



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

 Чеботарев А.Ю.
(подпись) (ФИО)

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора департамента

 Сущенко А.А.
(подпись) (ФИО)

«27» сентября 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Метод конечных элементов

Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(Математическое моделирование (совместно с ИПМ ДВО РАН))

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3

лекции 18 час.

практические занятия не предусмотрены

лабораторные работы 34 час.

в том числе с использованием МАО лек. / пр. - / лаб. 24 час.

всего часов аудиторной нагрузки 52 час.

в том числе с использованием МАО 24 час.

самостоятельная работа 128 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен

зачет не предусмотрен

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **01.04.02 Прикладная математика и информатика** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. №13 (с изменениями и дополнениями)

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента математического и компьютерного моделирования протокол № 1 от «27» сентября 2021 г.

И.о. директора департамента математического и компьютерного моделирования А.А. Сущенко

Составитель (ли): Т.В. Пак

Владивосток

2021

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

I. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: Цель данного учебного курса в программе подготовки магистров заключается в получении предметных знаний и выработке навыков разработки приложений.

Задачи:

- изучить метод и его применение к решению практических задач;
- изучить инструменты разработки приложений;
- развить умение анализа и практической интерпретации полученных результатов;
- выработать умения и навыки самостоятельного изучения специальной литературы, пользования справочными материалами и пособиями, необходимыми для решения практических задач.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются профессиональные компетенции.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
производственно-технологический	ПК-5 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности	ПК-5.1 Демонстрирует знание методов анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности
		ПК-5.2 Самостоятельно выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему исследования при решении задач проектной и производственно-технологической деятельности
		ПК-5.3 Применяет методологические принципы и методы решения задач проектной и производственно-технологической деятельности
производственно-технологический	ПК-6 Способен разработать и отладить программный код, протестировать программное обеспечение, своевременно принять меры по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их последствий и восстановлению	ПК-6.1 Демонстрирует знание принципов разработки и отладки программного кода, методов тестирования программного обеспечения
		ПК-6.2 Использует методы по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их последствия и восстановления работоспособность
		ПК-6.3 Разрабатывает программный код, проводит его отладку и тестирование, своевременно принимает меры по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	работоспособности	последствий и восстановлению работоспособности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-5.1 Демонстрирует знание методов анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности	Знает основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых задач
	Умеет использовать методы анализа концептуальных и теоретических моделей при решении поставленной задачи
	Владеет навыками создания математических моделей, алгоритмов, по тематике проводимых научно-исследовательских проектов
ПК-5.2 Самостоятельно выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему исследования при решении задач проектной и производственно-технологической деятельности	Знает основные принципы математического моделирования
	Умеет строить математические алгоритмы и реализовывать их с помощью языков программирования, применять методы математического моделирования к решению конкретных задач
ПК-5.3 Применяет методологические принципы и методы решения задач проектной и производственно-технологической деятельности	Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной математики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом современной математики
	Знает основные понятия и методы, необходимые для научной работы по выбранной тематике
	Умеет реализовывать алгоритмы на языках программирования; разрабатывать математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту
ПК-6.1 Демонстрирует знание принципов разработки и отладки программного кода, методов тестирования программного обеспечения	Владеет навыками построения и реализации основных математических алгоритмов, методологией математического моделирования
	Знает содержание ключевых понятий и определений, используемых в теории и практике применения информационных технологий в науке
	Умеет использовать интернет-технологии, проводить компьютерную обработку вычислительных задач
ПК-6.2 Использует методы по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их последствий и восстановлению работоспособность	Владеет методами тестирования ПО
	Знает информационные ресурсы и базы данных по научно-исследовательской теме, существующие системы, средства и методы управления безопасностью компьютерных сетей
	Умеет развивать методы математического моделирования
ПК-6.3 Разрабатывает программный код, проводит его отладку и тестирование, своевременно принимает меры по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их последствий и восстановлению работоспособности	Владеет навыками применения интернет-технологий; навыками устранения сбоев и отказов в работе программного обеспечения
	Знает основные алгоритмы обработки дискретной информации, современные и перспективные математические методы защиты информации
	Умеет разрабатывать вычислительные алгоритмы, реализующие современные математические методы защиты информации; использовать пакеты программ для решения прикладных задач в различных областях знаний
	Владеет навыками использования средств автоматизированных систем в научной и практической

