

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
“КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”

Институт географии, геологии, туризма и сервиса  
Кафедра геофизических методов поисков и разведки

“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор по учебной работе,  
качеству образования —  
первый проректор

Т.А. Хагуров

“ 28 ”

мая

2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.32 ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ  
ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ**

Специальность 21.05.03 “Технология геологической разведки”  
Специализация “Геофизические методы исследования скважин”

Квалификация (степень) выпускника: горный инженер-геофизик  
Форма обучения: очная

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины «Теория функций комплексных переменных для горных инженеров» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №977 от 12.08.2020 г.

**Программу составил:**

Захарченко Е.И., канд. техн. наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой геофизических методов поисков и разведки




Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры геофизических методов поисков и разведки

«13» 04 2021 г.

Протокол № 9

И.о. заведующего кафедрой геофизических методов поисков и разведки, канд. техн. наук, доцент

 Захарченко Е.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании учебно-методической комиссии Института географии, геологии, туризма и сервиса

«20» 04 2021 г.

Протокол № 4

Председатель учебно-методической комиссии ИГГТиС,  
канд. геогр. наук, доцент



Филобок А.А.

**Рецензенты:**

Гуленко В.И., д-р техн. наук, профессор кафедры геофизических методов поисков и разведки

Шкирман Н.П., канд. геол.-мин. наук, руководитель группы обработки и интерпретации ООО «Краснодарспецгеофизика»

## **1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)**

### **1.1. Цель освоения дисциплины**

Дисциплина “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” является одним из важных курсов для изучения основных разделов разведочной геофизики, широко применяемой при поисках нефтегазовых месторождений, геологическом картировании, в решении задач инженерной геологии.

Цель изучения дисциплины “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” — ознакомление студентов с основами теории функций комплексных переменных: дифференцированием функций комплексных переменных, построением конформных отображений простейших областей, вычислением комплексных интегралов, разложением функций в ряд Лорана; с прикладными аспектами этих математических концепций.

### **1.2. Задачи изучения дисциплины**

В соответствии с поставленной целью в процессе изучения дисциплины “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” решаются следующие задачи:

— знание математические модели физических явлений при изучении земной коры;

— овладение основными понятиями комплексного анализа и методами комплексного анализа для исследования и решения задач алгебры, анализа, дифференциальных уравнений;

— умение применять методы обработки информации, получаемой при геофизических исследованиях с помощью методов теории функций комплексных переменных;

— приобретение навыков проектирования отдельных вычислительных методов для решения поставленных краевых задач в геофизике с применением методов теории функций комплексных переменных и операционного исчисления;

— ознакомление с приложениями теории функций комплексных переменных при построении моделей естествознания и исследовании физических явлений.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу специалитета, являются горные породы и геологические тела в земной коре, горные выработки.

### 1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” введена в учебные планы подготовки специалистов (специальность 21.05.03 “Технология геологической разведки” специализация “Геофизические методы исследования скважин”) согласно ФГОС ВО, относится к блоку Б1, к обязательной части (Б1.О), индекс дисциплины — Б1.О.32, читается в шестом семестре.

Дисциплина предусмотрена основной образовательной программой (ООП) КубГУ (специальность 21.05.03 “Технология геологической разведки”) в объёме 3 зачетных единиц (108 часов, итоговый контроль — экзамен).

### 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине <i>(знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))</i>
ОПК-3. Способен применять основные положения фундаментальных естественных наук и научных теорий при проведении научно-исследовательских работ по изучению и воспроизводству минерально-сырьевой базы	
ИОПК-3.1. Владеет основными положениями фундаментальных естественных наук и научных теорий	Знает основные понятия и определения комплексной переменной и теории функций комплексной переменной; основные понятия и теоремы интегрального исчисления теории функций комплексных переменных
	Умеет применять методы конформного отображения при решении прямых и обратных задач геофизики при поисках месторождений полезных ископаемых; применять теорему Коши и теорему о существовании первообразной
	Владеет основными положениями классических разделов теории функций комплексных переменных; методами определения интеграла функции комплексной переменной по замкнутой кривой
ИОПК-3.2. Применяет основные положения фундаментальных естественных наук и научных теорий при проведении работ по изучению и воспроизводству минерально-	Знает задачу с начальными данными (задача Коши) для уравнения колебаний в неограниченном пространстве и на плоскости
	Умеет интерпретировать результаты решения уравнений разведочной геофизики при поисках

