

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Наименование образовательной программы: Математическое моделирование

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.18
Трудоемкость в зачетных единицах:	4 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	4 семестр - 32 часа;
Практические занятия	4 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	4 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	4 семестр - 149,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	4 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черепова М.Ф.
	Идентификатор	R9267877e-CherepovaMF-dbb9bf1

(подпись)

М.Ф. Черепова

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черепова М.Ф.
	Идентификатор	R9267877e-CherepovaMF-dbb9bf1

(подпись)

М.Ф. Черепова

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубков П.В.
	Идентификатор	R4920bc6f-ZubkovPV-8172426c

(подпись)

П.В. Зубков

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении базовой теории функций комплексной переменной и основ операционного исчисления

Задачи дисциплины

- изучение терминологии и методов теории функций комплексной переменной;
- изучение основ операционного исчисления;
- приобретение навыков применения методов комплексного анализа и операционного исчисления для решения математических задач.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-1} Демонстрирует знание терминологии, основных результатов и методов базовых дисциплин в области математических наук	знать: - методы интегрирования функций комплексной переменной; - определения и свойства функций комплексной переменной и отображений. уметь: - вычислять интегралы от функций комплексной переменной.
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ИД-2 _{ОПК-1} Использует базовые знания и методы математических наук для решения прикладных задач	знать: - разложения функций комплексной переменной в степенные ряды и их приложения. уметь: - находить изображения по Лапласу, восстанавливать функции-оригиналы, использовать преобразование Лапласа в приложениях; - производить действия с функциями комплексной переменной и анализировать их свойства; - разложить функцию комплексной переменной в степенной ряд и использовать ряды в приложениях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Математическое моделирование (далее – ОПОП), направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Для изучения дисциплины необходимо знание математического анализа и дифференциальных уравнений

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Функции комплексной переменной	57	4	9	-	12	-	-	-	-	-	36	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по теме "Функции комплексной переменной" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Задания ориентированы на решения задач по разделу "Функции комплексной переменной". Студенты необходимо повторить теоретический материал и примеры решения задач по данной теме.</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения задач по теме "Функции комплексной переменной". Домашнее задание выдается студентам по изученному в этом разделе материалу. Студенту необходимо выполнить подобные задания по данной теме.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задание выполняется индивидуально по вариантам. Студенту необходимо решить задачи типового расчета по теме "Функции комплексной переменной" согласно варианту.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>
1.1	Функции комплексной переменной	57		9	-	12	-	-	-	-	-	-	36	

[1], с. 24-42

														[2], с. 3-22, 26-33, 127-138. [4], с. 7-17, 43-48. [5], с. 24-42
2	Интегрирование функций комплексной переменной	36		7	-	5	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по теме "Интегрирование функций комплексной переменной" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
2.1	Интегрирование функций комплексной переменной	36		7	-	5	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения задач по теме "Интегрирование функций комплексной переменной". Домашнее задание выдается студентам по изученному в этом разделе материалу. Студенту необходимо выполнить задания по данной теме. <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задание выполняется индивидуально по вариантам. Студенту необходимо решить задачи типового расчета по теме ""Интегрирование функций комплексной переменной" согласно варианту. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Задания ориентированы на решения задач по теме "Интегрирование функций комплексной переменной". Студенты необходимо повторить теоретический материал и примеры решения задач по данной теме. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 43-60 [2], с. 40-53. [4], с. 17-26. [5], с. 43-60
3	Ряды в комплексной области. Вычеты	66		13	-	11	-	-	-	-	-	42	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по теме "Ряды в комплексной области. Вычеты" и подготовка к выполнению заданий на практических
3.1	Ряды в комплексной области. Вычеты	66		13	-	11	-	-	-	-	-	42	-	

