

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

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)

(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ А.В. Мякинков

подпись

ФИО

“ 10 ” _____ 06 _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.15 Комплексный анализ

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 01.03.02. Прикладная математика и информатика

Направленность: Математическое моделирование и компьютерные технологии

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра ПМ

Кафедра-разработчик ПМ

Объем дисциплины 144/4
часов/з.с.

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: Кривоносов Л.Н., к.ф.-м..н., доцент

Нижний Новгород, 2021

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.02. Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 января 2018 года № 9 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол от 10.06.2021 № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 4.06.2021 № 9/1

Зав. кафедрой д.ф.-м.н, профессор _____ А.А. Куркин

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению учебно-методическим советом института ИРИТ, Протокол № 1 от 10.06.2021 г.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 01.03.02-П-15

Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ

(подпись) Н.И. Кабанина

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП ВО	5
5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	11
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	16
8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	20
10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	21
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	22
12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	ОШИБКА! ЗАКЛ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью освоения дисциплины является овладение студентами основных понятий дифференциального и интегрального исчисления функций одной комплексной переменной, а также выработка у них навыков решения типовых задач.

1.2. Задачей освоения является формирование способности использовать аппарат дифференциального и интегрального исчисления функций одной комплексной переменной для решения задач инженерной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) Б1.Б.15. Комплексный анализ 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 направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: математика в объеме курса средней школы.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин Физика, Дифференциальные уравнения, Высшая алгебра, Теория вероятностей и математическая статистика, Дискретная математика, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Комплексный анализ» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

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

Таблица 1.- Формирование компетенций дисциплинами очной формы обучения

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию ОПК-1 совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра /специалиста/магистра»							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Алгебра и геометрия								
Математический анализ								
Физика								
Комплексный анализ								
Специальные главы математического анализа								

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию ОПК-1 совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра /специалиста/магистра»							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Высшая алгебра								
Теория вероятностей и математическая статистика								
Дискретная математика								
Выполнение и защита ВКР								

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СОТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП ВО

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	Промежуточн й аттестации
ОПК-1 Способен применять фундаментальны е знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональн ой деятельности	ИОПК-1.1. Обладает фундаментальны ми математическими знаниями для решения профессиональн ых задач	<i>Знать:</i> основные понятия и методы комплексного анализа;	<i>Уметь:</i> применять методы комплексного анализа для решения практических задач;	<i>Владеть:</i> действиями с комплексными числами, приемами дифференцирования и интегрирования функций комплексной переменной, разложения функций в ряды Тейлора и Лорана, методами вычисления интегралов с помощью вычетов	Контрольны е работы, задания РГР	Билеты для экзамена

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. 144 часа, распределение часов по видам работ представлено в таблице 3.

Таблица 3. - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час
	№ сем 4
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144
1. Контактная работа:	74
Аудиторная работа, в том числе:	68
занятия лекционного типа (Л)	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. Занятия и др)	34
лабораторные работы (ЛР)	
Внеаудиторная, в том числе	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	
текущий контроль, консультации по дисциплине	3
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	3
2. Самостоятельная работа (СРС)	43
реферат/эссе (подготовка)	
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	
контрольная работа	
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	43
Подготовка к экзамену (контроль)	27
Подготовка к зачету	

5.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4-Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				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 (час)				
		Лекции	Лаб. работы	Практические занятия					
1 семестр									
ОПК1 ИОПК-1.1	Раздел 1. Комплексные числа.								
	Тема 1.1. Формы записи комплексных чисел и действия над ними	2		2	2	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу: 7.1.3 - проработка лекционного материала; 7.2.5 , - решение домашних заданий 7.2.5			
	Раздел 2. Последовательности и ряды комплексных чисел. Комплексные степенные ряды. Функции комплексного переменного.								
	Тема 2.1. Последовательности и ряды комплексных чисел. Связь с действительными последовательностями и рядами. Расширенная комплексная плоскость. Бесконечно удаленная точка. Сфера Римана. Функция комплексного переменного. Ряды функций. Предел и непрерывность комплексной функции.	2		2	2	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу: 7.1.3 - проработка лекционного материала; 7.2.5 - решение домашних заданий 7.2.5			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				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 студента (час)				
		Лекции	Лаб. работы	Практические занятия					
	Тема 2.2. Дифференцирование функций комплексного переменного. Правила дифференцирования. Условия Коши-Римана. Аналитические функции. Формула для производной аналитической функции. Гармонические функции. Отыскание аналитической функции по ее вещественной или мнимой части: интегральный и безынтегральный способы.	3		3	3				
ОПК1 ИОПК-1.1	Раздел 3. Элементарные функции комплексного переменного.								
	Тема 3.1. Линейная функция и ее свойства. Дробно-линейная функция. Степенная Функция с натуральным показателем. Показательная функция. Экспонента, ее свойства. Формулы Эйлера. Синус и косинус в комплексной плоскости. Формулы сложения для синуса и косинуса на основе основного свойства экспоненты. Неограниченность синуса и косинуса. Периодичность экспоненты.	3		2	2	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу: 7.1.3 - проработка лекционного материала; 7.2.5 - решение домашних заданий 7.2.5			
ОПК1 ИОПК-1.1	Тема 3.2. Области однолиственности. Многозначные функции комплексной переменной и их однозначные ветви. Большой логарифм как многозначная функция, обратная к экспоненте.	2		2	2	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу: 7.1.3 - проработка лекционного	Аудиторная проверочная работа,		

