

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

  
\_\_\_\_\_ \* Т.А. Хагуров  
подпись

«26» мая 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.10 Применение теории функций комплексного переменного к задачам физического содержания

Специальность: 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Специализация: Фундаментальная математика и её приложения;  
Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

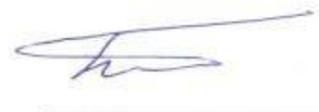
Форма обучения: очная

Квалификация: Математик. Механик. Преподаватель.

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины Б1.О.33.03 ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕМЕННОГО К ЗАДАЧАМ ФИЗИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Программу составил(и):  
Голуб М. В., зав кафедрой,  
доктор физ.-мат. наук, доцент



---

Рабочая программа дисциплины Б1.О.33.03 ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕМЕННОГО К ЗАДАЧАМ ФИЗИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ утверждена на заседании кафедры ТЕОРИЯ ФУНКЦИИ

протокол № 10 «18» апреля 2023 г.  
Заведующий кафедрой (разработчик) Голуб М. В.



---

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук  
протокол № 8 «27» апреля 2023 г.  
Председатель УМК факультета/института Шмалько С. П.



---

Рецензенты:

Фоменко Сергей Иванович, канд. физ. - мат. наук,  
старший научный сотрудник лаборатории волновых процессов

Анопко Михаил Викторович,  
Генеральный директор ООО «УК АЙСТРИМ»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

**1.1 Цель освоения дисциплины** «Применение теории функций комплексного переменного к задачам физического содержания» – освоение методов комплексного анализа для решения краевых задач механики сплошных сред.

### 1.2 Задачи дисциплины

- обучить основам применения теории функций комплексной переменной для решения различных задач механики сплошных сред;
- привить навыки построения различных моделей задач механики сплошных сред;
- обучить практическим навыкам в использовании методов комплексного анализа.

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Применение теории функций комплексного переменного к задачам физического содержания» относится к блоку Б.1 обязательной части учебного плана по направлению подготовки 01.05.01. Для успешного изучения дисциплины достаточно знаний и умений по аналитической геометрии и математическому анализу, дифференциальных уравнений, дифференциальной геометрии и топологии, уравнений с частными производными, вариационное исчисление и методы оптимизации. Полученные знания необходимы для написания выпускной квалификационной работы.

### 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 достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
<b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>	
ИУК-1.2 Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации и обоснования выбора оптимальной стратегии с учетом поставленной цели, рисков и возможных последствий	Знает физическую постановку рассматриваемых задач и место, которое полуаналитические методы занимают в общем спектре подходов к их исследованию.
	Умеет ориентироваться в современном состоянии механики сплошных сред и проблемах этой теории, допускающих замкнутое решение с использованием методов теории функций комплексного переменного.
	Владеет методами решения краевых задач механики сплошных сред, включая приближенные, с использованием аналитических функций.
<b>ПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики</b>	
ИПК-1.3 Самостоятельно и корректно решает стандартные задачи фундаментальной и прикладной математики	Знает основные методы и понятия теории аналитических функций
	Умеет понять поставленную задачу, правильно выбрать метод её решения и применить его для решения задачи.
	Владеет способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников.

