

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Дзержинский политехнический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ А.М.Петровский

“08” _____ июня _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.14 Теория функций комплексного переменного

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 01.03.04 Прикладная математика

Направленность: Математические и компьютерные методы для современных технологий

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2023

Выпускающая кафедра Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

Кафедра-разработчик Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

Объем дисциплины 72/2
часов/з.е

Промежуточная аттестация зачет с оценкой

Разработчик: ст. преподаватель Латухина Ю.А.

Дзержинск 2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РФ от 10 января 2018 года № 11 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 02.06.2023 № 9

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы
протокол от 08.06.2023 № 8

Зав. кафедрой к.т.н, доцент _____ Л.Ю. Вадова
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы
к.т.н, доцент _____ Л.Ю.Вадова
(подпись)

Начальник ОУМБО _____ И.В. Старикова
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО: 01.03.04 - 14

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	17
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	17
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является формирование у будущих специалистов знаний и умения применять математический аппарат и математические методы в анализе и математическом моделировании при решении профессиональных задач.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- применение основных теоретических понятий теории функций комплексного переменного при формализации задач инженерной практики;
- знание методов решения задач теории функций комплексного переменного.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Теория функций комплексного переменного» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Математический анализ, Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Дискретная математика.

Дисциплина Теория функций комплексного переменного является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Операционное исчисление, Методы оптимизации и теория принятия решений, Математическое моделирование.

Рабочая программа дисциплины «Теория функций комплексного переменного» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1 – Формирование компетенции **ОПК-1** дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Код компетенции ОПК-1								
Линейная алгебра и аналитическая геометрия								
Математический анализ								
Физика								
Дифференциальные уравнения								
Операционное исчисление								
Теория функций комплексного переменного								
Классическая механика								
Уравнения математической физики								
Теория управления								
Выполнение и защита выпускной квалификационной работы								

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-1. Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	ИОПК-1.2. Применяет методы математического анализа теории дифференциальных уравнений и операционного исчисления при решении задач инженерной практики	Знать: основные теоретические понятия теории функций комплексного переменного; основные методы решения задач теории функций комплексного переменного; способы сведения задач к стандартным задачам теории функции комплексного переменного.	Уметь: решать типовые задачи теории функций комплексного переменного; сводить задачи к стандартным задачам теории функции комплексного переменного; комбинировать различные методы решения задач.	Владеть: навыками формализации задач; навыками сведения задачи к стандартной задаче теории функции комплексного переменного; различными методами решения задач теории функций комплексного переменного.	Выполнение 4 контрольных работ (по 10 вариантов в каждой контрольной работе)	Тестирование в системе MOODLE. В базе тестирования 100 - 110 теоретических и практических вопросов)

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед./72 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3.

Формат изучения дисциплины: с использованием элементов электронного обучения

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам
Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:	38	38
1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:	34	34
- лекции (Л)	17	17
- лабораторные работы (ЛР)	-	-
- практические занятия (ПЗ)	17	17
- практикумы (П)		
1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:	4	4
- групповые консультации по дисциплине	2	2
- групповые консультации по промежуточной аттестации (зачет с оценкой)	2	2
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)	34	34
Вид промежуточной аттестации зачет с оценкой		
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы	72/2	72/2

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для обучающихся очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС) час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические					
4 семестр									
ОПК-1, ИОПК-1.1.	Раздел 1 Основные понятия ТФКП								
	Тема 1.1. Комплексные числа, их различные формы записи.	1		1	2	Подготовка к лекциям и практическим занятиям (6.1.1: стр.282-284); (6.1.3: стр. 7-20, 29-34); (6.2.1: стр. 4-20)	Контроль самостоятельной работы. Участие в групповых обсуждениях		
	Тема 1.2. Арифметические операции над комплексными числами.	1		1	2				
	Тема 1.3. Комплексная плоскость. Расширенная комплексная плоскость, стереографическая проекция.	0,5			1				
	Тема 1.4. Пути и области в комплексной плоскости.	0,5		2	2	Выполнение контрольной работы Зачет с оценкой.			
	Итого по разделу 1	3		4	7				
Раздел 2 Комплексная дифференцируемость									
Тема 2.1. Вещественная и комплексная дифференцируемость. Условия Коши-Римана.	1		1	2	Подготовка к лекциям и практическим занятиям (6.1.1: стр.285-286); (6.1.3: стр. 44-62,	Контроль самостоятельной			

