

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
инклюзивного высшего образования

«Московский государственный гуманитарно-экономический университет»

Факультет Прикладной математики и информатики

Кафедра Информационных технологий и прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Проректора по учебно-
методической работе
Хакимов Р.М.



« ____ » _____ 2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ**

образовательная программа направления подготовки
01.03.02 "Прикладная математика и информатика"
Б1.О.28 «Дисциплины (модули)», Обязательная часть

Профиль подготовки

Вычислительная математика и информационные технологии

Квалификация (степень) выпускника:
Бакалавр

Форма обучения: очная

Курс 2 семестр 4

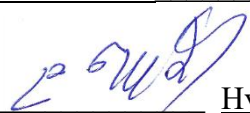
Москва
2021

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата)», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 9 от 10 января 2018 г. Зарегистрировано в Минюсте России 06 февраля 2018 г. №49937.

Составители рабочей программы: МГГЭУ, доцент кафедры Информационных технологий и прикладной математики

 место работы, занимаемая должность
Ахмедов Р.Э. «30» августа 2021 г.
Ф.И.О. Дата

Рецензент: МГГЭУ, доцент кафедры информационных технологий и прикладной математики

 место работы, занимаемая должность
Нуцубидзе Д.В. «30» августа 2021 г.
подпись Ф.И.О. Дата

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры Информационных технологий и прикладной математики (протокол № 2 от «30» августа 2021 г.)

Зав. кафедрой ИТиПМ -  Митрофанов Е.П. «30» августа 2021 г.
подпись Ф.И.О. Дата

СОГЛАСОВАНО

Начальник
учебного отдела
«30» августа 2021 г.
Дата


подпись

И.Г.Дмитриева
Ф.И.О.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета ПМ и И
«30» августа 2021 г.
Дата


подпись

Е.В. Петрунина
Ф.И.О.

СОГЛАСОВАНО

Заведующая библиотекой
«30» августа 2021 г.
Дата


подпись

В.А. Ахтырская
Ф.И.О.

1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Цель и задачи изучения учебной дисциплины (модуля)

Цель:

- ознакомление студентов с методами теории функций комплексного переменного, которые имеют эффективное применение при решении большого круга задач механики и физики;
- овладение необходимым математическим аппаратом комплексного анализа.
- изучение дисциплины направлено на создание отношения к комплексному анализу как к инструменту исследования и решения прикладных задач.

Задачи:

Развитие у студентов логического мышления, математической интуиции, точности и обстоятельности аргументации, т.е. воспитания математической культуры, которая способствовала бы включению будущих специалистов в процесс активного познания, в частности, обеспечивала бы им возможность самостоятельного овладения новым математическим аппаратом и применением его в различных предметных областях.

1.2. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение данной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций

Код и содержание компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знает основы теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования. ОПК-3.2. Умеет применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений в области профессиональной деятельности. ОПК-3.3. Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий.
ПК-2. Способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	ПК-2.1. Знает основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов, функционального анализа. ПК-2.2. Умеет применять основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов. ПК-2.3. Владеет методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Учебная дисциплина «Комплексный анализ» относится к обязательной части блока Б.1. Изучение учебной дисциплины «Комплексный анализ» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных обучающимися при изучении предшествующих курсов: алгебры и геометрии и математического анализа.

Изучение учебной дисциплины «Комплексный анализ» необходимо для освоения таких дисциплин, как: Методы оптимизации, дифференциальные уравнения, математическое моделирование.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Объем дисциплины и виды учебной работы в соответствии с формами обучения

Объем дисциплины «Комплексный анализ» составляет 2 зачетных единиц/ 72 часов:

Вид учебной работы	Всего, часов	Курс, часов
	Очная форма	2 курс 4 сем.
Аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего в том числе:	34	34
Лекции	12	12
Практические занятия	20	20
Лабораторные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся	38	38
Промежуточная аттестация (подготовка и сдача), всего:		
Контрольная работа		
Курсовая работа		
Зачет	2	2
Экзамен		
Итого: Общая трудоемкость учебной дисциплины (в часах, зачетных единицах)	72/2	

2.2. Содержание дисциплины по темам (разделам)