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 4 зачетных единиц (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		7 семестр (часы)	– семестр (часы)	– семестр (часы)	– курс (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>72,3</b>	<b>72,3</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>68</b>	<b>68</b>			
занятия лекционного типа	34	34			
лабораторные занятия	34	34			
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>4,2</b>	<b>4,2</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>36</b>	<b>36</b>			
<i>Контрольная работа</i>	10	10			
<i>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.)</i>	26	26			
Подготовка к текущему контролю	–	–			
<b>Контроль:</b>	<b>35,7</b>	<b>35,7</b>			
Подготовка к экзамену	35,7	35,7			
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>		
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>72,3</b>	<b>72,3</b>		
	<b>зач. ед</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 2 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Математическое моделирование волновых процессов		6		6	7
2.	Базовые элементы теории функций комплексной переменной		6		6	6
3.	Интегральное преобразование Фурье		6		6	8
4.	Моделирование бегущих волн в полосовой волноводе		8		8	7
5.	Асимптотика осциллирующих интегралов, объёмные волны		8		8	8
	<b>ИТОГО по разделам дисциплины</b>	<b>104</b>	<b>34</b>		<b>34</b>	<b>36</b>
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю	35,7				
	Общая трудоёмкость по дисциплине	144				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Математическое моделирование волновых процессов	Волновые уравнения и волны. Комплексная запись гармонических колебаний (амплитуда и фаза). Волновые характеристики (волновое число, фазовая и групповая скорость, дисперсия). Частотный спектр как аналитическая функция в комплексной плоскости частоты.	<i>Опрос</i>
2.	Базовые элементы теории функций комплексной переменной	Комплексная плоскость и аналитические функции (модуль и аргумент комплексного числа, дифференцирование комплексных функций, аналитическое продолжение). Ряд Лорана, полюса, вычеты, точки ветвления. Контурные интегралы, теорема Коши и ее практическое применение. Вариант леммы Жордана для осциллирующих интегралов. Обобщенные функции, их свойства и действия над ними.	<i>Опрос</i>
3.	Интегральное преобразование Фурье	Ряд и интеграл Фурье. Комплексная форма интегрального преобразования. Свойства трансформанты Фурье как аналитической функции комплексной переменной. Преобразование Фурье от производных и разрывных функций. Свертка, равенство Парсеваля. Особенности применения теории вычетов к вычислению контурных интегралов обратного преобразования Фурье (правило выбора направления замыкания контура). Кратное преобразование Фурье, преобразование Ханкеля.	<i>Опрос</i>
4.	Моделирование бегущих волн в полосовой волноводе	Интегральное представление решения для полосового волновода. Функция Грина, свойства ее трансформанты Фурье в комплексной плоскости волнового числа. Выделение бегущих волн из интегрального представления с помощью теории вычетов. Условия излучения. Дисперсионное уравнение и дисперсионные кривые. Выбор контура интегрирования в соответствии с принципами Зоммерфельда, Манделштама и предельного поглощения.	<i>Опрос</i>
5.	Асимптотика осциллирующих интегралов, объемные волны	Интегральное представление решения для полуплоскости. Метод Лапласа, метод перевала, метод стационарной фазы. Вклад стационарных точек и асимптотика объемных волн.	<i>Опрос</i>

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

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/разбор	Форма текущего контроля
1.	Математическое моделирование волновых процессов	Нестационарные и гармонических колебания, комплексная запись. Связь волнового уравнения и уравнения Гельмгольца. Плоские, цилиндрические и сферические волны как собственные решения волнового уравнения; принцип суперпозиции, частотный спектр. Однородные и неоднородные волны. Задача об элементарном осцилляторе, затухающие колебания, комплексная частота.	<i>Проверка домашнего задания, КР-1</i>
2.	Базовые элементы теории функций комплексной переменной	Примеры на нахождение полюсов и разложение в ряд Лорана. Вычисление вычетов функции в однократных полюсах. Рекурсивный алгоритм вычисления вычетов в многократных полюсах. Задачи на вычисление интегралов с помощью теории вычетов. Многозначные функции, выделение однозначных ветвей, разрезы. Задачи на построение аналитического продолжения.	<i>Проверка домашнего задания</i>

3.	Интегральное преобразование Фурье	Задачи на разложение заданных функций в ряд Фурье. Применение интегрального преобразования Фурье. Индивидуальные задания на вычисление контурных интегралов прямого и обратного преобразования Фурье с помощью теории вычетов. Примеры построения решения дифференциального уравнения с помощью преобразования Фурье.	Проверка домашнего задания
4.	Моделирование бегущих волн в полосовой волноводе	Вывод функции Грина для однородного и многослойного волновода. Примеры и индивидуальные задания. Численные методы решения характеристического (дисперсионного) уравнения и вычисления вычетов; индивидуальные задания на построение дисперсионных кривых и применению теории вычетов для многослойных волноводов.	Проверка домашнего задания, КР-2
5.	Асимптотика осциллирующих интегралов, объемные волны	Вывод доказательства леммы Ватсона и леммы Эрдейи; вклад стационарной точки. Вывод формулы метода стационарной фазы в одномерном случае; вывод асимптотического представления объемных волн в полуплоскости. Формулы метода стационарной фазы для кратных интегралов; асимптотическое представление объемных волн в полупространстве.	Проверка домашнего задания

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и выполнение контрольной работы (КР).