Планируемые (контролируем ые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименова- ние исполь- зуемых ак- тивных и интерактив- ных образова- тельных технологий	Реализация в рамках практичес- кой подготовки (трудоем- кость в часах)	Наименов ание разработа нного электронн ого курса (трудоем кость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС) час					
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические						
	Тема 2.2. Производная по направлению.	1			1	91-113)	работы. Участие в групповых обсуждениях Выполнение контрольной работы Зачет с оценкой.			
	Тема 2.3. Голоморфные функции и конформные отображения. Геометрический смысл комплексной производной.	0,5		2	2					
	Тема 2.4. Голоморфность и конформность отображений расширенной комплексной плоскости.	0,5			1					
	Итого по разделу 2	3		3	6					
	Раздел 3 Интеграл и первообразная									
	Тема 3.1. Определение интеграла вдоль пути. Свойства интеграла вдоль пути.	1		4	5	Подготовка к лекциям и практическим занятиям (6.1.1: стр.291-294); (6.1.3: стр. 114-126)	Контроль самостоятель ной работы. Участие в групповых обсуждениях Выполнение контрольной работы Зачет с оценкой.			
	Тема 3.2. Лемма Гурса.	1			1					
	Тема 3.3. Первообразная. Первообразная вдоль пути.	1			1					
	Итого по разделу 3	3		4	7					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС) час					
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические						
Раздел 4 Теорема Коши										
	Тема 4.1. Теорема Коши о гомотопии.	1			1	Подготовка к лекциям (6.1.3: стр. 127-157)	Контроль самостоятельной работы. Участие в групповых обсуждениях Зачет с оценкой.			
	Тема 4.2. Теорема Коши для многосвязной области. Интегральная формула Коши.	1			1					
	Итого по разделу 4	2			2					
Раздел 5 Ряды Тейлора										
	Тема 5.1. Определение, основные понятия и результаты известные из курса математического анализа. Разложение голоморфной функции в ряд Тейлора.	1			1	Подготовка к лекциям и практическим занятиям (6.1.1: стр.295-299); (6.1.3: стр. 187-199)	Контроль самостоятельной работы. Участие в групповых обсуждениях Выполнение контрольной работы Зачет с			
	Тема 5.2. Неравенства Коши. Теорема Лиувилля.	1			1					
	Тема 5.3. Множество точек сходимости степенного ряда. Голоморфность суммы степенного ряда. Бесконечная дифференцируемость голоморфных функций. Коэффициенты ряда Тейлора.	1		3	4					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС) час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические					
	Интегральная формула Коши для производных. Теорема Морера. Три эквивалентных определения голоморфной функции. Разложение голоморфной функции в окрестности нуля. Теорема единственности. Теорема Вейерштрасса о рядах голоморфных функций. Аппроксимация голоморфных функций полиномами.						оценкой.		
	Итого по разделу 5	3		3	6				
	Раздел 6 Ряды Лорана и особые точки								
	Тема 6.1. Разложение голоморфной функции в ряд Лорана. Сходимость рядов по целым степеням z -а. Неравенства Коши для коэффициентов Лорана.	1		3	4	Подготовка к лекциям и практическим занятиям (6.1.1: стр.300-304); (6.1.3: стр. 200-263)	Контроль самостоятельной работы. Участие в групповых обсуждениях Зачет с оценкой.		
	Тема 6.2. Сходство рядов Лорана и Фурье.	1			1				
	Тема 6.3. Изолированные особые точки. Описание устранимых особых точек. Описание полюсов. Теорема Сохоцкого. Бесконечность как изолированная точка. Целые функции с полюсом на бесконечности. Мероморфные функции с полюсом на бесконечности.	1			1				
	Итого по разделу 6	3		3	6				

Планируемые (контролируем ые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименова- ние исполь- зуемых ак- тивных и интерактив- ных образова- тельных технологий	Реализация в рамках практичес- кой подготовки (трудоем- кость в часах)	Наименов ание разработа нного электронн ого курса (трудоем кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС) час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические					
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	17		17	34				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1) Примерная тематика контрольных работ:

Комплексные числа, их различные формы записи.

Операции над комплексными числами.

Пути и области в комплексной плоскости;

Вещественная и комплексная дифференцируемость. Условия Коши-Римана.

Голоморфные функции.

Интеграл вдоль пути.

Множество точек сходимости степенного ряда.