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	деятельности

Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц 180 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Раздел 1. Вариационные формулировки краевых задач	3	2	10	-	-	58	36	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6
2	Раздел 2. Дискретизация одномерных краевых задач	3	6	12	-	-			
3	Раздел 3. Дискретизация двумерных краевых задач	3	6	10	-	-			
4	Раздел 4. Дискретизация начально-краевых задач методом конечных элементов	3	4	2	-	-			
Итого:			18	34	-	-	92	36	

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия

Раздел 1. Вариационные формулировки краевых задач

Сущность метода конечных элементов. Постановки основных краевых задач: пяти задач для обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го и 4-го порядков и трех задач для уравнений второго порядка эллиптического типа. Постановки основных краевых задач: задача Дирихле для простейшего ОДУ 2-го порядка (задача 1), задача Дирихле для ОДУ 2-го порядка с переменными коэффициентами (задача 2), смешанная краевая задача для ОДУ 2-го порядка с переменными коэффициентами (задача 3), задача Дирихле для ОДУ 4-го порядка с переменными коэффициентами (задача 4), смешанная краевая задача для ОДУ 4-го порядка (задача 5), смешанная краевая задача для двумерного уравнения Лапласа (задача 6), смешанная краевая задача для двумерного уравнения Гельмгольца (задача 7), третья краевая задача для уравнения конвекции-диффузии (задача 8).

Вариационные формулировки одномерных краевых задач.

Раздел 2. Дискретизация одномерных краевых задач

Тема 1. Проекционные методы дискретизации краевых задач

Сущность метода проекций (моментов). Метод коллокаций для задачи 1. Метод Галеркина для задачи 1. Метод Бубнова-Галеркина для задачи 1. Методы Ритца и наименьших квадратов для задачи 1. Основная теорема для метода Ритца. Методы коллокаций, Галеркина, Ритца и наименьших квадратов для других одномерных задач. Сущность метода проекций дискретизации многомерных краевых задач. Методы коллокаций и Галеркина для задач 6 и 7. Методы Бубнова-Галеркина и Ритца для задач 6 и 7. Методы наименьших квадратов для задач 6 и 7.

Тема 2. Метод конечных элементов дискретизации одномерных краевых задач

Понятие сплайна. Степень и дефект сплайна. Свойства сплайнов.

Использование сплайнов в качестве базисных функций. Применение МКЭ для решения задачи 1. Исследование сходимости МКЭ для задачи 1.

Раздел 3. Дискретизация двумерных краевых задач

Тема 1. Проекционные методы дискретизации двумерных краевых задач.

Методы коллокаций, Галеркина, Бубнова-Галеркина, Ритца, наименьших квадратов.

Тема 2. Метод конечных элементов дискретизации двумерных

краевых задач

Основные этапы применения МКЭ для двумерных задач. Триангуляция области и построение базисных функций. Формирование матрицы коэффициентов. Введение барицентрических координат. Формирование матрицы в случае прямоугольной области I. Вычисление коэффициентов матрицы, отвечающих внутренним узлам. Вычисление коэффициентов, обусловленных краевыми условиями 3-го рода. Построение разностной схемы на основе МКЭ. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 6.

Раздел 4. Дискретизация (нестационарных) начально-краевых задач методом конечных элементов

Дискретизация начально-краевой задачи для двумерного уравнения теплопроводности. Дискретизация начально-краевой задачи для двумерного уравнения теплопроводности.

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1. Вариационные формулировки задач 2, 3, 4 и 5.

Лабораторная работа № 2. Проекционные методы для одномерных краевых задач 2, 3, 4, 5.

Лабораторная работа № 3. Применение МКЭ для решения задачи 2. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 2.

Лабораторная работа № 4. Применение МКЭ для решения задачи 3. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 3.

Лабораторная работа № 5. Вариационные формулировки задач 7 и 8.

Лабораторная работа № 6. Проекционные методы для двумерных краевых задач 7 и 8.

Лабораторная работа № 7. Применение МКЭ для задачи 7.

Лабораторная работа № 8. Применение МКЭ для задачи 8.