При изучении дисциплины применяется электронное обучение (проектор и ЭВМ), дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

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

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий	Онлайн-курс «Физика в опытах. Часть 1. Механика». – Национальный ядерный исследовательский университет. – URL: <a href="https://www.coursera.org/learn/fizika-v-opitah-mehanika">https://www.coursera.org/learn/fizika-v-opitah-mehanika</a>
2	Подготовка к лабораторным занятиям	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании Совета экономического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 29.06.2017 г. Режим доступа: <a href="https://www.kubsu.ru/ru/econ/metodicheskie-ukazaniya">https://www.kubsu.ru/ru/econ/metodicheskie-ukazaniya</a>
4	Выполнение расчетно-графических заданий и контрольных работ	Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий, утвержденные на заседании Совета экономического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 29.06.2017 г. Режим доступа: <a href="http://docspace.kubsu.ru/docspace/handle/1/1125">http://docspace.kubsu.ru/docspace/handle/1/1125</a>

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,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

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,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, разбора конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – 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 *«Применение теории функций комплексного переменного к задачам физического содержания»*.

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме *тестовых заданий, разноуровневых заданий, отчетов по индивидуальным и проектно-групповым заданиям* и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к зачету.

#### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИУК-1.2 Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации и обоснования выбора оптимальной стратегии с учетом поставленной цели, рисков и возможных последствий	Знает физическую постановку рассматриваемых задач и место, которое полуаналитические методы занимают в общем спектре подходов к их исследованию.	<i>Опрос, Проверка домашнего задания</i>	<i>Задание на экзамене 1-6</i>

2	ИУК-1.2 Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации и обоснования выбора оптимальной стратегии с учетом поставленной цели, рисков и возможных последствий	Умеет ориентироваться в современном состоянии механики сплошных сред и проблемах этой теории, допускающих замкнутое решение с использованием методов теории функций комплексного переменного.	<i>Опрос, Проверка домашнего задания</i>	<i>Задание на экзамене 1-6</i>
3	ИУК-1.2 Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации и обоснования выбора оптимальной стратегии с учетом поставленной цели, рисков и возможных последствий	Владет методами решения краевых задач механики сплошных сред, включая приближенные, с использованием аналитических функций.	<i>Опрос, Проверка домашнего задания КР-1</i>	<i>Задание на экзамене 7-12</i>
4	ИПК-1.3 Самостоятельно и корректно решает стандартные задачи фундаментальной и прикладной математики	Знает основные методы и понятия теории аналитических функций	<i>Опрос, Проверка домашнего задания</i>	<i>Задание на экзамене 7-12</i>
5	ИПК-1.3 Самостоятельно и корректно решает стандартные задачи фундаментальной и прикладной математики	Умеет понять поставленную задачу, правильно выбрать метод её решения и применить его для решения задачи.	<i>Опрос, Проверка домашнего задания КР-2</i>	<i>Задание на экзамене 10-18</i>
6	ИПК-1.3 Самостоятельно и корректно решает стандартные задачи фундаментальной и прикладной математики	Владет способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников.	<i>Опрос, Проверка домашнего задания</i>	<i>Задание на экзамене 15-21</i>

**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**  
***Примерный перечень вопросов и заданий***

***Вопросы для устного опроса.***

### **Математическое моделирование волновых процессов**

1. Волновые уравнения и волны. Комплексная запись гармонических колебаний (амплитуда и фаза).
2. Волновые характеристики (волновое число, фазовая и групповая скорость, дисперсия).
3. Частотный спектр как аналитическая функция в комплексной плоскости частоты.

### **Базовые элементы теории функций комплексной переменной**

1. Комплексная плоскость и аналитические функции (модуль и аргумент комплексного числа, дифференцирование комплексных функций, аналитическое продолжение).
2. Ряд Лорана, полюса, вычеты, точки ветвления.
3. Контурные интегралы, теорема Коши и ее практическое применение.
4. Вариант леммы Жордана для осциллирующих интегралов.
5. Обобщенные функции, их свойства и действия над ними.

### **Интегральное преобразование Фурье**

1. Ряд и интеграл Фурье.
2. Комплексная форма интегрального преобразования.
3. Свойства трансформанты Фурье как аналитической функции комплексной переменной.
4. Преобразование Фурье от производных и разрывных функций.
5. Свертка, равенство Парсеваля.
6. Особенности применения теории вычетов к вычислению контурных интегралов обратного преобразования Фурье (правило выбора направления замыкания контура).
7. Кратное преобразование Фурье, преобразование Ханкеля.