														<p>занятиях</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения задач по теме "Ряды в комплексной области. Вычеты" . Домашнее задание выдается студентам по изученному в этом разделе материалу. Студенту необходимо выполнить задания по данной теме.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задание выполняется индивидуально по вариантам. Студенту необходимо решить задачи типового расчета по теме ""Ряды в комплексной области. Вычеты" согласно варианту.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Задания ориентированы на решения задач по разделу "Ряды в комплексной области. Вычеты". Студенты необходимо повторить теоретический материал и примеры решения задач по данной теме.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 65-100 [2], с. 53-69, 78-109. [4], с. 26-43. [5], с. 65-100</p>
4	Операционное исчисление	21	3	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по теме "Операционное исчисление" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>	
4.1	Операционное исчисление	21	3	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения задач по теме "Операционное исчисление" . Домашнее задание выдается студентам по изученному в этом разделе материалу. Студенту необходимо выполнить задания по данной теме.</p>	

														<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задание выполняется индивидуально по вариантам. Студенту необходимо решить задачи типового расчета по теме "Операционное исчисление" согласно варианту. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 694-515 [3], с. 3-13, 18-21, 26-35. [4], с. 48-53. [5], с. 694-515
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	216.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	116	33.5		
	Итого за семестр	216.0	32	-	32		2		-	0.5		149.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Функции комплексной переменной

1.1. Функции комплексной переменной

Функции комплексной переменной. Предел функции комплексной переменной и его связь с пределами действительной и мнимой частей функции. Непрерывность функции комплексной переменной, связь с непрерывностью ее действительной и мнимой частей. Производная функции комплексной переменной. Дифференцируемость функции комплексной переменной, необходимое и достаточное условие дифференцируемости. Условия Коши-Римана. Аналитические функции. Геометрический смысл аргумента и модуля производной. Элементарные функции комплексной переменной и их свойства. Конформные отображения. Дробно-линейные отображения, его свойства. Показательная функция, логарифмы, тригонометрические функции. Геометрия соответствующих отображений. Однозначные ветви многозначных функций.

2. Интегрирование функций комплексной переменной

2.1. Интегрирование функций комплексной переменной

Интеграл по кривой от функции комплексной переменной, связь с вещественными криволинейными интегралами. Свойства интеграла от функции комплексной переменной. Интегрирование аналитических функций. Интегральная теорема Коши, ее обобщения. Интегральная формула Коши. Производные высших порядков. Неопределенный интеграл. Интеграл с переменным верхним пределом. Дифференцируемость интеграла по верхнему пределу. Формула Лейбница. Теорема Морера. Неравенства Коши и теорема Лиувилля. Основная теорема алгебры.

3. Ряды в комплексной области. Вычеты

3.1. Ряды в комплексной области. Вычеты

Числовые ряды. Функциональные ряды. Теорема Вейерштрасса о равномерно сходящихся рядах аналитических функций. Степенные ряды. Теорема Абеля. Формула Коши-Адамара. Разложение аналитических функций в ряд Тейлора. Единственность аналитических функций. Разложения элементарных функций. Ряды Лорана. Особые точки однозначных функций. Классификация изолированных особых точек. Связь типа особой точки с разложением функции в ряд Лорана. Теорема Сохоцкого-Вейерштрасса. Вычет функции. Теорема Коши о вычетах. Вычет в бесконечно удаленной точке. Теорема о вычете в бесконечно удаленной точке. Лемма Жордана. Приложение теории вычетов к вычислению различных интегралов.

4. Операционное исчисление

4.1. Операционное исчисление

Функции-оригиналы и их изображения, таблица двойственности. Свойства преобразования Лапласа. Теорема обращения. Применение операционного исчисления к решению дифференциальных уравнений.

3.3. Темы практических занятий

1. Решение дифференциальных уравнений операционным методом;
2. Функции-оригиналы и их изображения;
3. Вычисление интегралов с помощью вычетов;
4. Особые точки и вычеты;