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (тематика занятий)	Формируемые компетенции (индекс)
Раздел 1. Комплексные числа.			
1.	Тема 1.1 Свойства комплексных чисел.	Основные понятия и определения. Комплексное число. Мнимая единица. Арифметические операции с комплексными числами. Сопряженные комплексные числа. Алгебраическая и тригонометрическая формы числа. Извлечение корня степени n из данного числа. Геометрическая интерпретация. Комплексная плоскость.	ОПК-3 ПК-2
2.	Тема 1.2. Уравнения с комплексными членами.	Алгебраические уравнения с комплексными коэффициентами. Разложение многочлена на линейные множители. Уравнение прямой и окружности в комплексной форме.	ОПК-3 ПК-2
Раздел 2. Функции комплексного переменного.			
3.	Тема 2.1. Множества точек в комплексной плоскости.	Области в комплексной плоскости. Окрестность точки. Открытые, замкнутые, ограниченные множества, их свойства. Граница области. Расширенная комплексная плоскость. Геометрическое место точек, удовлетворяющих данному условию.	ОПК-3 ПК-2
4	Тема 2.2. Последовательности и ряды.	Числовые последовательности с комплексными членами. Предел последовательности. Сходящиеся и расходящиеся последовательности. Числовой ряд. Необходимое условие сходимости ряда.	ОПК-1 ОПК-3 ПК-2

		Степенной ряд. Ряды Тейлора и Маклорена.	
5.	Тема 2.3 Функции в комплексных областях.	Определение функции комплексного переменного. Предел и непрерывность функции. Вещественная и мнимая части комплекснозначной функции. Основные элементарные функции и их свойства. Многочлен, дробно-рациональная функция, экспонента, тригонометрические и гиперболические функции.	ОПК-3 ПК-2
Раздел 3. Дифференциальное исчисление ФКП.			
6.	Тема 3.1. Условия дифференцируемости ФКП.	Производная комплексно-значной функции в данной точке. Дифференцируемые функции. Связь с непрерывностью. Условия Коши-Римана. Свойства дифференцируемых функций.	ОПК-3 ПК-2
7.	Тема 3.2. Аналитические и гармонические функции.	Существование комплексной производной в точках данной области. Аналитичность. Уравнение Лапласа для функции двух переменных. Теоремы о гармонических и аналитических функциях. Дифференцируемость элементарных функций. Разложение аналитической функции в ряд Тейлора.	ОПК-3 ПК-2
8.	Тема 3.3. Однозначные и многозначные функции.	Отображения областей комплексной плоскости. Обратные функции. Однолиственность, области однолиственности. Корень n -ой степени и логарифм, их свойства. Многозначные функции, ветви многозначных функций. Теорема об аналитичности обратных функций.	ОПК-3 ПК-2
Раздел 4. Интегральное исчисление ФКП.			
9.	Тема 4.1. Свойства интеграла от функции комплексного переменного.	Интеграл как предел интегральных сумм. Линейность, аддитивность, замена переменной в комплексном интеграле. Оценка абсолютной величины интеграла.	ОПК-3 ПК-2
10.	Тема 4.2. Интегрирование вдоль кривой в комплексной области.	Параметрический вид непрерывной кривой в комплексной плоскости. Связь определенного интеграла с криволинейным. Интегрирование вдоль отрезка и окружности. Теорема Коши. Интегрирование вдоль различных кривых в односвязной области.	ОПК-3 ПК-2

2.3. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего часов	Формы текущего контроля успеваемости
1.	Комплексные числа.	2	4	8	114	Наблюдения, контрольная работа, опрос
2.	Функции комплексного переменного.	2	4	10	16	Наблюдения, контрольная работа, опрос, коллоквиум
3.	Дифференциальное исчисление ФКП.	4	6	10	20	Наблюдения, контрольная работа, опрос, расчетно-графическое задание
4.	Интегральное исчисление ФКП.	4	6	10	20	Наблюдения, контрольная работа, опрос
Зачет			2		2	
Итого:		12	22	38	72	

2.4. Планы теоретических (лекционных) занятий

№	Наименование тем лекций	Кол-во часов в 4 семестре
4 семестр		
РАЗДЕЛ 1. Комплексные числа.		
1.	Свойства комплексных чисел.	2
2.	Уравнения с комплексными членами.	
РАЗДЕЛ 2. Функции комплексного переменного.		
1.	Множества точек в комплексной плоскости.	2
2.	Последовательности и ряды.	
3.	Функции в комплексных областях.	
РАЗДЕЛ 3. Дифференциальное исчисление ФКП.		
1.	Условия дифференцируемости ФКП.	4
2.	Аналитические и гармонические функции.	
3.	Однозначные и многозначные функции.	
РАЗДЕЛ 4. Интегральное исчисление ФКП.		
1.	Свойства интеграла от функции комплексного переменного.	4
2.	Интегрирование вдоль кривой в комплексной области.	

