

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

«30» мая 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.02.01 Математические основы метода конечных элементов

Направление подготовки: 01.05.01 Фундаментальная математика и механика

Направленность (профиль): Вычислительная механика и компьютерный  
инжиниринг

Форма обучения: очная

Квалификация: Математик. Механик. Преподаватель

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 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, д. ф.-м. н.



---

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ утверждена на заседании  
кафедры ТЕОРИЯ ФУНКЦИИ  
протокол № 9 «12» апреля 2022 г.  
Заведующий кафедрой Голуб М. В.



---

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета  
математики и компьютерных наук  
протокол № 5 «5» мая 2022 г.  
Председатель УМК факультета/института Шмалько С. П.



---

Рецензенты:

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

Лепетухин Михаил Викторович,  
председатель правления КПК «Кубанский капитал»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины.

### 1.1 Цель освоения дисциплины.

Цель дисциплины «Математические основы метода конечных элементов» заключается в изучении с точки зрения современной математики и приложений метода конечных элементов, который является одним из наиболее широко применяемых в научных расчетах и инжиниринге численным методом решения уравнений, возникающих в самых различных областях прикладной механики.

### 1.2 Задачи дисциплины.

- понимание математических основ, лежащих в основе применения метода конечных элементов;
- формирование навыков, необходимых для анализа и решения задач механики и математической физики для сложных неклассических областей;
- развитие навыков математического моделирования в естественных и инженерных науках;
- получение знаний о практике использования одного из самых универсальных современных численных методов – метода конечных элементов.

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

Дисциплина «Математические основы метода конечных элементов» относится к вариативной части профессионального цикла Блока1 "Дисциплины (модули)" учебного плана (Б1.В.ДВ). Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками по программе дисциплин Б1.О.16 «Математический анализ», Б1.О.17 «Функциональный анализ», Б1.О.23 «Дифференциальные уравнения», Б1.О.14 «Технология программирования и работа на электронно-вычислительной машине (ЭВМ)», Б1.О.13 «Численные методы».

### 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>ПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики</b>	
ИПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при проведении научных и прикладных исследований	Знает теоретические знания о понятиях и задачах, связанных с аппроксимацией функциональных пространств Соболева.
	Умеет определять слабые решения краевых задач математической физики для эллиптических уравнений второго порядка; строить схемы МКЭ произвольного порядка точности для основных краевых задач для эллиптических уравнений второго порядка.
	Владеет навыками самостоятельного анализа и решения теоретических и практических задач, связанных с численным решением краевых задач математической физики методом конечных элементов.
<b>ПК-3 Способен публично представлять собственные и известные научные результаты</b>	
ИПК-3.2. Анализирует и обобщает полученные результаты и формулирует выводы по итогам проведенных исследований	Знает основные методы математического и компьютерного моделирования для решения задач механики.
	Умеет разрабатывать математические модели и реализующие их программные комплексы, проводить численный анализ на их основе.
	Владеет навыками анализа математических подходов с

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	точки зрения адекватности их применения к конкретной задаче.

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 2 зачетных единиц (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		8 семестр (часы)	– семестр (часы)	– семестр (часы)	– курс (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>34,2</b>	<b>34,2</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>32</b>	<b>32</b>			
занятия лекционного типа	16	16			
лабораторные занятия	16	16			
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>37,8</b>	<b>37,8</b>			
<i>Контрольная работа</i>	12	12			
<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>	27,8	27,8			
Подготовка к текущему контролю	–	–			
<b>Контроль:</b>	–	–			
Подготовка к экзамену	–	–			
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>72</b>	<b>72</b>		
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>32,2</b>	<b>32,2</b>		
	<b>зач. ед</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 8 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Концепция метода конечных элементов, пространства функций, формулировки задач	23	6		6	11

2.	Построение математических моделей механики сплошных сред	16	4		4	8
3.	Исследование математических моделей при решении прикладных задач	18,4	4		4	10,4
4.	Вычислительный эксперимент и его роль	12,4	2		2	8,4
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	<i>67,8</i>	<i>16</i>		<i>16</i>	<i>37,8</i>
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	–				
	Общая трудоемкость по дисциплине	72				