сырьевой базы	нефтегазовых залежей с применением аппарата теории функций комплексной переменной
	Владеет навыками расчетов уравнений колебаний, теплопроводности, диффузии, фильтрации, намагничивания в определении возможности и направленности природных процессов и явлений с применением аппарата интегрального исчисления функций комплексных переменных; интегрированием систем обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью операционного исчисления
ПК-3. Способен решать прямые и обратные (некорректные) задачи геофизики на высоком уровне фундаментальной подготовки по теоретическим, методическим и алгоритмическим основам создания новейших технологических геофизических процессов	
ИПК-3.1. Владеет теоретическими, методическими и алгоритмическими основам создания новейших технологических геофизических процессов	Знает основные методы принятия решения в рамках своей профессиональной компетенции; основные приемы работы над междисциплинарными проектами
	Умеет самостоятельно принимать решения в рамках своей профессиональной компетенции; работать над междисциплинарными проектами
	Владеет основными методами принятия решения в рамках своей профессиональной компетенции; навыками работы над междисциплинарными проектами
ИПК-3.2. Владеет способностью решать прямые и обратные (некорректные) задачи геофизики	Знает теорию функций комплексных переменных для решения специализированных задач
	Умеет использовать знания теории функций комплексных переменных при решении профессиональных задач
	Владеет навыками применения теории функций комплексных переменных для решения специализированных задач

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			6 семестр (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>		<b>42,3</b>	<b>42,3</b>
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>			
занятия лекционного типа		28	28
лабораторные занятия		14	14
практические занятия		-	-
<b>Иная контактная работа:</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		3	3
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>		<b>36</b>	<b>36</b>
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.). Подготовка к текущему контролю		36	36
<b>Контроль:</b>			
Подготовка к экзамену		26,7	26,7
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>42,3</b>	<b>42,3</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

## 2.2. Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 6 семестре.

№ раздела	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеаудиторная работа
			Л	ЛР	ПЗ	
1	2	3	4	5	6	7
1	Комплексная переменная и функции комплексной переменной	17	3	2	—	6
2	Конформное отображение и регулярная ветвь многозначной функции	16	5	3	—	7
3	Интегралы по комплексной переменной	18	4	2	—	5
4	Ряды регулярных функций	20	5	2	—	6
5	Теория вычетов и аналитическое продолжение	18	6	3	—	6

	функции					
6	Гармонические функции двух переменных. Операционное исчисление	19	5	2	—	6
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	3				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

## 2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1. Занятия лекционного типа

Принцип построения программы — модульный, базирующийся на выделении крупных разделов (тем) программы — модулей, имеющих внутреннюю взаимосвязь и направленных на достижение основной цели преподавания дисциплины. В соответствии с принципом построения программы и целями преподавания дисциплины курс “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” содержит 6 модулей, охватывающих основные разделы (темы).

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице.

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Комплексная переменная и функции комплексной переменной	Методы математического описания функций комплексных переменных и приложения для анализа и описания геофизических полей. Комплексные числа. Интегрирование функций комплексной переменной; теорема Коши; принцип максимума и лемма Шварца; равномерная сходимости; высшие производные. Представление аналитических функций рядами.	КР, УО
2	Конформное отображение и регулярная ветвь многозначной функции	Общие положения, понятие конформного отображения; основная задача; соответствие границ; простейшие конформные отображения. Принцип симметрии и отображение многоугольников.	КР, УО
3	Интегралы по комплексной переменной	Определение интеграла от функции комплексной переменной по замкнутой кривой. Теорема Коши. Теорема о существовании первообразной. Формула Ньютона-Лейбница. Интегральная формула Коши. Теорема Морера. Лемма о стирании	КР, УО

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
		пунктиров.	
4	Ряды регулярных функций	Определение равномерной сходимости ряда внутри области. Теоремы Вейерштрасса. Представление регулярной функции в кольце в виде ряда Лорана. Коэффициенты ряда Лорана. Разложения в ряд Лорана элементарных функций. Теорема единственности разложения в ряд Лорана. Изолированные особые точки однозначного характера.	КР, УО
5	Теория вычетов и аналитическое продолжение функции	Определение вычета функции. Формула для нахождения вычета в особой точке однозначного характера. Теорема Коши о вычетах. Лемма Жордана.	КР, УО
6	Гармонические функции двух переменных. Операционное исчисление	Определение целой функции. Мероморфные функции. Определение логарифмической производной. Теорема Коши-Адамара. Гармонические функции, свойства гармонических функций. Теорема о среднем для регулярных функций. Теорема о среднем для гармонических функций. Принцип максимума модуля регулярной функции. Принцип максимума и минимума для гармонической функции. Интеграл Пуассона и функция Грина для ограниченной области с дважды дифференцируемой границей. Принцип симметрии. Интеграл Кристоффеля-Шварца. Прямое и обратное преобразования Лапласа. Применение операционного исчисления для решения систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.	КР, УО

Форма текущего контроля — контрольная работа (КР) и устный опрос (УО).