2.5. Планы практических (семинарских) занятий

№	Наименование тем практических занятий	Кол-во часов в 4 семестре
4 семестр		
РАЗДЕЛ 1. Комплексные числа.		
1.	Геометрическая интерпретация комплексных чисел.	4
2.	Извлечение корня степени n из комплексного числа	
3.	Разложение многочлена на линейные множители.	
4.	Уравнение прямой и окружности в комплексной форме.	
РАЗДЕЛ 2. Функции комплексного переменного.		
1.	Области в комплексной плоскости. Окрестность точки.	4
2.	Сходящиеся и расходящиеся последовательности.	
3.	Основные элементарные функции и их свойства.	
4.	Многочлен, дробно-рациональная функция	
5.	Тригонометрические и гиперболические функции комплексного переменного.	
РАЗДЕЛ 3. Дифференциальное исчисление ФКП.		
1.	Связь дифференцируемости с непрерывностью.	6
2.	Уравнение Лапласа для функции двух переменных.	
3.	Корень n -ой степени и логарифм, их свойства.	
4.	Аналитичность обратных функций.	
РАЗДЕЛ 4. Интегральное исчисление ФКП.		
1.	Аддитивность, линейность, замена переменной в комплексном интеграле.	6
2.	Связь определенного интеграла с криволинейным.	
3.	Теорема Коши и ее применение.	

2.6. Планы лабораторных работ – не предусмотрено.

2.7. Планы самостоятельной работы обучающегося по дисциплине (модулю)

№	Название разделов и тем	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость	Формируемые компетенции	Формы контроля
1.	Комплексные числа.	Преобразование модуля и аргумента	4	ОПК-3 ПК-2	Опрос
		Простые и кратные корни уравнения	4		

2.	Функции комплексного переменного.	Условия сходимости рядов.	2	ОПК-3 ПК-2	Опрос
		Ряды Тейлора и Маклорена.	2		
		Обратные функции и их свойства.	4		
3.	Дифференциальное исчисление ФКП.	Гармонические функции и их приложения	2	ОПК-3 ПК-2	Опрос
		Области однолиственности элементарных функций.	4		
		Конформные отображения и их свойства	4		
4.	Интегральное исчисление ФКП.	Односвязные и многосвязные области.	4	ОПК-3 ПК-2	Опрос
		Вычисление несобственных интегралов и изучение особых точек функции	6		

3. ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ЛИЦ С ОВЗ (ПОДА)

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для получения обучающимися, имеющими ограниченные физические возможности, качественного образования должны выполняться следующие важные условия: обучающийся должен иметь возможность беспрепятственно посещать образовательное учреждение и использовать в своём обучении дистанционные образовательные технологии.

Для обучения и контроля обучающихся с нарушениями координации движений предусмотрено проведение тестирования с использованием компьютера.

Во время аудиторных занятий обязательно использование средств обеспечения наглядности учебного материала с помощью мультимедийного проектора. Скорость изложения материала должна учитывать ограниченные физические возможности студентов.

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины для организации самостоятельной работы студентов (содержит перечень основной литературы, дополнительной литературы, программного обеспечения и Интернет-ресурсы).

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Перечень основной литературы

1. Половинкин, Е. С. Теория функций комплексного переменного : учебник / Е.С. Половинкин. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 254 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/6014. - ISBN 978-5-16-013608-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1125614>

2. Титов, К. В. Функции комплексной переменной, ряды и операционное исчисление: компьютерные технологии решения задач и примеров в Wolfram Mathematica : учебное пособие / К. В. Титов, Н. Д. Горелов. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2019. — (Высшее образование). — 238 с. - ISBN 978-5-369-01677-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1021442>

5.2 Перечень дополнительной литературы

1 Привалов, И. И. Введение в теорию функций комплексного переменного : учебник для вузов / И. И. Привалов. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 402 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14313-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468294>

2 Далингер, В. А. Комплексный анализ : учебное пособие для вузов / В. А. Далингер, С. Д. Симонженков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 143 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08399-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472770>

5.3. Программное обеспечение

1. Сетевой компьютерный класс, оснащенный современной техникой
2. Офисный программный пакет (например, Microsoft Office 2003 или более поздних версий).
3. Web-браузер Mozilla Firefox или Google Chrome
4. Экран для проектора

5.4. Электронные ресурсы

1. Электронная библиотека «Знаниум»: <https://znanium.com/>
2. Электронная библиотека «Юрайт»: <https://urait.ru/>
3. Научная электронная библиотека «Elibrary.ru»: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий	Перечень оборудования и технических средств обучения
1	Лекционная аудитория	Мультимедиа
2	Компьютерный класс	Мультимедиа