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.	Концепция метода конечных элементов, пространства функций, формулировки задач	Общие сведения о методе конечных элементов (исторические сведения, особенности, общая схема). Геометрическое моделирование и дискретизация пространственных областей.	<i>T</i>
2.	Построение математических моделей механики сплошных сред	Постановки задач механики сплошной среды. Начально-граничные условия. Смешанные граничные условия. Сильная постановка. Вариационная постановка. Слабая постановка. Уравнение Эйлера. Метод Рунге. Метод наименьших квадратов. Дискретизация и редукция.	<i>T</i>
3.	Исследование математических моделей при решении прикладных задач	Формулировка метода конечных элементов на примере уравнения Гельмгольца в двумерном случае. Применение полуаналитических методов для решения двумерной задачи механики сплошных сред (колебания упругого изотропного прямоугольного тела под действием внешней приложенной нагрузки).	<i>T</i>
4.	Вычислительный эксперимент и его роль	Корректность математических моделей. Примеры корректных и некорректных задач. Численное и аналитическое решение уравнений в частных производных. Решение СЛАУ, численное интегрирование и дифференцирование, решение модельных задач (гидродинамики, теории упругости, геофизики, акустики).	<i>T</i>

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

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/разбор	Форма текущего контроля
1.	Концепция метода конечных элементов, пространства функций, формулировки задач	Общие сведения о методе конечных элементов (исторические сведения, особенности, общая схема). Геометрическое моделирование и дискретизация пространственных областей.	РГЗ
2.	Построение математических моделей механики сплошных сред	Постановки задач механики сплошной среды. Начально-граничные условия. Смешанные граничные условия. Сильная постановка. Вариационная постановка. Слабая постановка. Уравнение Эйлера. Метод Рунге. Метод наименьших квадратов. Дискретизация и редукция.	РГЗ
3.	Исследование математических моделей при решении прикладных задач	Формулировка метода конечных элементов на примере уравнения Гельмгольца в двумерном случае. Применение полуаналитических методов для решения двумерной задачи механики сплошных сред (колебания упругого изотропного прямоугольного тела под действием внешней приложенной нагрузки).	РГЗ
4.	Вычислительный эксперимент и его роль	Корректность математических моделей. Примеры корректных и некорректных задач. Численное и аналитическое решение уравнений в частных	РГЗ

	производных. Решение СЛАУ, численное интегрирование и дифференцирование, решение модельных задач (гидродинамики, теории упругости, геофизики, акустики).	
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

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	<i>Онлайн-лекции курса «Численные методы решения уравнений в частных производных». – Московский физико-технический институт. – URL: <a href="https://intuit.ru/studies/courses/1181/374/lecture/8795">https://intuit.ru/studies/courses/1181/374/lecture/8795</a></i>
2	Подготовка к лабораторным занятиям	<i>Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании кафедры теории функций факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №7 от 18.04.2019 г.</i>
3	Подготовка к коллоквиуму	<i>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></i>
4	Выполнение расчетно-графических заданий и контрольных работ	<i>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></i>

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 «Математические основы метода конечных элементов».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме *тестовых заданий, разноуровневых заданий, отчетов по индивидуальным и расчетно-графическим 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	<i>ИПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при проведении научных и прикладных исследований</i>	Знает теоретические знания о понятиях и задачах, связанных с аппроксимацией функциональных пространств Соболева.	<i>РГЗ</i>	<i>Вопрос на зачете 1-5</i>
2	<i>ИПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при проведении научных и прикладных исследований</i>	Умеет определять слабые решения краевых задач математической физики для эллиптических уравнений второго порядка; строить схемы МКЭ произвольного порядка точности для основных краевых задач для эллиптических уравнений второго порядка.	<i>РГЗ</i>	<i>Вопрос на зачете 6–10</i>
3	<i>ИПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при</i>	Владеет навыками самостоятельного анализа и решения теоретических и практических задач, связанных с численным решением краевых задач	<i>РГЗ</i>	<i>Вопрос на зачете 11–15</i>