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### **2.3.2. Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)**



Перечень занятий семинарского типа по дисциплине “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” приведен в таблице.

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Тематика практических работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Комплексная переменная и функции комплексной переменной	Введение в комплексный анализ	КР-1, УО-1
2	Конформное отображение и регулярная ветвь многозначной функции	Конформные отображения	КР-2, ДКР-1, УО-2
3	Интегралы по комплексной переменной	Дифференцирование и интегрирование комплексных переменных	КР-3, УО-3
4	Ряды регулярных функций	Лорановские разложения функций	КР-4, УО-4
5	Теория вычетов и аналитическое продолжение функции	Вычеты и их приложения	КР-5, УО-5
6	Гармонические функции двух переменных. Операционное исчисление	Операционное исчисление и его приложение	КР-6, УО-6

Форма текущего контроля — контрольные работы (КР-1 — КР-6), домашняя контрольная работа (ДКР-1), устный опрос (УО-1 — УО-6).

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

#### 2.3.4. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) по дисциплине “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” не предусмотрены.

#### 2.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине (модулю) приведен в таблице.

№	Вид СР	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	СР	Методические указания по организации

		самостоятельной работы по дисциплине “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров”, утвержденные кафедрой геофизических методов поисков и разведки, протокол №14 от 11.06.2021 г.
2	Контрольная работа	Методические рекомендации по выполнению контрольных работ, утвержденные кафедрой геофизических методов поисков и разведки, протокол №14 от 11.06.2021 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии**

Общим вектором изменения технологий обучения должны стать активизация студента, повышение уровня его мотивации и ответственности за качество освоения образовательной программы.

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” используются следующие образовательные технологии, приемы, методы и активные формы обучения:

1) разработка и использование активных форм лекций (в том числе и с применением мультимедийных средств):

- а) проблемная лекция;
- б) лекция-визуализация;
- в) лекция с разбором конкретной ситуации.

2) разработка и использование активных форм практических работ:

- а) практическая работа с разбором конкретной ситуации;
- б) бинарное занятие.

В сочетании с внеаудиторной работой в активной форме выполняется также обсуждение контролируемых самостоятельных работ (КСР).

В процессе проведения лекционных занятий и практических работ практикуется широкое использование современных технических средств (проекторы, интерактивные доски, Интернет). С использованием Интернета осуществляется доступ к базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Теория функций комплексных переменных для горных инженеров».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме контрольной работы, расчетно-графических заданий, устного опроса, рефератов и промежуточной аттестации в форме вопросов к экзамену.

№	Код и наименование индикатора	Результаты обучения	Наименование оценочного средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	ИОПК-3.1. Владеет основными положениями фундаментальных естественных наук и научных теорий	Знает основные понятия и определения комплексной переменной и теории функций комплексной переменной; основные понятия и теоремы интегрального исчисления теории функций комплексных переменных	КР-1	Вопросы на экзамене 1-6
2.		Умеет применять методы конформного отображения при решении прямых и обратных задач геофизики при поисках месторождений полезных ископаемых; применять теорему Коши и теорему о существовании первообразной	УО-1	Вопросы на экзамене 7-12
3.		Владеет основными	КР-2	Вопросы на