Планируемые (контролируем ые) результаты освоения:код УК; ОПК; ПК и индиккаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практичес кой подготовки (трудоемко сть в часах)	Наименов ание разработа нного Электрон ного курса (трудоемк ость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельна я работа				
		Лекции	Лабор. работы	Практические занятия					
	Основное свойство, главная ветвь. Радикал. Однозначные ветви. Точка ветвления. Алгебраические точки ветвления. Обратные тригонометрические функции. Арксинус, арккосинус, арктангенс. Функция Жуковского					материала; 7.2.5 - решение домашних заданий 7.2.5			
ОПК1 ИОПК-1.1	Раздел 4. Криволинейный интеграл и основные теоремы комплексного анализа.								
	Тема 4.1. Интеграл от функции комплексного переменного. Теорема об интегрировании непрерывной функции. Сведение вычисления интеграла от функции комплексного переменного к вычислению двух криволинейных интегралов от действительных функций двух действительных переменных. Свойства интеграла от функции комплексного переменного.	3		2	4	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу: 7.1.3 - проработка лекционного материала; 7.2.5 - решение домашних заданий 7.2.5	Аудиторная проверочная работа,		
	Тема 4.2. Интегральные теоремы Коши. Функция, аналитическая в области и на ее границе. Теорема Коши для односвязной области и следствия из нее. Теорема Коши для многосвязной области и следствия из нее.	2		2	2				
	Тема 4.3. . Первообразная. Совокупность всех первообразных функции. Теорема о первообразной непрерывной в односвязной области функции и следствие из нее. Формула	2		3	3				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				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 студента (час)				
		Лекции	Лаб. работы	Практические занятия					
	Ньютона-Лейбница. Формула интегрирования по частям. Интегральная формула Коши. Интеграл Коши. Бесконечная дифференцируемость аналитической функции. Теорема Мореры. Теорема Лиувилля. Основная теорема высшей алгебры (на основе теоремы Лиувилля).								
ОПК1 ИОПК-1.1	Раздел 5. Функциональные комплексные ряды.								
	Тема5.1 Функциональные комплексные ряды. Частичная сумма ряда. Сходимость ряда в точке. Сходимость ряда к функции. Степенные комплексные ряды. Область сходимости степенного ряда. Теорема Абеля и следствие из нее. Круг сходимости степенного ряда. Радиус круга сходимости степенного ряда. Ряд Тейлора. Теорема о разложении функции в ряд Тейлора и следствие из нее. Неравенства Коши. Регулярная точка. Особая точка.	3		2	4	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу: 7.1.3 - проработка лекционного материала; 7.2.5 - решение домашних заданий 7.2.5			
	Тема 5.2. Теорема о радиусе сходимости разложения функции в ряд Тейлора. Разложение в ряд Тейлора известных функций комплексного переменного. Ряд Лорана. Теорема о разложении функции в ряд Лорана и следствие из нее. Правильная часть ряда Лорана. Главная часть ряда	3		3	4				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения:код УК; ОПК; ПК и индиккаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				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 (час)				
		Лекции	Лаб. работы	Практические занятия					
	Лорана. Проколота окрестность точки.								
ОПК1 ИОПК-1.1	Раздел 6. Особые точки и теория вычетов.								
	Тема 6.1. Изолированные особые точки, их классификация. Критерии правильной точки и полюса. Вид ряда Лорана в окрестности правильной точки, полюса, существенно особой точки. Теорема Сохоцкого. Теорема Пикара. Вычеты, способы их вычисления. Основная теорема о вычетах. Теорема о сумме вычетов. Вычисление интегралов от действительных функций. Вычисление несобственных интегралов от непрерывных и разрывных функции f (x).	4		5	7	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу: 7.1.3 - проработка лекционного материала; 7.2.5 - решение домашних заданий 7.2.5	Аудиторная проверочная работа,		
ОПК1 ИОПК-1.1	Раздел 7.Операционное исчисление.								
	Тема 7.1. Преобразование Лапласа, его свойства. Оригинал. Изображение.Таблица оригиналов и изображений. Свойство подобия преобразования Лапласа. Дифференцирование оригинала.. Интегрирование оригинала. Дифференцирование изображения. Интегрирование изображения. Теорема запаздывания Теорема смещения. Предельные соотношения. Свертка	3		2	4	- чтение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу: 7.1.3 - проработка лекционного материала; 7.2.5 - решение домашних заданий7.2.5	Тесты для текущего контроля знаний обучающихся в системе E-learning		