### **Полосовой волновод, бегущие волны**

1. Интегральное представление решения для полосового волновода.
2. Функция Грина, свойства ее трансформанты Фурье в комплексной плоскости волнового числа.
3. Выделение бегущих волн из интегрального представления с помощью теории вычетов.
4. Условия излучения.
5. Дисперсионное уравнение и дисперсионные кривые.
6. Выбор контура интегрирования в соответствии с принципами Зоммерфельда, Мандельштама и предельного поглощения.

### **Асимптотика осциллирующих интегралов, объемные волны**

1. Интегральное представление решения для полуплоскости.
2. Метод Лапласа, метод перевала, метод стационарной фазы.
3. Вклад стационарных точек и асимптотика объемных волн.

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

1. Понятие интегрального преобразования, интегральное преобразование Фурье.
2. Свойства преобразования Фурье.
3. Свойства трансформанты Фурье в комплексной плоскости.
4. Обобщенные функции, их свойства и действия над ними.
5. Равенство Парсеваля.
6. Преобразование Фурье производных.
7. Преобразование Фурье производных разрывных функций.

8. Построение частных решений дифференциальных уравнений с помощью преобразования Фурье.
9. Элементы ТФКП (аналитические функции, контурные интегралы, вычеты).
10. Ряд Лорана, вычет в многократном полюсе.
11. Лемма Жордана и замыкание контура интегрирования в обратном преобразовании Фурье.
12. Использование теоремы Коши для обращения преобразования Фурье.
13. Примеры прямого и обратного преобразования Фурье элементарных функций (первое задание).
14. Общая схема решения модельной задачи о полосовом волноводе.
15. Условия излучения, выбор контура интегрирования и ветвей радикалов.
16. Представление решения модельной задачи в виде суммы вычетов, волновая структура решения.
17. Построение фундаментального решения волнового уравнения с помощью преобразования Фурье.
18. Общая схема решения модельной задачи для многослойного полосового волновода (второе задание).
19. Асимптотические методы.
20. Лемма Ватсона, лемма Эрдейи.
21. Асимптотика объемных волн.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

#### *Критерии оценивания по зачету:*

*«зачтено»:* студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает вопросы основного учебно-программного материала, допускает незначительные ошибки; студент умеет обоснованно применять и правильно реализовывать моделирование задач механики сплошных сред с применением теории функций комплексной переменной; справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.

*«не зачтено»:* материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется реализовывать моделирование простых задач механики сплошных сред, довольно ограниченный объем выполненных заданий, предусмотренных программой дисциплины.

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**

1. Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной: учебник / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов; под редакцией В. А. Ильина. — 6-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 336 с. — ISBN 978-5-9221-0133-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/48167>

2. Сикорский, Ю.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Ю.С. Сикорский; ред. С.Г. Михлина. - Москва; Ленинград: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1940. — 157 с.; то же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=132734>

3. Ильин, А. М. Уравнения математической физики: учебное пособие / А. М. Ильин. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 192 с. — ISBN 978-5-9221-1036-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2181>

4. Тихонов, А. Н. Дифференциальные уравнения: учебник / А. Н. Тихонов, А. Б. Васильева, А. Г. Свешников. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 256 с. — ISBN 978-5-9221-0277-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/48171>

### **5.2. Периодическая литература**

Журнал "Вычислительная механика сплошных сред" <http://www2.icmm.ru/journal/>

### **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 «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. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
7. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

**Ресурсы свободного доступа:**

1. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
2. Курсы ведущих вузов России" <http://www.openedu.ru/>;

3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
4. Онлайн-курсы и сертификаты от ведущих вузов мира <https://ru.coursera.org/>.

### **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](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)**

*– Общие рекомендации по самостоятельной работе обучающихся.*

*Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.*

*Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:*

*Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).*

*Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".*

*Положение о самостоятельной работе студентов (утверждено приказом № 272 КубГУ от 03 марта 2016 г.).*

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)

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	Microsoft Windows Microsoft Office Professional Plus
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Компьютеры	Wolfram Mathematica MatLab Fortran

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
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	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)	Microsoft Windows Microsoft Office Professional Plus
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ИС 6, ИС 7)	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)	Wolfram Mathematica MatLab Fortran