		положениями классических разделов теории функций комплексных переменных; методами определения интеграла функции комплексной переменной по замкнутой кривой		экзамене 13-18
4.	ИОПК-3.2. Применяет основные положения фундаментальных естественных наук и научных теорий при проведении работ по изучению и воспроизводству минерально-сырьевой базы	Знает задачу с начальными данными (задача Коши) для уравнения колебаний в неограниченном пространстве и на плоскости	ДКР-1	Вопросы на экзамене 19-24
5.		Умеет интерпретировать результаты решения уравнений разведочной геофизики при поисках нефтегазовых залежей с применением аппарата теории функций комплексной переменной	УО-2	Вопросы на экзамене 25-29
6.		Владеет навыками расчетов уравнений колебаний, теплопроводности, диффузии, фильтрации, намагничивания в определении возможности и направленности природных процессов и явлений с применением аппарата интегрального исчисления функций комплексных переменных; интегрированием систем обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью операционного исчисления	КР-3	Вопросы на экзамене 30-35
7.	ИПК-3.1. Владеет теоретическими, методическими и алгоритмическими основам создания новейших технологических геофизических процессов	Знает основные методы принятия решения в рамках своей профессиональной компетенции; основные приемы работы над междисциплинарными проектами	УО-3	Вопросы на экзамене 36-42
8.		Умеет самостоятельно принимать решения в рамках своей профессиональной компетенции; работать над междисциплинарными	КР-4	Вопросы на экзамене 43-50

		проектами		
9.		Владеет основными методами принятия решения в рамках своей профессиональной компетенции; навыками работы над междисциплинарными проектами	УО-4	Вопросы на экзамене 51-57
10.		Знает теорию функций комплексных переменных для решения специализированных задач	УО-4	Вопросы на экзамене 58-67
11.	ИПК-3.2. Владеет способностью решать прямые и обратные (некорректные) задачи геофизики	Умеет использовать знания теории функций комплексных переменных при решении профессиональных задач	УО-5	Вопросы на экзамене 68-78
12.		Владеет навыками применения теории функций комплексных переменных для решения специализированных задач	КР-6, УО-6	Вопросы на экзамене 79-86

**4.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

К формам письменного контроля относится *контрольная работа*, которая является одной из сложных форм проверки; она может применяться для оценки знаний по базовым и вариативным дисциплинам всех циклов. Контрольная работа состоит из небольшого количества средних по трудности задач или заданий, требующих поиска обоснованного ответа.

Во время проверки и оценки контрольных письменных работ проводится анализ результатов выполнения, выявляются типичные ошибки, а также причины их появления.

Контрольная работа может занимать часть или полное учебное занятие с разбором правильных решений на следующем занятии.

Перечень контрольных работ приведен ниже.

*Контрольная работа 1.* Введение в комплексный анализ.

*Контрольная работа 2.* Конформные отображения.

*Контрольная работа 3.* Дифференцирование и интегрирование комплексных переменных.

*Контрольная работа 4. Лорановские разложения функций.*

*Контрольная работа 5. Вычеты и их приложения.*

*Контрольная работа 6. Операционное исчисление и его приложение.*

Критерии оценки контрольных работ:

— оценка “зачтено” выставляется студенту, если он правильно применяет теоретические положения курса при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, а также правильно выполняет расчеты контрольной работы;

— оценка “не зачтено” выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, в расчетной части контрольной работы допускает существенные ошибки, затрудняется объяснить расчетную часть, а также неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания или не справляется с ними самостоятельно.

К формам контроля самостоятельной работы студента относится *домашняя контрольная работа*, одна из форм контроля уровня знаний студента и ориентирования его в вопросах, ограниченных объемом учебной тематики.

Цели домашней контрольной работы:

— углубить, систематизировать и закрепить теоретические знания студентов;

— проверить степень усвоения одной темы или вопроса;

— выработать у студента умения и навыки самостоятельной обработки материала.

Перечень домашних контрольных работ приведен ниже.

*Домашняя контрольная работа 1. Конформные отображения.*

Критерии оценки домашних контрольных работ:

— оценка “зачтено” выставляется студенту, если выполнено не менее 60% заданий варианта, работа выполнена по стандартной или самостоятельно разработанной методике, в освещении вопросов не содержится грубых ошибок, по ходу решения сделаны аргументированные выводы;

— оценка “не зачтено” выставляется студенту, если он не справился с заданием (выполнено менее 60% задания), не раскрыто основное содержание работы, имеются грубые ошибки в освещении вопросов, в решении задач, а так же если работа выполнена не самостоятельно.

*Устный опрос* — наиболее распространенный метод контроля знаний учащихся. При устном опросе устанавливается непосредственный контакт между преподавателем и учащимся, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных особенностей усвоения учащимися учебного материала.

Цель устного опроса: проверка знаний учащихся; проверка умений учащихся публично излагать материал; формирование умений публичных выступлений.

Вопросы для проведения устного опроса приведены ниже.