Планируемые (контролируем ые) результаты освоения:код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практичес кой подготовки (трудоемко сть в часах)	Наименов ание разработа нного Электрон ного курса (трудоемк ость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельна я работа (в часах)				
		Лекции	Лабор. работы	Практические занятия					
	функций. Свойства свертки.								
	Тема 7.2. Формула Дюамеля.Формула обращения Меллина. Вычисление оригиналов с помощью вычетов. Применение операционного исчисления к решению дифференциальных уравнений и их систем.	2		4	4				
	Итого по дисциплине	34		34	43				

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

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: устное собеседование по темам лекционных занятий, выполнение практических заданий и тесты для текущего контроля знаний. Промежуточный контроль проводится в устно-письменной форме.

6.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности освещены в разделе 12.

6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5. - При текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения контрольных работ

Шкала оценивания	Экзамен
$40 < R \leq 50$	Отлично
$30 < R \leq 40$	Хорошо
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно

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» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Обладает фундаментальными математическими знаниями для решения профессиональных задач	Не знает определений важнейших понятий дисциплины, свойств, не может сформулировать основные утверждения. Не может воспроизвести доказательства простейших утверждений курса. Не может решать простейшие задачи, производить элементарных вычислений.	Знает определения основных понятий дисциплины, формулирует важнейшие свойства и утверждения. Может доказать простейшие свойства и утверждения. Может решить простейшие задачи курса	Знает определения всех понятий дисциплины, может сформулировать (с небольшими неточностями) свойства и утверждения дисциплины. Может доказать почти все утверждения, в доказательстве имеются небольшие пробелы. Решает все предложенные задачи курса, возможно, с небольшими недочетами; с небольшими замечаниями применяет основные методы и теории при решении задач курса.	Знает определения всех понятий дисциплины, свойства, четко и грамотно формулирует утверждения, свободно ориентируется в материале. Аргументировано, четко и логично проводит доказательства всех утверждений. Успешно владеет предложенными в курсе методами и теориями, аппаратом дифференциального и интегрального исчисления. Решает все предложенные задачи курса.

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, 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 студент, 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 студент, 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 студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

7.1.1 Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления :Учеб.пособие:В 2-х т. Т.1 / Н. С. Пискунов. - Изд.стер. - М. : Интеграл-Пресс, 2006. - 416 с. - Предм.указ.:с.410-415. - ISBN 5-89602-012-0(т.1). - ISBN 5-89602-014-7.

7.1.2 Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления :Учеб.пособие:В 2-х т. Т.2 / Н. С. Пискунов. - Изд.стер. - М. : Интеграл-Пресс, 2006. - 544 с. - Предм.указ.:с.539-544. - ISBN 5-89602-013-9(т.2). - ISBN 5-89602-014-7.

7.1.3 Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике / Д. Т. Письменный. - 10-е изд.,испр. - М. : Айрис-пресс, 2011. - 603 с. : ил. - (Высшее образование). - Прил.:с.599-603. - ISBN 978-5-8112-4351-8.

7.1.4 Запорожец Г.И. Руководство к решению задач по математическому анализу: Учеб.пособие / Г. И. Запорожец. - 7-е изд.,стер. - СПб. : Лань, 2010. - 461 с. : ил. - (Учебники для вузов.Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0912-9.

7.1.5 Берман Г.Н. Сборник задач по курсу математического анализа. Решение типичных и трудных задач :Учеб.пособие / Г. Н. Берман. - 3-е изд.,стер. - СПб. : Лань, 2007. - 608 с. : ил. - (Учебники для вузов.Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0657-9.

7.1.6 Высшая математика в упражнениях и задачах :Учеб.пособие:В 2-х ч. Ч.2 / П. Е. Данко [и др.]. - 6-е изд. - М. : Оникс 21 век; Мир и образование, 2007. - 416 с. : ил. - Библиогр.:с.416. - Прил.:с.409-415. - ISBN 978-5-488-01070-3(Оникс). - ISBN 978-5-488-01072-7(Ч.2). - ISBN 978-5-94666-366-3(Мир и образование); 978-5-94666-389-2(Ч.2).

7.2 Справочно-библиографическая литература.

7.2.1 Математический анализ: Учеб.пособие. Ч.1: Дифференциальное и интегральное исчисление функций одной переменной / В.В.Гладков, О.М. Исаева, И.В.Кольчик, Л.Н. Кривоносов, А.А.Куркин; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н. Новгород: [Изд-во НГТУ], 2019. - 213 с. - Библиогр.:с.213. - ISBN 978-5-502-01182-2; 978-5-502-01183-9 (ч.1).