Лабораторная работа № 9. Выдача задания №1: численное решение одномерной задачи. **Выбора алгоритма.**

Лабораторная работа № 10. Описание программы, реализующей численный метод.

Лабораторная работа № 11. Составление и отладка программы.

Лабораторная работа № 12. Проведение численных экспериментов. Анализ результатов.

Лабораторная работа № 13. Выдача задания № 2: численное решение двумерной краевой задачи. Выбора алгоритма.

Лабораторная работа № 14. Описание программы, реализующей численный метод.

Лабораторная работа № 15. Составление и отладка программы.

Лабораторная работа № 16. Проведение численных экспериментов. Анализ результатов.

Лабораторная работа № 17. Защита отчетов по выполнению задания. (

В рамках практических занятий предполагается численное решение на ЭВМ методом конечных элементов двух краевых задач: для обыкновенного дифференциального уравнения и уравнения эллиптического типа второго порядка. Численное решение каждой из задач подразумевает: постановку соответствующей краевой задачи, выбор численного алгоритма, исследование сходимости, составление программы, реализующей численный алгоритм, составление и отладка программы, проведение численных экспериментов и визуализацию полученных результатов, оформление отчета. Особое внимание уделяется использованию студентами готовых (лицензионных) программных продуктов и, в частности, свободно распространяемого пакета FreeFEM++.

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Работа над конспектами лекций, подготовка к лабораторным работам, изучение литературы	92 час.	ПР-6 (лабораторная работа)

2	В течение семестра	Подготовка к экзамену	36 часов	экзамен
Итого:			128 час.	

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа студентов состоит из подготовки к лабораторным работам в компьютерном классе, работы над рекомендованной литературой и текстами лекций в процессе изучения теоретического материала.

Темы заданий для самостоятельной работы представлены в плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо сначала прочитать основные понятия и теоремы по теме. При выполнении задания нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи.

Задания для самостоятельной работы

- Написание реферата по теме из списка экзаменационных вопросов по пройденному материалу и списка дополнительных вопросов.

Требования:

1. Свободно ориентироваться в представленном материале.
2. Знать основные методы доказательства основных результатов.
3. Уметь самостоятельно разбирать новые вопросы из читаемого курса.

- Устный доклад.

Требования.

Грамотное и краткое изложение материала.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки

Реферат. От обучающегося требуется:

1. Владение изложенным в рефератах материалом.
2. Знание базовых и смежных с темами рефератов вопросов.

Собеседование (устный опрос) позволяет объективно оценить, как студент владеет излагаемым материалом.

Критерии оценки. Используется зачетная система.

Устный доклад. Студент должен ответить на два вопроса по теме доклада.

Критерии оценки.

«зачтено» - Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме исследования, умеет реферировать литературные источники; владеет методами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Работа соответствует требованиям и выполнена в установленные сроки. Студент умеет делать короткие устные сообщения по теме исследования и отвечать на задаваемые вопросы.

«не зачтено» - Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Студент не владеет изложенным материалом. Студент не в состоянии сделать доклад или не владеет материалом доклада и не в состоянии ответить на вопросы.

V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Разделы 1-4	ПК-5.1 Демонстрирует знание методов анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности	Знает	УО-1; УО-2; УО-3 ПР-4	экзамен
			Умеет	ПР-6	
			Владеет	ПР-6	
		ПК-5.2 Самостоятельно выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему исследования при решении задач проектной и производственно-технологической деятельности	Знает	УО-1; УО-2; УО-3	
			Умеет	ПР-6	
			Владеет	ПР-6	
		ПК-5.3 Применяет методологические принципы и методы решения задач проектной и производственно-технологической деятельности	Знает	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-4	
			Умеет	ПР-6	
			Владеет	ПР-6	
2	Разделы 1-4	ПК-6.1 Демонстрирует знание принципов разработки и отладки программного кода,	Знает	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6	экзамен
			Умеет	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6	

	методов тестирования программного обеспечения	Владеет	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6
	ПК-6.2 Использует методы по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их последствия и восстановления работоспособность	Знает	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6
		Умеет	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6
		Владеет	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6
	ПК-6.3 Разрабатывает программный код, проводит его отладку и тестирование, своевременно принимает меры по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их последствий и восстановлению работоспособности	Знает	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6
		Умеет	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6
		Владеет	УО-1; УО-2; УО-3; ПР-6

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе ФОС.