*Вопросы устного опроса по разделу №1 “Комплексная переменная и функции комплексной переменной”.*

1. Формы представления комплексных чисел: алгебраическая, тригонометрическая, показательная.
2. Геометрическая интерпретация комплексных чисел.
3. Модуль и аргумент комплексного числа. Главное значение аргумента комплексного числа.
4. Геометрический смысл модуля и аргумента производной.

*Вопросы устного опроса по разделу №2 “Конформное отображение и регулярная ветвь многозначной функции”.*

1. Определение конформного отображения. Примеры конформных отображений.
2. Регулярная ветвь многозначной функции.
3. Непрерывная ветвь аргумента.
4. Конформное отображение  $w = \exp(z)$ .
5. Общая степенная функция  $z^a = \exp[a \operatorname{Ln}(z)]$ .
6. Сфера Римана и расширенная комплексная плоскость.
7. Определение односвязной области.
8. Многосвязная область.
9. Теорема о соответствии границ.
10. Теорема (принцип сохранения области).

*Вопросы устного опроса по разделу №3 “Интегралы по комплексной переменной”.*

1. Определение предела последовательности  $\{z_n\}$  при  $z \rightarrow \infty$ .
2. Критерий Коши для сходимости последовательности  $\{z_n\}$ .

Формула Эйлера.

3. Определение предела функции  $f(z)$  при  $z \rightarrow z_0$ .
4. Определение непрерывности функции  $f(z)$  в точке  $z_0$ .
5. Определение интеграла от функции  $f(z)$  по кривой  $\gamma$ .

6. Теорема Коши  $\oint_C f(z) dz = 0$ .

7. Теорема о существовании первообразной  $F(z) = \int_a^z f(\zeta) d\zeta$ .
8. Интеграл типа Коши. Интеграл Коши.

9. Интегральная формула Коши:  $f(z) = \frac{1}{2\pi i} \oint_C \frac{f(\zeta) d\zeta}{\zeta - z}$ .

10. Дифференцируемость функции комплексной переменной. Дифференциал функции.

11. Условия Коши-Римана. Их запись в декартовой и полярной системах координат.

*Вопросы устного опроса по разделу №4 “Ряды регулярных функций”.*

1. Изолированные особые точки однозначного характера: устранимая особая точка, полюс, существенно особая точка.

2. Определение регулярной (аналитической, голоморфной) функции  $f(z)$  в области  $D$ .

3. Теорема о суперпозиции регулярных функций.

4. Лемма об обратной функции.

5. Теорема об обратной функции.

*Вопросы устного опроса по разделу №5 “Теория вычетов и аналитическое продолжение функции”.*

1. Определение вычета функции.

2. Формула для нахождения вычета в особой точке однозначного характера.

3. Теорема Коши о вычетах.

4. Лемма Жордана.

*Вопросы устного опроса по разделу №6 “Гармонические функции двух переменных. Операционное исчисление”.*

5. Уравнение Лапласа.

6. Гармонические функции их свойства.

7. Краевая задача Дирихле.

8. Решение задачи Дирихле для круга.

9. Формула Пуассона.

10. Краевая задача Дирихле для полуплоскости.

11. Функция Грина, её свойства.

12. Принцип симметрии.

13. Операционное исчисление, как метод интегрирования линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

Критерии оценки защиты устного опроса:

— оценка “зачтено” ставится, если студент достаточно полно отвечает на вопрос, развернуто аргументирует выдвигаемые положения, приводит убедительные примеры, обнаруживает последовательность анализа, демонстрирует знание специальной литературы в рамках учебного методического комплекса и дополнительных источников информации;

— оценка “не зачтено” ставится, если ответ недостаточно логически выстроен, студент обнаруживает слабость в развернутом раскрытии профессиональных понятий.