7.2.2 Багаев, А.В. Математический анализ [Электронные текстовые данные]: Учеб.пособие. Ч.2: Дифференциальное и интегральное исчисление функций многих переменных / А.В.Багаев, Н.С.Гоберник, И.В. Горохова, И.В.Кольчик, А.А.; Куркин; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н. Новгород: [Изд-во НГТУ], 2020. - 183 с. - Библиогр.:с.181-182. - ISBN 978-5-502-01182-2.

7.2.3 Алексеенко С.Н. Дифференциальные уравнения: Учеб.пособие / С.Н.Алексеенко, А.В.Багаев, А.С.Епифанова, И.В.Кольчик, А.А.Куркин; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н. Новгород: [Изд-во НГТУ], 2019. - 280 с. - Библиогр.:с.279-280. - ISBN 978-5-502-01205-8.

7.2.4 Куркин, А.А. Кратные интегралы: Учеб.пособие / А.А.Куркин, О.Е. Куркина, И.В.Кольчик, А.В.Багаев, А.И. Зайцев; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н. Новгород: [Б.и.], 2014. - 140 с.: ил. - Библиогр.:с.138-137. - ISBN 978-5-502-00379-7.

7.2.5 Алексеенко, С.Н. Комплексный анализ и операционное исчисление: Учеб.пособие / С.Н. Алексеенко, А.В.Багаев, Л.Ю. Катаева, И.В.Кольчик; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н. Новгород: [Изд-во НГТУ], 2017. - 154 с. : ил. - Библиогр.:с.153-154. - ISBN 978-5-502-00969-0.

7.2.6 Функциональные последовательности и ряды. Решение задач: Учеб.пособие/ В. В. Гладков, И.И. Диденкулова, А.И. Зайцев, Л.Ю. Катаева, И.В. Кольчик, А.А. Куркин; НГТУ им. Р. Е. Алексеева. - Н. Новгород: [Изд-во НГТУ], 2016. – 120 с.- ISBN 978-5-502-00853-2.

7.3.Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

7.3.1 Кокоулина, М.В. Практикум по высшей математике [Электронные текстовые данные]: Учеб.пособие:В 2-х ч. Ч.1 /Кокоулина М.В., Кольчик И.В., Куркин А.А.и др.; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Изд-во НГТУ], 2020. - 176 с. - Библиогр.:с.174-175. - ISBN 978-5-502-01366-6.– Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3.2 Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:
http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20. Дата обращения 23.09.2015.

7.3.3 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?20.

7.3.4 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-sprimeneniem-interakt.pdf.

8. 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).

8.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgaz.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
6. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

8.2 Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

Таблица 8. Перечень электронных библиотечных систем

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

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

Таблица 9. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows XP/7/8.1/10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18)	Calculate Linux (свободное ПО)
Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Office Профессиональный плюс 2010 (лицензия № 49487732)	Adobe Reader 11 (проприетарное ПО)
Microsoft Office Standard 2007 (лицензия № 43847744)	Libre office 5.2.4.2 (свободное ПО, лицензия Mozilla Public License)
Microsoft Office Access 2013/2016 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Visual Prolog (проприетарное ПО)
Microsoft Office Visio 2013/2016 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от	MicroCAP (бесплатная студенческая версия)

25.09.14)	
Microsoft Project 2010 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	PascalABC.NET (свободное ПО, лицензия LGPL)
Mathcad 15 (лицензияPKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13)	FreePascal IDE(свободноеПО, лицензия GNU GPL 2)
AutodeskAutoCAD 2019 (с/н571-21012977, до 08.07.22)	Python 2.7 (свободное ПО, лицензия Python Software Foundation License)
Autodesk Inventor 2019 (с/н 570-41739728, до08.07.22)	Code::Blocks (свободноеПО, лицензия GNU GPLv3)
MatLABR2008a (лицензия № 527840)	Eclipse (открытое ПО, лицензия Eclipse Public License)
P7 Офис (с/н 5260001439)	Python 3.6 (свободное ПО, лицензия Python Software Foundation License)
Компас 3D-V16 (лицензионное соглашение № К-080298)	Wing IDE (проприетарное ПО)
Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021, до 26.05.22)	IntelliJIDEA (свободное ПО, лицензия Apache)
SolidWorks (с/н 9710004412135426), договор №32110779827 от 08.11.21	Blender (свободное ПО, лицензия GNU GPL 2 и GNU GPL 3)
	Mendeley (проприетарное ПО)
	DeductorStudioAcademic (бесплатная студенческая версия)

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). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

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

№	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	Электронная база избранных статей по философии	http://www.philosophy.ru/
3	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml

4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техксперт»	доступ из локальной сети

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nttu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10. - 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

10. 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 11 перечислены:

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

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
---	---	--	--

	работы		
1	1	2	3
1	6421 учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12	Комплект демонстрационного оборудования: • ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе AMD Athlon 2.8 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 250 Гб HDD, монитор 19" – 1 шт. • Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; • Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14) • Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3); • Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); • OpenOffice 4.1.1 (свободное ПО, лицензия ApacheLicense 2.0) • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободно распространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); • Dr.Web (Сертификат № EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).
	6543 компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12)	<ul style="list-style-type: none"> • Проектор Accer – 1 шт; • ПК на базе Intel Core Duo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19" – 1 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, договор № Tr113003 от 25.09.14); • Microsoft Office (лицензия № 43178972); • Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135); • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободно распространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); • Dr.Web (Сертификат № EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19) • Консультант Плюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018); • Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3)

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. 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 проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях, практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-

ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам 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 студентами, так и современных информационных технологий: электронная почта, ZOOM.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, 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 студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачета с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент 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, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

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

Результат обучения считается несформированным, если студент 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.

11.2 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 / лабораторным работам и

выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

11.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Не предусмотрены.

11.4. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой практических занятий является решение задач и разбор примеров.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- умение решать типовые задачи;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Типовые задания к практическим работам приведены в разделе 12.

11.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий 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 студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). 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.

11.6. Методические указания для выполнения РГР

Не предусмотрены.

12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Вопросы для проверки уровня обученности «ЗНАТЬ»

Раздел 1. Комплексные числа. Последовательности и ряды

1. Разные формы представления комплексных чисел: координатное, алгебраическое, тригонометрическое, символическое.
2. Определение операций сложения, умножения, деления комплексных чисел.
3. Определение модуля и аргумента комплексного числа.
4. Определение корня с натуральным показателем из комплексного числа.
5. Определение предела последовательности и суммы ряда комплексных чисел.
6. Определение абсолютной и условной сходимости комплексного ряда.

Раздел 2. Комплексные степенные ряды. Функции комплексной переменной

1. Определение степенного ряда и вид его области сходимости.
2. Определение экспоненты и выражения ее действительной и мнимой части. Формулы Эйлера.
3. Определение синуса и косинуса комплексного аргумента и их связь с экспонентой.
4. Формулы для вычисления радиуса сходимости степенного ряда.
5. Определение стереографической проекции. Формулы прямого и обратного преобразований.
6. Определение многозначной функции комплексной переменной и ее однозначной ветви.
7. Определение большого логарифма как функции, обратной к экспоненте. Основное свойство большого логарифма. Главная ветвь.
8. Определение степени и логарифма комплексного числа с комплексным показателем, соответственно комплексным основанием. Их свойства.
9. Определение и вычисление функций, обратных к тангенсу и косинусу.
10. Определение производной функции комплексной переменной и правила ее вычисления.
11. Понятие голоморфной функции. Критерий голоморфности. Условия Коши-Римана.
12. Геометрический смысл модуля и аргумента комплексной производной.
13. Понятия конформного и антиконформного отображения. Критерий конформности
14. Связь между конформными и антиконформными отображениями.
15. Определение формальных частных производных $\frac{\partial}{\partial z}, \frac{\partial}{\partial \bar{z}}$. Запись через них условий голоморфности и антиголоморфности.
16. Понятие гармонической функции. Гармоничность вещественной и мнимой части голоморфной функции.
17. Условие гармоничности через формальные частные производные
18. Отыскание голоморфной функции по ее вещественной части интегральным методом.
19. Отыскание голоморфной функции по ее вещественной части безинтегральным методом.

Раздел 3. Элементарные функции комплексной переменной

1. Линейная функция и ее свойства.

2. Дробно-линейная функция. Групповое свойство.
3. Конформность дробно-линейной функции на расширенной комплексной плоскости.
4. Условие тождественности дробно-линейной функции. Определяемость тремя парами соответственных точек.
5. Инвариантность сложного отношения четырех точек относительно дробно-линейного отображения.
6. Инвариантность обобщенных окружности и круга относительно дробно-линейного отображения.
7. Понятие симметрии двух точек относительно окружности. Критерий симметричности.
8. Инвариантность отношения симметрии относительно дробно-линейного отображения.
9. Степенная функция. Нарушение конформности в нуле. Инвариантность координатных линий полярной системы координат. Области однолиственности.
10. Образы координатных линий декартовой прямоугольной системы координат относительно экспоненты. Области однолиственности.

Раздел 4. Криволинейный интеграл и основные теоремы комплексного анализа

1. Криволинейный интеграл в комплексной плоскости. Связь с вещественными криволинейными интегралами. Свойства.
2. Интегральная теорема Коши.
3. Интегральная теорема Коши для многосвязных областей.
4. Интегральная формула Коши.
5. Теорема аналитичности. Бесконечная дифференцируемость голоморфной функции.
6. Теорема Морера.
7. Неравенства Коши. Теорема Лиувилля.
8. Основная теорема высшей алгебры (на основе теоремы Лиувилля).
9. Интегральная формула Коши для производных голоморфной функции.
10. Теорема единственности для голоморфных функций.
11. Теорема Вейерштрасса о рядах голоморфных функций.