7. ОЦЕНКА КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

№	Критерии оценки	
	«незачтено»	«зачтено»
ЗНАТЬ		
1	Студент не способен самостоятельно выделять главные положения в изученном материале дисциплины. Не знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования, теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования, основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов, функционального анализа.	Студент самостоятельно выделяет главные положения в изученном материале. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования, основы теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования. Показывает глубокое знание и понимание основных теорем и формул математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов, функционального анализа.
УМЕТЬ		
2	Студент испытывает затруднения в ходе решения стандартных профессиональных задач с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. Студент непоследовательно применяет методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений в области профессиональной деятельности. Студент не умеет применять основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов.	Студент умеет анализировать элементы, устанавливать связи между ними. Студент умеет самостоятельно решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования, а также применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений в области профессиональной деятельности. Студент умеет использовать основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов.
ВЛАДЕТЬ		
3	Студент не владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий, а также методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности.	Студент владеет концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией изученной дисциплины. Владеет знаниями всего изученного материала, навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий, а также методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях и самостоятельной работе обучающихся — не предусмотрены.

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

9.1. Организация входного, текущего и промежуточного контроля обучения

- Входное тестирование – не предусмотрено
- Текущий контроль – опрос, контрольные, расчетно-графические работы, наблюдения, коллоквиум.
- Промежуточная аттестация – зачет.

9.2. Тематика рефератов, проектов, творческих заданий, эссе и т.п.

Не предусмотрены

9.3. Курсовая работа

Не предусмотрено

9.4. Вопросы к зачету

1. Комплексные числа, действия над ними. Геометрическая интерпретация комплексных чисел, сопряженные числа.
2. Алгебраическая и тригонометрическая формы комплексного числа. Модуль и аргумент, их свойства.
3. Алгебраические уравнения с комплексными коэффициентами. Разложение многочлена на линейные множители.
4. Теорема о корнях многочлена n -ой степени с комплексными коэффициентами. Простые и кратные корни.
5. Извлечение корня степени n из комплексного числа.
6. Показательная (экспоненциальная) функция, ее свойства. Формулы Эйлера и Муавра.
7. Уравнения прямой и окружности в комплексной форме.
8. Окрестность точки в $\mathbb{C}$, область в комплексной плоскости.
9. Предельные и граничные точки множеств в $\mathbb{C}$.
10. Открытые, замкнутые, ограниченные множества в $\mathbb{C}$.
11. Числовые последовательности с комплексными членами. Предел последовательности, его свойства.
12. Предел и непрерывность ФКП. Непрерывность элементарных функций.
13. Степенная функция, ее свойства.
14. Тригонометрические и гиперболические функции комплексного аргумента, связь между ними.
15. Неограниченность функций $\sin z$, $\cos z$ в комплексной плоскости.
16. Периодичность показательной функции и функций $\operatorname{ch} z$, $\operatorname{sh} z$.
17. Дифференцируемость ФКП, ее связь с непрерывностью.
18. Условия Коши-Римана. Выражение комплексной производной $f'(z)$ через частные производные от $\operatorname{Re} f(z)$ и $\operatorname{Im} f(z)$.
19. Свойства производных. Производная сложной функции.
20. Аналитические функции, их свойства.
21. Гармонические функции, их связь с аналитическими функциями.
22. Однозначные и многозначные аналитические функции.

23. Обратные функции. Теорема об аналитичности обратной функции.
24. Однолиственность, области однолиственности функций $w = z^n$, $w = e^z$.
25. Функции «корень n -ой степени» и «логарифм» комплексного аргумента.
26. Параметрическое уравнение кривой в $\mathbb{C}$. Уравнение окружности $|z - a| = r$ в параметрической форме.
27. Интегрирование ФКП вдоль непрерывной кривой. Свойства интеграла.
28. Метод замены переменной в комплексном интеграле.
29. Независимость интеграла от пути интегрирования в односвязной области.
30. Интегрирование по замкнутому контуру. Теорема Коши.
31. Ряды с комплексными членами. Необходимое условие сходимости числового ряда.
32. Разложение аналитической функции в ряд Тейлора в круге $|z - z_0| < r$.

9.5. Вопросы к экзамену – нет.

9.6. Контроль освоения компетенций

Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
Устный опрос	1,2,3,4	ОПК-3, ПК-2
Контрольная работа	1,2,3,4	ОПК-3, ПК-2

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]