряд Лорана, теорема Лорана.
51. Единственность разложения функции в ряд Лорана.
52. Классификация особых точек однозначного характера.
53. Устранимая особая точка, полюс (теорема).
54. Теорема Сохоцкого.
55. Теорема Пикара.
56. Целая функция, порядок и тип целой функции.
57. Мероморфные функции, разложение на простейшие дроби.
58. Теорема Миттаг - Леффлера.
59. Вычет функции относительно изолированной особой точки.
60. Основная теорема о вычетах.
61. Вычисление вычета относительно полюса.
62. Вычет функции относительно бесконечно удаленной точки.
63. Логарифмический вычет.
64. Основная теорема алгебры.
65. Принцип аргумента аналитической функции.
66. Теорема Руше.
67. Теорема Гурвица.
68. Применение вычетов к вычислению интегралов.
69. Аналитическое продолжение.
70. Теорема монодромии.

71. Понятие полной аналитической функции в смысле Вейерштрасса.
72. Изолированные особые точки многозначного характера.
73. Принцип непрерывности.
74. Принцип симметрии Римана-Шварца.
75. Аналитическое продолжение действительной аналитической функции действительного переменного.
76. Локальное обращение аналитической функцией.
77. Критерий локальной однолиственности.
78. Принцип сохранения области.
79. Понятие о соответствии границ при конформном отображении. Теорема Римана (без доказательства).
80. Приложение ТФКП к гидродинамике.

В билеты включаются два теоретических вопроса из различных разделов программы и одна задача.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Критерием оценки уровня сформированности компетенций в рамках учебной дисциплины «Комплексный анализ» в 6 семестре является зачет.

Общий балл текущего и рубежного контроля складывается из составляющих, приводимых в таблице 9.

Таблица 9. Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№ п/п	Вид контроля	Сумма баллов			
		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3-я точка
1	<i>Посещение занятий</i>	<i>до 10 баллов</i>	<i>до 3 б.</i>	<i>до 3 б.</i>	<i>до 4 б.</i>
2	<i>Текущий контроль:</i>	<i>до 30 баллов</i>	<i>до 10 б.</i>	<i>до 10 б.</i>	<i>до 10 б.</i>
	<i>Ответ на 5 вопросов</i>	<i>от 0 до 15 б.</i>	<i>от 0 до 5 б.</i>	<i>от 0 до 5 б.</i>	<i>от 0 до 5 б.</i>
	Полный правильный ответ	до 15 баллов	5 б.	5 б.	5 б.
	Неполный правильный ответ	от 6 до 12 б.	от 2 до 4 б.	от 2 до 4 б.	от 2 до 4 б.
	Ответ, содержащий значительные неточности, ошибки	от 0 до 3 б.	от 0 до 1 б.	от 0 до 1 б.	от 0 до 1 б.
3	<i>Выполнение самостоятельных заданий (решение задач, написание рефератов, доклад)</i>	<i>от 0 до 15 б.</i>	<i>от 0 до 5 б.</i>	<i>от 0 до 5 б.</i>	<i>от 0 до 5 б.</i>
	<i>Рубежный контроль</i>	<i>до 30 баллов</i>	<i>до 10 б.</i>	<i>до 10 б.</i>	<i>до 10 б.</i>
	тестирование	от 0 до 15 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.
	коллоквиум	от 0 до 15 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.
Итого сумма текущего и рубежного контроля		до 70 баллов	до 23 б.	до 23 б.	до 24 б.

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися. По дисциплине «Комплексный анализ» учебным планом предусмотрены форма промежуточной аттестации – зачет в V семестре. Проводится комплексная проверка обучающихся на определение степени овладения знаниями, умениями и навыками, полученными на занятиях, а также путём самостоятельной работы.