Раздел 5. Особые точки и теория вычетов

1. Ряды Лорана. Вид области сходимости. Радиусы сходимости. Голоморфность суммы ряда Лорана в кольце сходимости.
2. Теорема Лорана.
3. Изолированные особые точки, их классификация. Критерий правильной точки.
4. Критерий полюса. Вид ряда Лорана в окрестности правильной точки, полюса, существенно особой точки (для конечных и бесконечной точек).
5. Теорема Сохоцкого. Формулировка теоремы Пикара.
6. Вычеты. Способы их вычисления.
7. Основная теорема о вычетах. Теорема о сумме вычетов.
8. Вычисление интеграла от функции $g(z) \frac{f'(z)}{f(z)}$.
9. Принцип аргумента. Теорема Руше.
10. Доказательство основной теоремы высшей алгебры на основе теоремы Руше.
11. Теорема о локальной n – листности.

12. Теоремы об открытости и обратимости.
13. Принципы максимума и минимума модуля голоморфной функции.
14. Принципы максимума и минимума для вещественной гармонической функции.
15. Вычисление вещественных интегралов 1-го и 2-го типов с помощью вычетов.
16. Вычисление вещественных интегралов 3-го и 4-го типов с помощью вычетов.
17. Характеризация рациональной функции через особые точки. Разложение на простые дроби.

Раздел 6. Операционное исчисление

1. Преобразование Лапласа и его свойства.
2. Таблица оригиналов и изображений.
3. Формула обращения Меллина. Вычисление оригиналов с помощью вычетов.
4. Решение дифференциальных уравнений методом операционного исчисления.

Вопросы для проверки уровня обученности «УМЕТЬ»

Раздел 1. Комплексные числа. Последовательности и ряды

1. Разделить два заданных комплексных числа.
2. Найти модуль и аргумент заданного комплексного числа и записать его в тригонометрической форме.
3. Извлечь корень квадратный из заданного комплексного числа в алгебраической форме записи.
4. Извлечь корень степени выше двух из заданного комплексного числа в тригонометрической форме записи.
5. Исследовать данный комплексный ряд на абсолютную сходимость.
6. Исследовать заданный комплексный ряд на сходимость.

Раздел 2. Комплексные степенные ряды. Функции комплексной переменной

1. Найти радиус сходимости заданного степенного ряда.
2. Найти область сходимости данного степенного ряда.
3. Подсчитать значение экспоненты в заданной комплексной точке.
4. Подсчитать значение синуса (косинуса) в заданной комплексной точке.
5. Подсчитать значения большого логарифма в заданной комплексной точке.
6. Подсчитать степень с заданными комплексными основанием и показателем.
7. Подсчитать логарифм заданного комплексного числа с заданным комплексным основанием.
8. Найти образ заданной обобщенной окружности на комплексной плоскости относительно стереографической проекции.
9. Подсчитать значение большого арктангенса в заданной комплексной точке.
10. Найти множество точек, в которых дифференцируема данная комплексная функция.
11. Найти множество точек, в которых длины касательных векторов увеличиваются для заданного голоморфного отображения.
12. Найти множество точек, в которых угол поворота касательных векторов равен нулю для заданного голоморфного отображения.
13. Восстановить голоморфную функцию по заданной вещественной гармонической функции, которая должна быть вещественной частью искомой голоморфной функции. (Интегральный метод)
14. Восстановить голоморфную функцию по ее заданной вещественной части (безынтегральный метод).

Раздел 3. Элементарные функции комплексной переменной

1. Отобразить с помощью линейной функции одну полуплоскость комплексной плоскости на другую полуплоскость.
2. Задать дробно-линейную функцию тремя парами соответственных точек.
3. Отобразить с помощью дробно-линейной функции один обобщенный круг на другой.
4. Найти образ данного обобщенного круга относительно данного дробно-линейного отображения.
5. Найти образ прямого угла относительно данного дробно-линейного отображения.
6. Отобразить конформно данный угол на единичный круг.
7. Найти образ горизонтальной полосы между двумя параллельными прямыми относительно экспоненты.
8. Отобразить конформно данную полосу между двумя параллельными прямыми на верхнюю полуплоскость.
9. Задать окружность по трем заданным точкам.
10. Найти точку, симметричную данной точке относительно данной окружности.

Раздел 4. Криволинейный интеграл и основные теоремы комплексного анализа

1. Вычислить заданный криволинейный интеграл путем сведения его к определенному интегралу.
2. Вычислить заданный криволинейный интеграл от голоморфной функции по замкнутому пути с помощью интегральной формулы Коши.
3. Вычислить заданный криволинейный интеграл от голоморфной функции по замкнутому пути с помощью интегральной формулы Коши для производных.
4. Найти радиус сходимости ряда Тейлора для данной голоморфной функции в данной точке, не вычисляя самого ряда.
5. Разложить данную голоморфную функцию в окрестности данной точки в ряд Тейлора.
6. Для заданной голоморфной функции найти ее первообразную.

