

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.ДВ.02.01 Математические основы метода конечных элементов

Направление подготовки: 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Специализация: Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Форма обучения: очная

Квалификация: Математик. Механик. Преподаватель

Краснодар 2023

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., доцент



Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ утверждена на заседании кафедры ТЕОРИЯ ФУНКЦИИ протокол № 10 «18» апреля 2023 г.
Заведующий кафедрой (разработчика) 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.

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
ПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики	
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.
ПК-3 Способен публично представлять собственные и известные научные результаты	
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)
Контактная работа, в том числе:	34,2	34,2			
Аудиторные занятия (всего):	32	32			
занятия лекционного типа	16	16			
лабораторные занятия	16	16			
Иная контактная работа:	2,2	2,2			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
Самостоятельная работа, в том числе:	37,8	37,8			
<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	–	–			
Контроль:	–	–			
Подготовка к экзамену	–	–			
Общая трудоёмкость	час.	72	72		
	в том числе контактная работа	32,2	32,2		
	зач. ед	2	2		

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
	ИТОГО по разделам дисциплины	67,8	16		16	37,8
	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	Формулировка метода конечных элементов на примере уравнения Гельмгольца в двумерном случае.	РГЗ

	моделей при решении прикладных задач	Применение полуаналитических методов для решения двумерной задачи механики сплошных сред (колебания упругого изотропного прямоугольного тела под действием внешней приложенной нагрузки).	
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).	РГЗ

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: https://intuit.ru/studies/courses/1181/374/lecture/8795</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: https://www.kubsu.ru/ru/econ/metodicheskie-ukazaniya</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: http://docspace.kubsu.ru/docspace/handle/1/1125</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 проведении научных и прикладных исследований</i>	Владеет навыками самостоятельного анализа и решения теоретических и практических задач, связанных с численным решением краевых задач математической физики методом конечных элементов.	<i>РГЗ</i>	<i>Вопрос на зачете 11–15</i>
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

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
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;>
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 №14-55-99бин/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)	
--	--	--