VI. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы. Изд-во. Лань. 2014. - 672 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42190
2. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. Изд-во Физматлит. 2012. - 468 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59637
3. Трушин С.И. Строительная механика: Метод конечных элементов: учебн. пособие. - Изд-во НИЦ ИНФРА М. 2019 – 305 с. <https://znanium.com/catalog/document?id=342533>
4. Самогин С.Ю., Хроматов В.Е., Чирков В.П. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов: учебн. пособие. – Изд-во Физматлит. М. 2012 -200 с. <https://znanium.com/catalog/document?id=61429>

Дополнительная литература

1. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. Кн.1. Изд-во МЦНМО. 2011. –с. 624. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=9304

2. Алексеев Г.В. Классические методы математической физики: Учебное пособие. Часть 1. - Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2005. – 224 с. <http://window.edu.ru/resource/008/63008>
3. Алексеев Г.В. Классические методы математической физики: Учебное пособие. Часть 2. - Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2005. - 195 с. <http://window.edu.ru/resource/009/63009>
4. Ильин А.М. Уравнения математической физики. Издательство Физматлит. 2009. 192 с.
5. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. Кн.2. Изд-во МЦНМО. 2011. –с. 434. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=930
6. Даутов Р.З. Программирование МКЭ в MATLAB: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2010. - 71 с. <http://window.edu.ru/resource/069/76069>
7. Котович А.В., Станкевич И.В. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2010. 87 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Марьянц, Г. М., Прокофьев А.Б. Основы метода конечных элементов: учебн. пособ. - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. – 80 с.: ил. - Режим доступа: <http://aseu.ssau.ru/i/b/OMKE.pdf>
2. Радин, В.П. . Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления. – учебн. пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 316 с. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114851.html>
3. Каменев, С. В. Основы метода конечных элементов в инженерных приложениях. –учебн. пособие. Изд-во Оренбург: ОГУ, 2019 -110с. http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/11908/1/94203_20190515.pdf

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. <http://www.freefem.org/ff++/ftp/freefem++doc.pdf> Hech F. FreeFEM++. Third Edition. Version 3.0. Руководство пользователя по свободно распространяемому пакету программ с открытым кодом FreeFEM++
2. <http://www.freefem.org/ff++/index.htm> Адрес для скачивания свободно распространяемого пакета программ с открытым кодом FreeFEM++ <http://window.edu.ru/resource/152/27152> Вервейко Н.Д., Семькина Т.Д.,
3. <http://window.edu.ru/resource/978/32978> Гребенников Д.Ю., Яковлев А.Ю. Применение метода конечных элементов в механике сплошных сред: Учебно-методическое пособие. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. - 51 с.

4. <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/smironov/main.asp> Смирнов В.В. Метод конечных элементов. Учебное пособие.
5. <http://window.edu.ru/resource/330/79330> Трудошин В.А. Моделирование систем с распределенными параметрами. Учебное пособие. МГТУ им. Н.Э. Баумана. <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=Mkr/base.cou>
6. <http://window.edu.ru/resource/552/72552> Гергель В.П., Фурсов В.А. Лекции по параллельным вычислениям: Учебное пособие. - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. - 164 с.
7. Электронная каталог библиотеки ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru/>
8. Exponenta.Ru <http://www.exponenta.ru/> (Сайт показывает возможности популярных математических пакетов (Mathcad, Matlab, Maple, Mathematica, Statistica) для решения учебных и практических задач; содержит рекомендации, руководства по работе с математическими пакетами. Ссылки на основные ресурсы российского Интернета, посвященные использованию математических пакетов в образовании и в науке, опыт использования компьютера в математическом образовании. Математика – онлайн)
9. Интернет-библиотека по математике <http://ilib.mccme.ru/> (Сайт Московского Центра непрерывного математического образования)
10. Издательство «Лань»: <http://e.lanbook.com>
11. Math.ru - библиотека <http://www.math.ru/lib/formats> (В библиотеке представлены книги, которые многие годы пользуются популярностью у студентов, преподавателей и просто любителей математики. Также содержит книги по физике).