Пример заданий к контрольной работе:

1. Вычислить $\frac{(1-3i)^3}{2+5i}$.
2. Записать в тригонометрической форме число $-2-2i$ и изобразить его на комплексной плоскости.
3. Вычислить с помощью формулы Муавра $\frac{(1+i)^5}{(1-i)^3}$.
4. Вычислить с помощью формулы Муавра $\sqrt[6]{1+i\sqrt{3}}$.
5. Изобразить на комплексной плоскости линию, описываемую уравнением $|z-i|=|z+2|$.
6. Изобразить на комплексной плоскости область, описываемую неравенством $|z|>1-\operatorname{Re}z$.
7. Вычислить $\sin(5+6i)$.
8. Вычислить 2^{1+i} .

2) Тесты для текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся

Тесты, проводимые на электронной платформе Moodle на сайте ДПИ НГТУ по адресу: <http://dpingtu.ru/Moodle>

Включают решение задач по темам курса с выбором правильного варианта ответа.

3) Вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям (текущий контроль в форме устного опроса):

1. Комплексная плоскость, арифметические операции над комплексными числами.
2. Геометрическое и полярное представление комплексных чисел, формула Муавра.
3. Расширенная комплексная плоскость, стереографическая проекция.
4. Области и пути на комплексной плоскости. Теоремы Больцано-Вейерштрасса и Гейне-Бореля.
5. R-дифференцируемость, C-дифференцируемость. Условия Коши-Римана. Производная по направлению.
6. Голоморфные функции и конформные отображения.
7. Дробно-линейные отображения расширенной комплексной плоскости, их конформность.
8. Группа дробно-линейных отображений, круговое свойство.
9. Сохранение симметрии при дробно-линейных отображениях.

10. Свойство трех точек. Дробно-линейные изоморфизмы основных областей.
11. Определение и свойства интеграла вдоль пути.
12. Лемма Гурса.
13. Первообразная, первообразная вдоль пути.
14. Теорема Коши о гомотопии и ее следствия.
15. Теорема Коши для многосвязной области.
16. Интегральная формула Коши.
17. Разложение голоморфной функции в ряд Тейлора. Неравенства Коши.
18. Теорема Лиувилля.
19. Множество точек сходимости степенного ряда. Формула Коши-Адамара.
20. Голоморфность суммы степенного ряда. Бесконечная дифференцируемость голоморфных функций.
21. Интегральная формула Коши для производных. Теорема Морера. Три эквивалентных определения голоморфной функции.
22. Разложение голоморфной функции в окрестности нуля. Теорема единственности.
23. Теорема Вейерштрасса о рядах голоморфных функций. Аппроксимация голоморфных функций полиномами. Теорема Рунге.
24. Разложение голоморфной функции в ряд Лорана.
25. Сходимость рядов по целым степеням z -а. Неравенства Коши для коэффициентов Лорана.
26. Связь между рядами Лорана и Фурье.
27. Изолированные особые точки. Описание устранимых особых точек.
28. Описание полюсов.
29. Теорема Сохоцкого. ∞ как изолированная особая точка.
30. Целые и мероморфные функции с полюсом на бесконечности.
31. Вычет функции в конечной изолированной особой точке. Основная теорема о вычетах.
32. Вычисление вычетов функции.
33. Вычет функции в бесконечно удаленной точке. Теорема о сумме вычетов.
34. Вычисление интегралов с помощью вычетов.

4) Перечень вопросов, выносимых на промежуточные аттестации

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ к зачету с оценкой:

1. Комплексная плоскость, арифметические операции над комплексными числами.
2. Геометрическое и полярное представление комплексных чисел, формула Муавра.
3. Расширенная комплексная плоскость, стереографическая проекция.
4. Области и пути на комплексной плоскости. Теоремы Больцано-Вейерштрасса и Гейне-Бореля.
5. R-дифференцируемость, C-дифференцируемость. Условия Коши-Римана. Производная по направлению.
6. Голоморфные функции и конформные отображения.
7. Дробно-линейные отображения расширенной комплексной плоскости, их конформность.
8. Группа дробно-линейных отображений, круговое свойство.
9. Сохранение симметрии при дробно-линейных отображениях.
10. Свойство трех точек. Дробно-линейные изоморфизмы основных областей.
11. Определение и свойства интеграла вдоль пути.
12. Лемма Гурса.
13. Первообразная, первообразная вдоль пути.
14. Теорема Коши о гомотопии и ее следствия.
15. Теорема Коши для многосвязной области.
16. Интегральная формула Коши.
17. Разложение голоморфной функции в ряд Тейлора. Неравенства Коши.
18. Теорема Лиувилля.
19. Множество точек сходимости степенного ряда. Формула Коши-Адамара.
20. Голоморфность суммы степенного ряда. Бесконечная дифференцируемость голоморфных функций.