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенций ОПК-1 представлены в таблице 10

Таблица 10. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции (для планирования результатов обучения по элементам образовательной программы и соответствующих оценочных средств)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала, обеспечивающий формирование компетенций
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Способен применять базовые знания, полученные в области математических и (или) естественных наук	ОПК-1.1. 3-1. Знает основные понятия, факты, концепции, принципы теорий математических и (или) естественных; базовый математический аппарат, связанный с прикладной математикой и информатикой ОПК-1.1. У-1. Умеет применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности к решению конкретных задач ОПК-1.1. В-1. Владеет навыками решения задач в профессиональной деятельности на основе фундаментальных знаний, полученных в области математических и (или) естественных	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1 №№ 5-19, 30-41 и др.); типичные оценочные материалы к экзамену (раздел 5.3., №№1-19, 25-28 и др.); Оценочные материалы для контрольной работы (раздел 5.2.1, задания к варианту 3-4); типичные тестовые задания (раздел 5.2.2, №№1-8, 9-15 и др.); типичные оценочные материалы к экзамену (раздел 5.3., №№20-32, 51-60 и др.)

	<p>ОПК-1.2. Способен использовать при решении профессиональных задач знания, полученные в области математических и (или) естественных наук</p>	<p>ОПК-1.2. 3-1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук</p> <p>ОПК-1.2. У-1. Умеет использовать базовые знания, полученные в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.2. В-1. Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе полученных теоретических знаний наук</p>	
--	---	---	--

Таким образом, выполнение типовых заданий, представленных в разделе 5 «Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации» позволит обеспечить формирование профессиональных компетенций ОПК-1.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Бернштейн Т.В. Теория функций комплексной переменной: учебное пособие/ Бернштейн Т.В., Прокудин Д.А.- Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017.- 64 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78153.html>.- ЭБС «IPRbooks»

2. Гусак А.А. Теория функций комплексной переменной и операционное исчисление/ Гусак А.А., Бричикова Е.А., Гусак Г.М.- Минск: ТетраСистемс, 2002.- 208 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28246.html>.- ЭБС «IPRbooks»

3. Зарипов Р.Н. Специальные разделы математики. Теория функций комплексной переменной. Основы операционного исчисления: учебное пособие/ Зарипов Р.Н., Чугунова Г.П.— Электрон. текстовые данные. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2008.- 115 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63467.html>.- ЭБС «IPRbooks»

4. Пантелеев А.В., Якимова А.С. Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление в примерах и задачах: Учебное пособие. – М.: Выс.шк., 2001 – 445с.

7.2. Дополнительная литература

1. Бицадзе А.В. Основы теории аналитических функций комплексного переменного. - М.: «Наука», 1972.
2. Волковысский А.И., Лунц Г.Л., Араманович А.И. Сборник задач по теории функций комплексного переменного. Изд-во физ.мат. лит. - М.: «Наука», 2006 г.
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. - М.: «Наука», 1987.
4. Маркушевич А.И. Теория аналитических функций (Т.1,2). - М.: «Наука», 1977.
5. Привалов И.И. Введение в теорию функции комплексного переменного. - М.: «Наука», 1984.
6. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексного переменного. Изд-во Физ. Мат. лит., 2010 г.
7. Сидоров Ю.В., Федорюк М.В., Шабунин М.И. Лекции по теории функций комплексного переменного. - М.: «Наука», 2005 г.
8. Совершенный В.Д. Основы теории функций комплексного переменного.- М.: Изд-во МАИ, 1996.
9. Шабунин М.И. Теория функций комплексного переменного. - М.: «Наука», 2010 г.
10. Шабунин М.И. Сборник задач по теории функций комплексного переменного. - М.: «Наука», 2010 г.
11. Елеев В.А., Кумыкова С.К. Теория функций комплексного переменного. Лабораторный практикум. Нальчик, 2008.

7.3. Периодические издания

1. Дифференциальные уравнения
2. Доклады Академии наук
3. Сибирский математический журнал
4. Успехи математических наук
5. Математические заметки

7.4. Интернет-ресурсы

1. <http://lib.kbsu.ru>
2. <http://www.elibrary.ru>
3. <http://www.lib.vsu.ru>
4. www.knigafund.ru

При проведении занятий лекционного типа практических (семинарских) занятий используются сведения об электронных информационных ресурсах, к которым обеспечен доступ для пользователей библиотеки КБГУ.