VII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратите внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Лабораторные занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

Подготовка к экзамену. К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690001, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, Корпус 20, ауд. D733	Моноблок lenovo C360G-i34164G500UDK - 13 шт. Мультимедийное оборудование: Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice 50 см черная кайма сверху, размер рабочей	1) Acrobat Pro DC. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 1. Лицензия 20.01.2019. 2) Premiere Elements. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 1. Лицензия 20.01.2019. 3) In Design CC. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 1. Лицензия 20.01.2019.

	<p>области 236x147 см Документ-камера Avergence CP355AF ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA Мультимедийный проектор Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 Сетевая видеокамера Multipix MP-HD718.</p>	<p>4) Photoshop CC. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 1. Лицензия 20.01.2019. 5) Academic Campus 500. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 3. Лицензия бессрочно. 6) Academic Reseach. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 3. Лицензия 14.01.2020. 7) Academic Associate Mech. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 3. Лицензия бессрочно. 8) SPSS Statistics Premium Campus Edition. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 5. Лицензия бессрочно. 9) SPSS Statistics Premium Base. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 5. Лицензия бессрочно. 10) SPSS Amos. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 5. Лицензия бессрочно. 11) АСКОН Компас 3D v17. Поставщик Навиком. Договор 15-03-53 от 20.12.2015. Срок действия договора 31.12.2015. Лицензия бессрочно. 12) Statistica Ultimate Academic Bundle. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 9. Лицензия 14.01.2020. 13) Statistica. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 9. Лицензия 14.01.2020. 14) MathCad Education University Edition. Договор 15-03-49 от 02.12.2015. Лицензия бессрочно. 15) Prompt Translation Server 10 Standart. Договор 15-03-49 от 02.12.2015. Лицензия бессрочно. 16) Prompt Все словари. Договор 15-03-49 от 02.12.2015. Лицензия бессрочно. 17) FineReader 12 Professional Full Academic. Договор 15-03-49 от 02.12.2015. Лицензия бессрочно. 18) Lingvo x6 Academic Concurrent. Договор 15-03-49 от 02.12.2015. Лицензия бессрочно. 19) Office Professional Plus 2019. Договор № ЭА-261-18. Лицензия . 20) Advanced Threat Analytics Client Management License 2020. Договор № ЭА-261-18. Лицензия 30.06.2020. 21) SQL Server Standard Core 2017. Договор № ЭА-261-18. Лицензия 30.06.2020. 22) Windows Server CAL 2019. Договор № ЭА-261-18. Лицензия 30.06.2020. 23) Windows Server Datacenter Core 2019. Договор № ЭА-261-18. Лицензия 30.06.2020. 24) Windows 10 Enterprise LTSC 2019. Договор № ЭА-261-18. Лицензия 30.06.2020. 25) Windows Edu Per Device 10 Education. Договор № ЭА-261-18. Лицензия 30.06.2020. 26) Autocad 2015. Договор</p>
<p>690001, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, Корпус 20, ауд. D733a</p>	<p>Компьютер (твердотельный диск - объемом 128 ГБ; жесткий диск - объем 1000 ГБ; форм-фактор - Tower; комплектуется клавиатурой, мышью, монитором АОС i2757Fm; комплектом шнуров эл. питания) модель - M93p1 - 13 шт.</p>	
<p>690001, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, Корпус 20, ауд. D734</p>	<p>Моноблок HPP-BOG08ES#ACB/8200E AIO i52400S 500G 4.0G 28 PC - 15 шт Мультимедийное оборудование: Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice 50 см черная кайма сверху, размер рабочей области 236x147 см Документ-камера Avergence CP355AF ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA Мультимедийный проектор Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 Сетевая видеокамера Multipix MP-HD718.</p>	

