

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

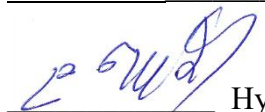
место работы, занимаемая должность


подпись

Ахмедов Р.Э. «30» августа 2021 г.
Ф.И.О. Дата

Рецензент: МГГЭУ, доцент кафедры информационных технологий и прикладной математики

место работы, занимаемая должность


подпись

Нуцубидзе Д.В. «30» августа 2021 г.
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 ПМИИ
«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	<p>Студент не способен самостоятельно выделять главные положения в изученном материале дисциплины.</p> <p>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.</p>	<p>Студент самостоятельно выделяет главные положения в изученном материале.</p> <p>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.</p> <p>Показывает глубокое знание и понимание основных теорем и формул математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов, функционального анализа.</p>
УМЕТЬ		
2	<p>Студент испытывает затруднения в ходе решения стандартных профессиональных задач с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.</p> <p>Студент непоследовательно применяет методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений в области профессиональной деятельности.</p> <p>Студент не умеет применять основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов.</p>	<p>Студент умеет анализировать элементы, устанавливать связи между ними.</p> <p>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.</p> <p>Студент умеет использовать основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов.</p>
ВЛАДЕТЬ		
3	<p>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.</p>	<p>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.</p>

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
<i>Устный опрос</i>	<i>1,2,3,4</i>	<i>ОПК-3, ПК-2</i>
<i>Контрольная работа</i>	<i>1,2,3,4</i>	<i>ОПК-3, ПК-2</i>