Перечень актуальных электронных информационных баз данных, к которым обеспечен доступ пользователям КБГУ (2023-2024 уч. год)

№ п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Наименование организации-владельца; реквизиты договора	Условия доступа
1.	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ» Лицензионное соглашение №14830 от 01.08.2014г.	Полный доступ

		3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на безвозмездной основе		Бессрочное	
2.	ЭБС «Консультант студента»	13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.	http://www.studmedlib.ru http://www.medcollegelib.ru	ООО «Консультант студента» (г. Москва) Договор №750КС/07-2022 От 26.09.2022 г. Активен до 30.09.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
3.	«Электронная библиотека технического вуза» (ЭБС «Консультант студента»)	Коллекция «Медицина (ВО) ГЭОТАР-Медиа. Books in English (книги на английском языке)»	http://www.studmedlib.ru	ООО «Политехресурс» (г. Москва) Договор №849КС/03-2023 от 11.04.2023 г. Активен до 19.04.2024г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
4.	ЭБС «Лань»	Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://e.lanbook.com/	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) Договор №41ЕП/223 от 14.02.2023 г. Активен до 15.02.2024г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

5.	ЭБС «Лань»	Коллекция электронных изданий «ФПУ. 10-11 кл. Изд-во «Просвещение». Общеобразовательные предметы.	https://e.lanbook.com/	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) Договор №246ЕП/223 от 31.07.2023 г. Активен до 01.09.2024г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
6.	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	https://rusneb.ru/	ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор №101/НЭБ/1666-п от 10.09.2020г. Бессрочный	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ
7.	ЭБС «IPSMART»	107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085 аудиоизданий.	http://iprbookshop.ru/	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Москва) Договор №75/ЕП-223 от 23.03.2023 г. Активен до 02.04.2024г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
8.	ЭБС «IPSMART» (ЭОР РКИ)	Тематическая коллекция «Русский язык как иностранный» Издательские коллекции: «Златоуст»; «Русский язык. Курсы»; «Русский язык» (Курсы УМК «Русский язык сегодня» - 6 книг)	http://iprbookshop.ru/ http://www.ros-edu.ru/	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Москва) Договор №142/ЕП-223 от 18.05.2023 г. срок предоставления лицензии: с 01.06.2023 по 01.06.2024	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

9.	ЭБС «Юрайт» для СПО	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://urait.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №305/ЕП-223 От 27.10.2022 г. Активен до 31.10.2023 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
10.	ЭБС «Юрайт» для ВО	Электронные версии 8000 наименований учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для ВО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://urait.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №44/ЕП-223 От 16.02.2023 г. Активен с 01.03.2023 г. по 29.02.2024 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
11.	Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье	Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям	http://polpred.com	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ
12.	Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина	Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву	http://www.prilib.ru	ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург) Соглашение от 15.11.2016г. Бессрочный	Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №115, 214)

7.5. Методические указания к практическим занятиям

Целью практических занятий является обеспечение связи теории и практики. Практические занятия содействуют выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекциях и в ходе самостоятельной работы. В ходе практических занятий студенты приобретают профессиональные умения и навыки для решения практических задач и развития у них математического мышления и интеллектуальных способностей.

Практические занятия позволяют углубить и закрепить теоретические знания в интересах профессиональной подготовки. Они позволяют продемонстрировать знания,

умение читать и понимать учебные и научные материалы, а также применять их при решении задач.

Базовыми видами учебной работы студентов являются аудиторная и самостоятельная. Аудиторной работе обязательно должна предшествовать самостоятельная работа.

Материал, выносимый на промежуточные контрольные мероприятия, базируется на теоретической части курса, поэтому вопросы, излагаемые на лекциях, а также выносимые на самостоятельную проработку, должны регулярно закрепляться как во время аудиторных занятий, так и в часы самостоятельной работы.

Подготовку к практическим занятиям рекомендуется начинать заблаговременно и проводить в следующей последовательности: уяснение темы и основных вопросов, выносимых на занятие; определение порядка подготовки к занятию; изучение теоретического материала по теме работы и методических указаний по решению задач.

Для подготовки к практическим занятиям следует использовать рекомендованную литературу и источники. При изучении литературы необходимо проработать информацию, глубоко осмыслив прочитанное. В ходе подготовки к занятию студенты могут выполнить:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе) и подготовку докладов;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации;
- решение задач, упражнений;
- работу с тестами и вопросами для самопроверки; и т.д.

При подготовке к ответу студент должен обратить внимание на следующие требования: свободное изложение материала; аргументированность всех содержащихся в ответе выводов и заключений; культуру речи. Выступающий должен уметь отстаивать свои результаты. Студенты должны быть готовы к выступлению добровольно или по вызову преподавателя по всем вопросам, рассматриваемым на занятии.