	<i>проведении научных и прикладных исследований</i>	математической физики методом конечных элементов.		
4	<i>ИПК-3.2. Анализирует и обобщает полученные результаты и формулирует выводы по итогам проведенных исследований</i>	Знает основные методы математического и компьютерного моделирования для решения задач механики.	<i>РГЗ</i>	<i>Вопрос на зачете 16–20</i>
5	<i>ИПК-3.2. Анализирует и обобщает полученные результаты и формулирует выводы по итогам проведенных исследований</i>	Умеет разрабатывать математические модели и реализующие их программные комплексы, проводить численный анализ на их основе.	<i>РГЗ</i>	<i>Вопрос на зачете 1–20</i>
6	<i>ИПК-3.2. Анализирует и обобщает полученные результаты и формулирует выводы по итогам проведенных исследований</i>	Владеет навыками анализа математических подходов с точки зрения адекватности их применения к конкретной задаче.	<i>РГЗ</i>	<i>Вопрос на зачете 1–20</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**

**Расчетно-графическая работа**

1. Написать процедуру для определения нулей полиномов Лобатто порядка  $N=3,4,6$ .
2. Написать процедуру вычисления значений полиномов Лобатто порядка  $N=3,4,6$ .
3. Написать процедуру для расчёта значений любого многочлена Гаусса-Лежандра-Лобатто порядка  $N=4,5,7$ .
4. Написать процедуру вычисления значений полиномов Чебышева произвольного порядка.
5. Написать процедуру вычисления значений Гаусса-Чебышева-Лобатто для произвольного порядка.
6. Написать процедуру разложения произвольной аналитической функции  $f(x)$  на отрезке  $[a,b]$  по полиномам Гаусса-Чебышева-Лобатто до порядка  $N$  включительно.
7. Написать процедуру вычисления интегралов на основе квадратурных формул, использующих нули полиномов Чебышева.
8. Написать процедуру вычисления интегралов на основе квадратурных формул, использующих точки Гаусса-Лежандра-Лобатто.
9. Записать вариационную формулировку задачи Дирихле для уравнения Пуассона в слабой постановке.
10. Реализовать МКЭ ВПТ для одномерного уравнения Гельмгольца, используя несколько элементов.
11. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Лапласа в квадрате, используя один элемент.
12. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Пуассона в квадрате, используя один элемент.



13. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Гельмгольца в квадрате, используя один элемент.

14. Реализовать приближённое решение двумерного уравнения Гельмгольца с помощью МКЭ ВПТ, используя несколько элементов, для области, ограниченной линиями, на которых заданы граничные условия.

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

1. Линейные уравнения с положительно определенным оператором в пространстве Гильберта.
2. Лемма Лакса-Мильграма.
3. Эквивалентность уравнения с положительно определенным оператором задаче на минимум квадратичного функционала.
4. Метод Рунге.
5. Метод Галеркина.
6. Метод Галеркина с возмущениями. Лемма Сеа.
7. Лемма Брамбле- Гильберта.
8. Обобщенные решения краевых задач для эллиптических уравнений второго порядка.
9. Критерии принадлежности конечного элемента к классам  $C_0$ ,  $C_1$ .
10. Прямоугольный лагранжевый элемент степени  $m$ .
11. Треугольный лагранжевый элемент степени  $m$ .
12. Конечный элемент Белла.
13. Аффинно-эквивалентные треугольные элементы. Оценка погрешности интерполяции.
14. Аффинно-эквивалентные прямоугольные элементы. Оценка погрешности интерполяции.
15. Криволинейные треугольные конечные элементы. Оценка погрешности интерполяции.
16. Изопараметрические треугольные элементы. Оценка погрешности интерполяции.
17. МКЭ для уравнений в многоугольных областях на основе аффинных элементов. Оценка точности.
18. МКЭ для уравнений в кусочно-гладких областях на основе изопараметрических элементов. Оценка точности.
19. МКЭ с численным интегрированием.
20. Алгоритм сборки системы МКЭ. Учет главных и естественных краевых условий.

### **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 методы конечных элементов для решения задач механики и математической физики для сложных неклассических областей; справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.*

*«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется реализовывать методы конечных элементов для решения задач механики и математической физики для простых областей, 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. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование: учебное пособие для вузов / В. И. Рейзлин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 126 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08475-7. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/47019>

2. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 356 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02714-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/412710>

3. Емельянов, В. Н. Численные методы: введение в теорию разностных схем: учебное пособие для вузов / В. Н. Емельянов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 188 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06617-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/47211>

### **5.2. Периодическая литература**

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>

### **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>

#### **Информационные справочные системы:**

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

#### **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. Российская система прочностного анализа на основе метода спектральных конечных элементов Fidesys <http://www.cae-fidesys.com/ru/about/info>

#### **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	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)	
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)	
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--