5. Ряд Тейлора и Лорана;
6. Интегральная формула Коши;
7. Интегрирование функций комплексной переменной;
8. Конформные отображения;
9. Элементарные функции комплексной переменной;
10. Функции комплексной переменной. Аналитические функции;
11. Комплексные числа и действия над ними.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу "Функции комплексной переменной"
2. Обсуждение материалов по разделу "Интегрирование функций комплексной переменной"
3. Обсуждение материалов по разделу "Ряды в комплексной области. Вычеты"
4. Обсуждение материалов по разделу "Операционное исчисление"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
определения и свойства функций комплексной переменной и отображений	ИД-1 _{ОПК-1}	+				Контрольная работа/Функции комплексной переменной. Конформные отображения
методы интегрирования функций комплексной переменной	ИД-1 _{ОПК-1}		+			Контрольная работа/Интегрирование функций комплексной переменной
разложения функций комплексной переменной в степенные ряды и их приложения	ИД-2 _{ОПК-1}			+	+	Контрольная работа/Ряды в комплексной области и приложения. Операционное исчисление
Уметь:						
вычислять интегралы от функций комплексной переменной	ИД-1 _{ОПК-1}		+			Контрольная работа/Интегрирование функций комплексной переменной
разложить функцию комплексной переменной в степенной ряд и использовать ряды в приложениях	ИД-2 _{ОПК-1}			+		Расчетно-графическая работа/Комплексный анализ Контрольная работа/Ряды в комплексной области и приложения. Операционное исчисление
производить действия с функциями комплексной переменной и анализировать их свойства	ИД-2 _{ОПК-1}	+				Контрольная работа/Действия над комплексными числами и функциями Расчетно-графическая работа/Комплексный анализ Контрольная работа/Функции комплексной переменной. Конформные отображения
находить изображения по Лапласу, восстанавливать функции-оригиналы, использовать преобразование Лапласа в приложениях	ИД-2 _{ОПК-1}				+	Контрольная работа/Ряды в комплексной области и приложения. Операционное исчисление

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

4 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Действия над комплексными числами и функциями (Контрольная работа)
2. Интегрирование функций комплексной переменной (Контрольная работа)
3. Ряды в комплексной области и приложения. Операционное исчисление (Контрольная работа)
4. Функции комплексной переменной. Конформные отображения (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Комплексный анализ (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №4)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Лаврентьев, М. А. Методы теории функций комплексного переменного / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат . – 6-е изд., стереотип . – СПб. : Лань-Пресс, 2002 . – 688 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 5-9511001-4-3 .;
2. Краснов, М. Л. Функции комплексного переменного: Задачи и примеры с подробными решениями : учебное пособие для втузов / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко . – 3-е изд., испр . – М. : Эдиториал УРСС, 2003 . – 208 с. – (Вся высшая математика в задачах) . - ISBN 5-354-00393-8 .;
3. Краснов, М. Л. Операционное исчисление. Теория устойчивости: Задачи и примеры с подробными решениями : Учебное пособие для втузов / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко . – 3-е изд., испр. и доп . – М. : Эдиториал УРСС, 2003 . – 176 с. – (Вся высшая математика в задачах) . - ISBN 5-354-00383-0 .;
4. Игнатьева, Н. У. Методические указания к практическим занятиям по комплексному анализу и операционному исчислению : методическое пособие по курсам "Комплексный анализ", "Математический анализ" по направлениям "Приборостроение", "Управление в технических системах" и др. / Н. У. Игнатьева, М. Ф. Черепова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 80 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5633;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5633)

5. М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат- "Методы теории функций комплексного переменного", (Изд. 3-е, испр.), Издательство: "Наука", Москва, 1965 - (716 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=464237>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	С-206, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	С-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-308, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, трибуна, доска меловая, микрофон, экран, доска маркерная, техническая аппаратура, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	М-714, Преподавательская каф. МКМ	рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-301/1, Кладовая	стул
	М-713/1, Учебно-научная лаборатория каф. МКМ	рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный,

		книги, учебники, пособия
--	--	--------------------------

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Комплексный анализ

(название дисциплины)

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Действия над комплексными числами и функциями (Контрольная работа)
 КМ-2 Функции комплексной переменной. Конформные отображения (Контрольная работа)
 КМ-3 Интегрирование функций комплексной переменной (Контрольная работа)
 КМ-4 Комплексный анализ (Расчетно-графическая работа)
 КМ-5 Ряды в комплексной области и приложения. Операционное исчисление (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	15
1	Функции комплексной переменной						
1.1	Функции комплексной переменной		+	+		+	
2	Интегрирование функций комплексной переменной						
2.1	Интегрирование функций комплексной переменной				+		
3	Ряды в комплексной области. Вычеты						
3.1	Ряды в комплексной области. Вычеты					+	+
4	Операционное исчисление						
4.1	Операционное исчисление						+
Вес КМ, %:			20	30	20	1	29