В ходе практического занятия студентам рекомендуется внимательно слушать выступления товарищей, делать при необходимости записи, а также замечать допущенные в решениях студентов неточности, ошибки и исправлять их. В конце занятия преподаватель подводит итоги изучения темы, объявляет оценки, полученные студентами, дает в случае необходимости рекомендации по дополнительной работе над отдельными вопросами темы.

7.6. Методические указания по проведению учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы

Учебная работа по дисциплине «Комплексный анализ» состоит из контактной работы (лекции, практические занятия) и самостоятельной работы. Доля контактной учебной работы в общем объеме времени, отведенном для изучения дисциплины, составляет 31,5% (в том числе лекционных занятий – 15,7%, практических занятий – 15,7%), доля самостоятельной работы – 68,5%. Соотношение лекционных и практических занятий к общему количеству часов соответствует учебному плану направления 01.03.03 – «Прикладная математика и информатика», профили подготовки: *«Математическое и компьютерное моделирование»* и *«Математическое моделирование и вычислительная математика»*

К практическим занятиям необходимо рассмотреть контрольные вопросы, при необходимости обратиться к рекомендуемой литературе, записать непонятные моменты в вопросах для уяснения их на предстоящем занятии.

Методические рекомендации для обучающихся по изучению дисциплины «Комплексный анализ».

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной учебной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий, занести в свою рабочую тетрадь темы и сроки проведения учебных работ. При изучении дисциплины обучающиеся выполняют следующие задания: изучают рекомендованную учебную и научную литературу; пишут контрольные работы; готовятся к практическим занятиям; выполняют самостоятельные работы; участвуют в выполнении практических заданий. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий

Курс изучается на лекциях и практических занятиях, при самостоятельной и индивидуальной работе обучающихся. Обучающийся для полного освоения материала должен не пропускать занятия и активно участвовать в учебном процессе. В случае нерегулярного посещения занятий у обучающихся есть доступ к электронному варианту лекции, заданий к практическим занятиям. Лекции включают все темы и основные вопросы. Для максимальной эффективности изучения необходимо постоянно вести конспект лекций, знать рекомендуемую преподавателем литературу, позволяющую дополнить знания и лучше подготовиться к практическим занятиям.

В соответствии с учебным планом на каждую тему выделено необходимое количество часов практических занятий, которые проводятся в соответствии с вопросами, рекомендованными к изучению по определенным темам. Обучающиеся должны регулярно готовиться к занятиям и участвовать в обсуждении вопросов. При подготовке к занятиям следует руководствоваться конспектом лекций и рекомендованной литературой. Тематический план дисциплины, учебно-методические материалы, а также список рекомендованной литературы приведены в рабочей программе

В ходе изучения дисциплины обучающийся имеет возможность подготовить реферат по выбранной из предложенного в Рабочей программе списка теме. Выступление с докладом по реферату в группе проводится в форме презентации с использованием мультимедийной техники.

Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции

В процессе лекционных занятий целесообразно конспектировать учебный материал. Для этого используются общие и утвердившиеся в практике правила, и приемы конспектирования лекций.

Конспектирование лекций ведется в специально отведенной для этого тетради, каждый лист которой должен иметь поля, на которых делаются пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Целесообразно записывать тему и план лекций, рекомендуемую литературу к теме. Записи разделов лекции должны иметь заголовки, подзаголовки, красные строки. Для выделения разделов, выводов, определений, основных идей можно использовать цветные карандаши и фломастеры.

Названные в лекции ссылки на первоисточники надо пометить на полях, чтобы при самостоятельной работе найти и вписать их. Каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий.

Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия – составная часть учебного процесса, проходящие при активном участии студентов. Они способствуют углубленному изучению наиболее сложных проблем науки и служат основной формой подведения итогов самостоятельной работы обучающихся. Целью практических занятий является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекциях и в процессе

самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков.

В ходе подготовки к этим занятиям необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, выполнить выданные преподавателем практические задания. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы.

Желательно при подготовке к практическим занятиям по дисциплине одновременно использовать несколько источников, раскрывающих заданные вопросы.