21. Интегральная формула Коши для производных. Теорема Морера. Три эквивалентных определения голоморфной функции.
22. Разложение голоморфной функции в окрестности нуля. Теорема единственности.
23. Теорема Вейерштрасса о рядах голоморфных функций. Аппроксимация голоморфных функций полиномами. Теорема Рунге.
24. Разложение голоморфной функции в ряд Лорана.
25. Сходимость рядов по целым степеням z -а. Неравенства Коши для коэффициентов Лорана.
26. Связь между рядами Лорана и Фурье.
27. Изолированные особые точки. Описание устранимых особых точек.
28. Описание полюсов.
29. Теорема Сохоцкого. ∞ как изолированная особая точка.
30. Целые и мероморфные функции с полюсом на бесконечности.
31. Вычет функции в конечной изолированной особой точке. Основная теорема о вычетах.
32. Вычисление вычетов функции.
33. Вычет функции в бесконечно удаленной точке. Теорема о сумме вычетов.
34. Вычисление интегралов с помощью вычетов.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся очной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 5 - 7.

Таблица 5 – Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине

Виды работ	Количество во подвидов работы	Максимальные баллы за подвид работы			Сроки выполнения подвидов работы			Дополнительные баллы		Штрафные баллы	
								За своевременное выполнение	За качество	За нарушение сроков	За качество
Контрольные работы	3	16	16	16	апрель	май	июнь				
Выполнений заданий для самостоятельной работы (подготовка к практическим занятиям и выполнение заданий)	17	По 2 балла за одну работу			к практическим занятиям						
Посещение занятий	17	1	за	одно							
		занятие									

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-1. Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	ИОПК-1.2. Применяет методы математического анализа теории дифференциальных уравнений и операционного исчисления при решении задач инженерной практики	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает основ теории функций комплексного переменного, не может использовать методы теории функций комплексного переменного в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по основам теории функций комплексного переменного. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании основных положений и их применении	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала, понимает структуру дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература

6.1.1 Данко, П.Е Высшая математика в упражнениях и задачах: учебное пособие для вузов в 2 ч. / П.Е Данко, А.Г.Попов, Т.Я.Кожевникова – М.: Высшая школа, 1980. – 320 с., 365 с. (41 экз.)

6.1.2. Данко, П.Е Высшая математика в упражнениях и задачах: учебное пособие для вузов в 2 ч./ П.Е Данко, А.Г.Попов, Т.Я.Кожевникова – М.: ОНИКС, 2009. – 448 с. (2 экз.)

6.1.3. Фомин В.И. Теория функций комплексного переменного: учебное пособие / В.И. Фомин. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2010. – 296 с. Текст: электронный. – URL: <http://www.tstu.ru/>

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.2.1 Теория функций комплексной переменной. Решение задач. Часть 1 [Электронные текстовые данные]: метод. указания по дисциплине «Теория функций комплексной переменной» для самостоятельной работы обучающихся направления подготовки бакалавров 01.03.04 – «Прикладная математика» всех форм обучения/ Нижегород. гос. техн. унт им. Р.Е. Алексеева; сост. Ю.А. Латухина. – Н.Новгород, 2021. – 20 с.

6.2.2 Комплексные числа [Электронные текстовые данные]: метод. указания для обучающихся направлений подготовки 01.03.04, 09.03.02, 13.03.02, 15.03.02, 15.03.04, 18.03.01, 19.03.02, 23.03.03 всех форм обучения / ДПИ НГТУ; сост.: Н.М. Богословская, И.Ю. Харитонова.– Дзержинск, 2018. – 19 с.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 9 – Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSpark Premium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice https://www.openoffice.org/ru/
3	Консультант Плюс	PTC Mathcad Express https://www.mathcad.com/ru

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 10 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus
4	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 11 – **Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 12 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 12 – **Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1433А Аудитория для лекционных и практических занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Ноутбук: AcerAspire 5672WLMi Мультимедиа-проектор: разрешение 1024x768 Экран:Internet	<ul style="list-style-type: none"> • MicrosoftWindows 10 Домашняя (поставка с ПК) • LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО) • Foxit Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО)
2	1234 Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт. ; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> • MicrosoftWindows 10 Домашняя (поставка с ПК) • LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО) • Foxit Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО)
3	1443а компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	<ul style="list-style-type: none"> • ПК на базе IntelCeleron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium) • Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО); • Mozilla Firefox (свободное ПО); • Adobe Acrobat Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО); • КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также может проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- знакомство с материалами лекций и презентациями в среде MOODLE;
- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- промежуточный контроль знаний в форме тестирования в среде MOODLE.