## 4.2. Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)

К формам контроля относится *экзамен*.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Комплексные числа, свойства равенств комплексных чисел.
2. Формы представления комплексных чисел: алгебраическая, тригонометрическая, показательная.
3. Операции сложения и вычитания комплексных чисел.
4. Операции умножения и деления комплексных чисел.
5. Сопряжённые числа.
6. Геометрическая интерпретация комплексных чисел.
7. Модуль и аргумент комплексного числа.
8. Геометрический смысл модуля и аргумента производной.
9. Корень  $n$ -й степени из комплексного числа.
10. Последовательности комплексных чисел и показательная форма комплексного числа.
11. Определение конформного отображения.
12. Теорема Меньшова.
13. Конформное отображение, задаваемое функцией  $w=z^2$ .
14. Обратная функция  $z = \sqrt{w}$ .
15. Регулярная ветвь многозначной функции.
16. Непрерывная ветвь аргумента.
17. Общий способ выделения регулярной ветви.
18. Выделение регулярной ветви многозначного комплексного логарифма.
19. Функция Жуковского.
20. Сфера Римана и расширенная комплексная плоскость.
21. Дробно-линейная функция и её свойства.
22. Многосвязная и односвязная области.
23. Теорема Римана об односвязных областях.
24. Теоремы о соответствии границ (теоремы о принципах соответствия границ и сохранения области).
25. Критерий Коши для сходимости последовательности  $\{z_n\}$ .
26. Непрерывные функции комплексной переменной.
27. Предел функции комплексной переменной  $f(z)$ .
28. Дифференцируемые функции комплексной переменной.
29. Условия Коши-Римана.
30. Условия Коши-Римана в полярной системе координат.
31. Функции регулярные в области.
32. Теорема о суперпозиции регулярных функций.

33. Лемма об обратной функции. Теорема об обратной функции.
34. Определение интеграла по кривой  $\gamma$  в комплексной плоскости.
35. Теорема Коши.
36. Теорема о существовании первообразной.
37. Формула Ньютона-Лейбница и её применение на примерах.
38. Интеграл типа Коши. Интеграл Коши.
39. Интегральная формула Коши.
40. Теорема Морера.
41. Лемма о стирании пунктиров.
42. Равномерная сходимости ряда внутри области.
43. 1-я и 2-я теоремы Вейерштрасса.
44. Теорема о представлении функции в виде степенного ряда.
45. Ряд Лорана.
46. Выражение коэффициентов ряда Лорана.
47. Главная часть ряда Лорана, правильная часть ряда Лорана.
48. Теорема единственности.
49. Изолированная особая точка однозначного характера (устраняемая особая точка, полюс, существенно особая точка).
50. Теорема о соответствии условий для изолированных особых точек однозначного характера.
51. Примеры особых точек однозначного характера (устраняемая особая точка, простой полюс, существенно особая точка).
52. Теорема Пикара.
53. Теорема Сохоцкого.
54. Определение вычета функции  $f(z)$ .
55. Формула для вычисления вычета в особой точке однозначного характера, которая является полюсом порядка  $m$ .
56. Нахождение вычета для простого полюса.
57. Теорема Коши о вычетах. Примеры нахождения интегралов с помощью теоремы Коши о вычетах.
58. Лемма Жордана.
59. Определение вычета в бесконечно удалённой точке.
60. Теорема о равенстве нулю суммы вычетов во всех точках (включая бесконечно удалённую точку).
61. Теорема единственности. Аналитическое продолжение функции  $f(z)$  в область  $G_2$  через  $D$ .
62. Теорема единственности непосредственного аналитического продолжения.
63. Аналитическое продолжение вдоль пути. Примеры аналитического продолжения функций вдоль пути.
64. Теорема монодромии.

65. Целые функции. Мероморфные функции.
66. Правильная система контуров.
67. Теорема о разложении мероморфной функции.
68. Особая точка.
69. Теорема Коши-Адамара.
70. Точки разветвления.
71. Принцип аргумента.
72. Гармонические функции.
73. Определение гармонической функции.
74. Теорема о среднем для регулярных функций.
75. Теорема о среднем для гармонических функций.
76. Принцип максимума модуля для регулярных функций.
77. Принцип максимума и минимума для гармонических функций.
78. Решение задачи Дирихле для круга.
79. Формула Пуассона.
80. Ядро Пуассона.
81. Решение задачи Дирихле для полуплоскости.
82. Интеграл Пуассона и формула Грина для ограниченной области с дважды дифференцируемой границей.
83. Принцип симметрии.
84. Интеграл Кристоффеля-Шварца.
85. Прямое и обратное преобразования Лапласа.
86. Решение системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью операционного исчисления.

Критерии получения студентами экзаменов:

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
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

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

— при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

— при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

— при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

## 5.1. Учебная литература

### Основная литература

1. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексных переменных: учебник для студентов / под ред. Тихонова А.Н., Ильина В.А., Свешникова А.Г. — 6-е изд., стер. — М.: Физматлит, 2006. — 335 с. (104)
2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: учебное пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов. — 5-е изд. — М.: Бином, 2007. — 636 с. (60)
3. Пантелеев А.В., Якимова А.С. Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление в примерах и задачах [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2015. — 447 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=67463](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=67463).
4. Привалов И.И. Введение в теорию функций комплексного переменного [Электронный ресурс]: учебник. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2009. — 432 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=322](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=322).