На практических занятиях обучающиеся учатся грамотно излагать проблемы, свободно высказывать свои мысли и суждения, рассматривают ситуации, способствующие развитию профессиональной компетентности.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для *самостоятельной работы* имеются помещения, оснащённые компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную библиотеку.

Самостоятельная работа обучающихся – способ активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия в этом процессе преподавателей. Повышение роли самостоятельной работы обучающихся при проведении различных видов учебных занятий предполагает:

- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс новых технологий обучения, повышающих производительность труда преподавателя, активное использование информационных технологий, позволяющих обучающемуся в удобное для него время осваивать учебный материал;
- широкое внедрение компьютеризированного тестирования;
- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы обучающихся, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят обучающихся к самостоятельному выполнению профессиональных задач;
- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования, которая должна повышать роль студента в подборе материала, поиске путей решения задач.

Самостоятельная работа приводит студента к получению новых знаний, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений. Самостоятельная работа выполняет ряд функций: развивающую; информационно-обучающую; ориентирующую и стимулирующую; воспитывающую; исследовательскую.

В рамках курса выполняются следующие виды самостоятельной работы:

- 1) проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
- 2) выполнение разноуровневых задач и заданий;
- 3) работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- 4) выполнение итоговой контрольной работы.

Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории.

Необходимо отметить, что некоторые задания для самостоятельной работы по курсу имеют определенную специфику. При освоении курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Значительную помощь в подготовке к очередному занятию может оказать имеющийся в учебно-методическом комплексе краткий конспект лекций и практикум. Он же может использоваться и для закрепления полученного в аудитории материала.

Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом и выполняется в обязательном порядке. Задания предложены по каждой изучаемой теме и могут

готовиться индивидуально или в группе. По необходимости студент может обращаться за консультацией к преподавателю. Выполнение заданий контролируется и оценивается преподавателем.

Для успешного самостоятельного изучения материала сегодня используются различные средства обучения, среди которых особое место занимают информационные технологии разного уровня и направленности: электронные учебники и курсы лекций, базы тестовых заданий и задач. Электронный учебник представляет собой программное средство, позволяющее представить для изучения теоретический материал, организовать апробирование, тренаж и самостоятельную творческую работу, помогающее студентам и преподавателю оценить уровень знаний в определенной тематике, а также содержащее необходимую справочную информацию. Электронный учебник может интегрировать в себе возможности различных педагогических программных средств: обучающих программ, справочников, учебных баз данных, тренажеров, контролирующих программ.

Для успешной организации самостоятельной работы все активнее применяются разнообразные образовательные ресурсы в сети Интернет: системы тестирования по различным областям, виртуальные лекции, лаборатории, при этом пользователю достаточно иметь компьютер и подключение к Интернету для того, чтобы связаться с преподавателем, решать вычислительные задачи и получать знания. Использование сетей усиливает роль самостоятельной работы студента и позволяет кардинальным образом изменить методику преподавания.

Студент может получать все задания и методические указания через сервер, что дает ему возможность привести в соответствие личные возможности с необходимыми для выполнения работ трудозатратами. Студент имеет возможность выполнять работу дома или в аудитории. Большое воспитательное и образовательное значение в самостоятельном учебном труде студента имеет самоконтроль. Самоконтроль возбуждает и поддерживает внимание и интерес, повышает активность памяти и мышления, позволяет студенту своевременно обнаружить и устранить допущенные ошибки и недостатки, объективно определить уровень своих знаний, практических умений. Самое доступное и простое средство самоконтроля с применением информационно-коммуникационных технологий – это ряд тестов «on-line», которые позволяют в режиме реального времени определить свой уровень владения предметным материалом, выявить свои ошибки и получить рекомендации по самосовершенствованию.

Методические рекомендации по работе с литературой

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой.

При работе с литературой необходимо учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала.

Предварительное чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе. В частности, при чтении указанной литературы необходимо подробнейшим образом анализировать понятия.

Сквозное чтение предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность студенту сформировать свод основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими.

Выборочное – наоборот, имеет целью поиск и отбор материала. В рамках данного курса выборочное чтение, как способ освоения содержания курса, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим разделам.

Аналитическое чтение – это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Освоение указанных понятий будет наиболее эффективным в том случае, если при чтении текстов студент будет задавать к этим текстам вопросы. Часть из этих вопросов сформулирована в ФОС в перечне вопросов для собеседования. Перечень этих вопросов ограничен, поэтому важно не только содержание вопросов, но сам принцип освоения литературы с помощью вопросов к текстам.