Раздел 5. Особые точки и теория вычетов

1. Найти радиусы сходимости данного ряда Лорана.
2. Найти область сходимости данного ряда Лорана.
3. Разложить функцию, голоморфную в заданном кольце, в ряд Лорана.
4. У данной функции найти все особые точки и определить их тип.
5. Вычислить все вычеты данной голоморфной функции.
6. Вычислить криволинейный интеграл по замкнутому пути от данной голоморфной функции с помощью вычетов.
7. Вычислить вещественные интегралы 1-го, 2-го, 3-го, 4-го типов с помощью вычетов.
8. Найти число корней данного многочлена в заданной области.

Раздел 6. Операционное исчисление

1. Найти изображение для заданного оригинала.
2. Найти оригинал по заданному изображению
3. Решить дифференциальное линейное уравнение порядка выше двух с начальными данными методом операционного исчисления.

4. Решить систему линейных дифференциальных уравнений с начальными данными методом операционного исчисления.

Вопросы для проверки уровня обученности «ВЛАДЕТЬ»

Раздел 1. Комплексные числа. Последовательности и ряды

1. Геометрический смысл операции сопряжения.
2. Геометрический смысл понятий модуля и аргумента.
3. Геометрический смысл операций сложения и умножения.
4. Изображение на комплексной плоскости уравнений и неравенств, содержащих комплексную переменную.
5. Взаимопереход между записью уравнений и неравенств в символической форме и в координатной форме.
6. Сведение комплексной последовательности (ряда) к паре вещественных последовательностей (рядов).

Раздел 2. Комплексные степенные ряды. Функции комплексной переменной

1. Записать степенные ряды для функций $\exp z, \sin z, \cos z$ и указать радиусы их сходимости.
2. Записать степенные ряды для $\ln z, \operatorname{arctg} z, (1+z)^\alpha$ и указать радиусы их сходимости.
3. Записать условия голоморфности и антиголоморфности через формальные производные $\frac{\partial}{\partial z}, \frac{\partial}{\partial \bar{z}}$.
4. Записать уравнение Лапласа через формальные производные.
5. Записать какую-либо однозначную ветвь многозначной функции $\operatorname{Ln} z$ с разрезом по положительной вещественной полуоси.
6. Найти все гармонические функции $u(x, y)$ вида $u = \varphi(x^2 + y^2)$.
7. Найти все гармонические функции, принимающие постоянное значение на каждой прямой $x = C$.
8. Найти голоморфную функцию с вещественной частью xy .
9. Найти коэффициент растяжения касательных векторов в точке i относительно отображения $w = z^2 + iz$.
10. Найти угол поворота касательных векторов в точке i относительно отображения $w = z^2 + iz$.

Раздел 3. Элементарные функции комплексной переменной

1. Отобразить с помощью линейной функции полуплоскость $x > 2$ на полуплоскость $x + y < 1$.
2. Во что переводит линейная функция $w = iz + 1$ окружность $|z + 1| = 1$?
3. Записать уравнение окружности, проходящей через точки $i, 2i, 1$.
4. Построить дробно-линейную функцию по трем парам соответственных точек $0, i, \infty$ и $i, 0, 1$.
5. Найти образ единичной окружности $|z| = 1$ при отображении $w = \frac{1}{2}(z + \frac{1}{z})$.
6. Отобразить с помощью дробно-линейной функции правую полуплоскость (относительно мнимой оси) на единичный круг.

7. Найти точку, симметричную точке i относительно окружности $|z-1|=2$.
8. Найти образ прямой $x=y$ при отображении $w=z^3$.
9. Найти образ горизонтальной полосы $\frac{\pi}{2} < e < \pi$ при отображении $w = \exp z$.
10. Отобразить конформно вертикальную полосу $1 < x < 2$ на верхнюю полуплоскость.

Раздел 4. Криволинейный интеграл и основные теоремы комплексного анализа

1. Вычислить криволинейный интеграл $\oint_{\gamma} |z| dz$, где γ - периметр единичного квадрата.
2. Вычислить криволинейный интеграл от голоморфной функции $\oint_{|z|=2} \frac{z+2}{z+1} dz$.
3. Вычислить криволинейный интеграл $\oint_{|z|=2} \frac{z+2}{(z+1)^2} dz$.
4. Найти радиус сходимости ряда Тейлора функции $\frac{1}{1+z^2}$ в точке 3, не вычисляя самого ряда.
5. Разложить в ряд Тейлора в окрестности нуля функцию $\frac{z}{z^2-3z+2}$.
6. Найти область сходимости ряда Лорана $\sum_{n=-\infty}^{+\infty} 2^{-|n|} z^n$.
7. Проверить тождество $\frac{1}{(z-b)^2} = -\sum (n+1)b^{-n-2}z^n, |z| > |b|$.
8. Разложить функцию $\frac{1}{(z+1)(z-2)}$ в ряд Лорана в кольце $1 < |z| < 2$.
9. Разложить функцию $\frac{1}{z(z-3)^2}$ в ряд Лорана в кольце $1 < |z-1| < 2$.