При преподавании дисциплины «Теория функций комплексного переменного», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносится материал различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Материалы лекций в виде слайдов находятся в свободном доступе в системе MOODLE и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а

также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Подготовку к каждому практическому занятию обучающийся должен начать с ознакомления с рекомендуемой литературой (таблица 4), которая отражает содержание предложенной темы. Каждая самостоятельно выполненная контрольная работа по индивидуальному варианту подлежит проверке преподавателем.

При оценивании контрольных работ учитывается следующее:

- качество решения задач и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- целесообразность использования изученных методов;
- качество комментариев к решению.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 12). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение контрольных работ;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;

11.1.1. Типовые задания для контрольных работ

По завершении изучения раздела дисциплины проводятся контрольные работы.
Пример контрольной работы:

Контрольная работа по разделу 1 Вариант 0

1. Вычислить $\frac{(1-3i)^3}{2+5i}$.
2. Записать в тригонометрической форме число $-2-2i$ и изобразить его на комплексной плоскости.
3. Вычислить с помощью формулы Муавра $\frac{(1+i)^5}{(1-i)^3}$.
4. Вычислить с помощью формулы Муавра $\sqrt[6]{1+i\sqrt{3}}$.
5. Изобразить на комплексной плоскости линию, описываемую уравнением $|z-i|=|z+2|$.
6. Изобразить на комплексной плоскости область, описываемую неравенством $|z|>1-\operatorname{Re}z$.
7. Вычислить $\sin(5+6i)$.
8. Вычислить 2^{1+i} .

11.1.2. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы

Задание 1. Выяснить, какую линию определяет на комплексной плоскости уравнение и изобразить ее.

1. $z=(1-i)t+i, -\infty < t < +\infty.$
2. $z=(1+i)t^2+1, -\infty < t < +\infty.$
3. $z=t^2-\frac{i}{t}, -\infty < t < +\infty.$
4. $z=\frac{1}{t}+it, -\infty < t < +\infty.$
5. $|z+2-i|=3.$
6. $z^2+\bar{z}^2=1.$
7. $\operatorname{Im}\left(\frac{z-i}{2-i}\right)=0.$
8. $\operatorname{Re}\left(\frac{1}{z}\right)=1.$

Задание 2. Выяснить, какую область определяет на комплексной плоскости неравенство и изобразить ее.

1. $|z+3|\geq 25.$
2. $\left|\frac{z}{z+1}\right|<1.$
3. $|z-1|>3|z-3|.$
4. $\operatorname{Re}(z^2)>1.$

11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

11.2.1. Типовые тестовые задания на зачете с оценкой:

Вариант 1

Часть А. В каждом задании укажите номер правильного варианта ответа.

A1. (5 баллов) Дано комплексное число $-1+i$. Его аргумент равен:

- 1) $\frac{\pi}{4}$ 2) $\frac{3\pi}{4}$ 3) $-\frac{\pi}{4}$ 4) $-\frac{3\pi}{4}$

A2. (5 баллов) Дано комплексное число $-2-2i$. Его модуль равен:

- 1) $\sqrt{2}$ 2) 4 3) 2 4) $2\sqrt{2}$

A3. (5 баллов) Результат вычисления выражения $\frac{1+2i}{2-i}$ равен:

- 1) i 2) $\frac{1-i}{2}$ 3) $-i$ 4) $\frac{1+i}{2}$

A4. (5 баллов) Аргумент комплексного числа $(-1-\sqrt{3}i)^3$ равен:

- 1) π 2) $\frac{\pi}{2}$ 3) 0 4) $-\frac{\pi}{2}$

A5. (5 баллов) Модуль комплексного числа $(\sqrt{2}+\sqrt{2}i)^3$ равен:

- 1) 2 2) $2\sqrt{2}$ 3) 16 4) 8

A6. (10 баллов) Какая линия описывается в комплексной плоскости уравнением $|z-i|=|z+2|$?

- 1) эллипс (окружность) 2) гипербола 3) парабола 4) прямая

Часть В. Решите следующие задачи.

B1. (15 баллов) Вычислите $\sin i$.

B2. (15 баллов) Является ли функция $f(z)=\operatorname{Re} z - \operatorname{Im} z$ аналитической в точке $z=0$?

B3. (15 баллов) Найдите радиус сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(z-1)^n}{(3+4i)^n}$.

B4. (20 баллов) Вычислите интеграл $\int_C \sin |z| dz$, где C – отрезок прямой от точки 0 до точки $1+i$.

Регламент проведения промежуточного контроля в форме компьютерного тестирования

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся	Время на тестирование, мин.
200	10	90

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО MOODLE.