Целью *изучающего* чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Есть несколько приемов изучающего чтения:

- чтение по алгоритму предполагает разбиение информации на блоки: название, автор, источник, основная идея текста, фактический материал, анализ текста путем сопоставления имеющихся точек зрения по рассматриваемым вопросам, новизна;

- прием постановки вопросов к тексту имеет следующий алгоритм: медленно прочитать текст, стараясь понять смысл изложенного; выделить ключевые слова в тексте; постараться понять основные идеи, подтекст и общий замысел автора.

- прием тезирования заключается в формулировании тезисов в виде положений, утверждений, выводов.

Можно добавить и иные приемы: прием реферирования, прием комментирования.

Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других. При этом важно не терять из вида общий контекст и не погружаться чрезмерно в детали, потому что таким образом можно не увидеть главного.

Методические рекомендации для подготовки к зачету:

Зачет в 6-м семестре является формой итогового контроля знаний и умений обучающихся по данной дисциплине, полученных на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой. К зачету допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего и промежуточного контроля. На зачете студент может набрать от 15 до 25 баллов. В период подготовки к зачету обучающиеся вновь обращаются к учебно-методическому материалу и закрепляют промежуточные знания.

Подготовка обучающегося к зачету включает три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету по темам курса;
- подготовка к ответу на вопросы, выносимые на зачет.

При подготовке к зачету обучающимся целесообразно использовать материалы лекций, учебно-методические комплексы, нормативные документы, основную и дополнительную литературу.

На зачет выносится материал в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Зачет проводится в письменной / устной форме.

При проведении зачета в письменной (устной) форме, ведущий преподаватель составляет билеты, которые включают в себя: тестовые задания; теоретические задания; задачи или ситуации. Формулировка теоретических задания совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенных до сведения обучающихся накануне сессии. Содержание вопросов одного билета относится к различным разделам программы с тем, чтобы более полно охватить материал учебной дисциплины.

В аудитории, где проводится устный зачет, должно одновременно находиться не более шести студентов на одного преподавателя, принимающего зачет. На подготовку ответа на билет на зачете отводится 40 минут.

При проведении письменного зачета на работу отводится 60 минут.

Результат устного (письменного) зачета выражается оценками:

Оценка «зачтено» – от 61 и выше баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На зачете студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «незачтено» – от 36 до 60 баллов – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На зачете студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

7.7. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

Электронная библиотека и электронная информационно-образовательная среда обеспечивает возможность доступа обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. Требования к материально-техническому обеспечению

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

№ п/п	Наименование программы, право использования которой предоставляется	Страна происхождения	Срок действия программного обеспечения	Кол-во
1.	<i>Операционная система РЕД ОС. Конфигурация: «Рабочая станция»</i>	Российская Федерация	12 месяцев	1000
2.	Система оптического распознавания текста <i>SETERE OCR</i> для РЕД ОС	Российская Федерация	12 месяцев	30
3.	Лицензия на программное обеспечение средств антивирусной защиты <i>Kaspersky Endpoint Security</i> для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Российская Федерация	12 месяцев	700
4.	Право использования программного обеспечения для планирования и проведения онлайн-мероприятий (трансляций, телемостов/ аудио-	Российская Федерация	12 месяцев	1

	видеоконференций, вебинаров) <i>Webinar Enterprise TOTAL 150</i> <i>участников</i>			
5.	Лицензия на программное обеспечение для векторного графического редактора для создания и редактирования графических схем, чертежей и блок-схем <i>Асмо-графический редактор</i>	Российская Федерация	бессрочные	32
6.	Предоставление неисключительных прав на использование программного обеспечения Системы <i>Spider Project Professional</i>	Российская Федерация	бессрочные	16

8.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;

2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ невизуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитает и оформит задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия, обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Приложение 1

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (ДОПОЛНЕНИЙ)

в рабочую программу по дисциплине «Комплексный анализ» по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика; профили: «Математическое и компьютерное моделирование» и «Математическое моделирование и вычислительная математика» на 20__/20__ учебный год

№п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры прикладной математики и информатики

протокол № ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Зав.кафедрой ПМ и И