*\*Примечание:* в скобках указано количество экземпляров в библиотеке КубГУ.

### Дополнительная литература

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: учебное пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2001. — 630 с. (133)
2. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексных переменных. — М.: Наука, 2001. — 319 с.
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного: учебное пособие для ун-тов. — М.: Наука, 1987. — 688 с.
4. Справочник геофизика. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике / под ред. Дмитриева В.И. — М.: Недра, 1982. — 222 с.
5. Вдовин А.Ю., Михалева Л.В., Мухина В.М. Высшая математика. Стандартные задачи с основами теории [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2009. — 186 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=45](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45).
6. Мышкис А.Д. Лекции по высшей математике [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2009. — 689 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=281](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=281).

## 5.2. Периодическая литература

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека Grebennikon.ru <https://grebennikon.ru>

## 5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «Book.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «Znanium.com» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>

### Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com>
2. Scopus <http://www.scopus.com>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ)) <https://rusneb.ru>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru>
9. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
10. zbMath <https://zbmath.org>
11. Nano Database <https://nano.nature.com>
12. Springer eBooks <https://link.springer.com>
13. «Лекториум ТВ» <http://www.lektorium.tv>
14. Университетская информационная система Россия <http://uisrussia.msu.ru>

### Информационные справочные системы:

Консультант Плюс – справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки).

### Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada>
3. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru>
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru>
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru>
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru>
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов <http://fcior.edu.ru>
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина «Образование на русском» <https://pushkininstitute.ru>
10. Справочно-информационный портал «Русский язык» <http://gramota.ru>
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru>
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru>
13. Образовательный портал «Учеба» <http://www.ucheba.com>
14. Законопроект «Об образовании в Российской Федерации». Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety)

### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала «Школьные годы» <http://icdau.kubsu.ru>

### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Теоретические знания по основным разделам курса “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” студенты приобретают на

лекциях и практических занятиях, закрепляют и расширяют во время самостоятельной работы.

Лекции по курсу “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” представляются в виде обзоров с демонстрацией презентаций по отдельным основным темам программы.

Для углубления и закрепления теоретических знаний студентам рекомендуется выполнение определенного объема самостоятельной работы. Общий объем часов, выделенных для внеаудиторных занятий, составляет 23 часа.

Внеаудиторная работа по дисциплине “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” заключается в следующем:

- повторение лекционного материала и проработка учебного (теоретического) материала;
- подготовка к практическим занятиям;
- написание домашней контрольной работы (контролируемой самостоятельной работы);
- подготовка к текущему контролю.

Для закрепления теоретического материала и выполнения практических работ по дисциплине во внеучебное время студентам предоставляется возможность пользования библиотекой КубГУ, возможностями компьютерных классов.

Итоговый контроль осуществляется в виде экзамена.

Контролируемой самостоятельной работой (КСР) по дисциплине “Теория функций комплексных переменных для горных инженеров” является расчет домашней контрольной работы.

Контрольные работы в вузе могут быть:

- аудиторными (выполняемые во время аудиторных занятий в присутствии преподавателя);
- домашними, которые задаются на дом к определенному сроку;
- текущими, целью которых является контроль знаний по только что пройденной теме;
- экзаменационными, оценка по которым имеет статус итоговой.

Требования к аудиторным и домашним контрольным работам:

- оформленный титульный лист;
- подробное описание методик расчета;
- расчет задачи по индивидуальному варианту;
- список используемых источников.

Защита контролируемой самостоятельной работы (КСР) осуществляется на практических занятиях в виде собеседования с обсуждением отдельных его разделов, полноты раскрытия темы, новизны используемой информации.



В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) — дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional (Word, Excel, PowerPoint, Access), программы демонстрации видео материалов (Windows Media Player), программы для демонстрации и создания презентаций (Microsoft PowerPoint)
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional (Word, Excel, PowerPoint, Access), программы демонстрации видео материалов (Windows Media Player), программы для демонстрации и создания презентаций (Microsoft PowerPoint)

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)</p>	<p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 10, пакет Microsoft Office 2016, Abbyy Finereader 9</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. А106)</p>	<p>Мебель: учебная мебель. Комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional</p>