Раздел 5. Особые точки и теория вычетов

1. Найти все изолированные особые точки и определить их тип для функции $z^2 \sin \frac{z}{z+1}$.
2. Вычислить вычет в нуле для функции $\frac{\sin z}{z^2}$.
3. Вычислить вычет в бесконечности для функции $\cos \pi \frac{z+2}{2z}$.
4. Найти все вычеты для функции $\frac{z^2}{1+z^4}$.
5. Вычислить интеграл с помощью вычетов $\oint_{|z-1|=1} \frac{dz}{1+z^4}$.

6. Применяя теорему Руше, подсчитать число корней многочлена $2z^4 - 5z + 2$ в круге $|z| < 1$.

7. Вычислить с помощью вычетов вещественный интеграл 1-го типа $\int_{-\pi}^{\pi} \frac{dx}{5 - 3\cos x}$.

8. Вычислить с помощью вычетов вещественный интеграл 2-го типа

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x^2 dx}{(x^2 + 1)(x^2 + 9)}.$$

9. Вычислить с помощью вычетов вещественный интеграл 3-го типа

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(x-1)\sin x}{x^2 - 2x + 2} dx.$$

Раздел 6. Операционное исчисление

1. Найти изображение оригинала $f(t) = te^{2t}$.

2. Найти оригинал изображения $F(p) = \frac{p}{p^2 - 3p + 2}$.

3. Решить дифференциальное уравнение $x'' - 2x' + x = t^2 e^t$, $x(0) = x'(0) = 0$.

4. Решить систему дифференциальных уравнений

$$x' + 2x + 2y = 10e^{2t}, y' - 2x + y = 7e^{2t}, x(0) = 1, y(0) = 3.$$

Типовые билеты экзамена

Приведен типовой экзаменационный билет. Полный комплект содержит 32 экзаменационных билета и находится у преподавателя, ведущего лекции для студентов направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им.Р.Е. АЛЕКСЕЕВА**

Кафедра «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА»
Дисциплина «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

1. Комплексные числа и действия над ними. Операция сопряжения. Модуль комплексного числа и его свойства.

2. Степенная функция. Нарушение конформности в нуле. Инвариантность координатных линий полярной системы координат. Области однолиственности.

3. Где дифференцируема функция

$$w = x^2 - y^2 + 2x - 1 + i(2y + 2xy)?$$

Зав. кафедрой
проф. Куркин А.А.

Экзаменатор
доц. Кривонов Л.Н.

Типовой вариант контрольной работы № 1

1. Вычислить $\sqrt{-5-12i}$.
2. Вычислить $\cos(1+2i)$.
3. Где дифференцируема функция $f(z) = x^3 + i3x^2y$?
4. Найти угол поворота касательных векторов в точке $z = i$ для отображения $w = \frac{z^2+1}{z-1}$.
5. При каких вещественных α сходится ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (n^2+1)^\alpha i^n$?
6. Восстановить голоморфную функцию по ее вещественной части $u = x^2 - y^2 - y$.
7. Разложить в ряд Тейлора по степеням $z-1$ функцию $\frac{z}{(z+1)(z+2)}$.

Типовой вариант контрольной работы № 2

1. Найти область сходимости ряда Лорана $\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{z^n}{3^n+1}$.
2. Разложить функцию $\frac{z^4+1}{(z-1)(z+2)}$ в ряд Лорана в кольце $1 < |z| < 2$.
3. Вычислить все вычеты функции $\frac{z^2}{(1+z)^3}$.
4. Вычислить интеграл $\oint_{|z|=2} \frac{\sin z}{(z+1)^3} dz$.
5. Вычислить интеграл $\int_{-\pi}^{\pi} \frac{dx}{13+12\sin x}$.
6. Вычислить интеграл $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{x^4+10x^2+9}$.
7. Вычислить интеграл $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(1+x)\cos x}{x^4+5x^2+4} dx$.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИРИТ

“ ____ ” _____ 2021__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины¹

«Б1.Б.15 Комплексный анализ»

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров

Направление: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность: Математическое моделирование и компьютерные технологии

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 2

Семестр 4

²а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1)

2)

3)

Разработчик (и): _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«__» _____ 2021__ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
_____ протокол № _____ от «__»
_____ 2021__ г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой (наименование) _____ «__» _____ 2021__ г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» _____ 2021__ г.

¹Рабочая программа дисциплины актуализируется ежегодно перед началом нового учебного года

²Разработчик выбирает один из представленных вариантов