		<p>110002048940. Лицензия 10.09.2020. 27) 3DS MAX 2015. Договор</p> <p>110002048940. Лицензия 10.09.2020. 28) Alias AutoStudio 2015. Договор</p> <p>110002048940. Лицензия 12.09.2020. 29) Maya Mental Ray 1 Package 2015. Договор 110002048940. Лицензия 12.09.2020.</p> <p>30) Turtle For Maya Premium 2015. Договор 110002048940. Лицензия 12.09.2020.</p> <p>31) MAYA 2015. Договор 110002048940. Лицензия 12.09.2020.</p> <p>32) MAYA 2016. Договор 110002048940. Лицензия 29.10.2021.</p> <p>33) Maya Mental Ray 1 Package 2016. Договор 110002048940. Лицензия 29.10.2021.</p> <p>34) Turtle For Maya Premium 2016. Договор 110002048940. Лицензия 29.10.2021.</p> <p>35) Plant 3D 2017. Договор 110002048940. Лицензия 30.11.2019.</p> <p>36) Civil 3D 2017. Договор 110002048940. Лицензия 13.02.2020.</p> <p>37) Inventor Professional 2017. Договор 110002048940. Лицензия 13.02.2020.</p> <p>38) Mudbox 2017. Договор 110002048940. Лицензия 13.02.2020.</p> <p>39) Autocad 2017. Договор 110002048940. Лицензия 16.02.2020.</p> <p>40) Revit 2017. Договор 110002048940. Лицензия 29.01.2021.</p> <p>41) 3DS MAX 2020. Договор 110002048940. Лицензия 27.10.2021.</p> <p>42) AutoCAD 2020. Договор 110002048940. Лицензия 27.10.2021.</p> <p>43) REVIT 2020. Договор 110002048940. Лицензия 27.10.2021.</p> <p>44) Alias AutoStudio 2020. Договор 110002048940. Лицензия 08.08.2020.</p> <p>45) MAYA 2020. Договор 110002048940. Лицензия 28.10.2021.</p> <p>46) Mudbox 2020. Договор 110002048940. Лицензия 29.10.2021.</p> <p>47) REVIT 2019. Договор 110002048940. Лицензия 28.01.2022.</p> <p>48) Corel Academic Site. Поставщик Софт Лайн Трейд. Договор ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 4. Срок действия договора 30.06.2016. Лицензия закончилась 28.01.2019.</p>
--	--	---

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-

производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Для дисциплины «Компьютерные методы анализа больших данных» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)
2. Коллоквиум (УО-2)
3. Доклад, сообщение (УО-3)

Письменные работы:

1. Лабораторная работа (ПР-6)
2. Реферат (ПР-4)

Устный опрос

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Коллоквиум (УО-2) - Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися

Доклад, сообщение (УО-3) - Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы

Письменные работы

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и

осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторная работа (ПР-6) – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

Реферат (ПР-4) – Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Компьютерные методы анализа больших данных» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (1-й, осенний семестр). Экзамен по дисциплине включает ответы на 2 вопроса.

Методические указания по сдаче экзамена

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего экзамен, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамену, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются экзамен с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «Неудовлетворительно», «Удовлетворительно», «Хорошо» или «Отлично».

Вопросы к экзамену

1. Постановки основных краевых задач: задачи 1 – задачи 8.
2. Вариационные формулировки задачи 1.
3. Вариационные формулировки задач 2 и 3.
4. Вариационные формулировки задач 4 и 5.
5. Вариационные формулировки задач 6 и 7.
6. Вариационные формулировки задачи 8.
7. Сущность метода проекций (моментов). Методы коллокаций,
8. Галеркина, Бубнова-Галеркина, Ритца, наименьших квадратов для задачи 1.
9. Проекционные методы для задач 2 и 3.
10. Проекционные методы для задач 4 и 5.
11. Понятие сплайна. Свойства сплайнов.
12. МКЭ для задачи 1.
13. Исследование сходимости МКЭ для задачи 1.
14. Применение МКЭ для решения задачи 2.
15. Применение МКЭ для решения задачи 3.
16. Сущность метода проекций (моментов) дискретизации двумерной краевой задачи. Метод коллокаций, Галеркина, Бубнова-Галеркина, Ритца, наименьших квадратов для задачи 6.
17. Основные этапы применения МКЭ для дискретизации двумерной краевой задачи 6.
18. Построение разностной схемы для задачи 6 на основе МКЭ и исследование сходимости МКЭ.
19. Применение МКЭ для дискретизации двумерной краевой задачи 8.
20. Пакет Free-FEM. Основные правила применения пакета Free Fem при решении эллиптических краевых задач

Критерии выставления оценки студенту на экзамене

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие программу

обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Оценка	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Набранная сумма баллов (% выполненных заданий) (маx – 5)	Менее 3 (Менее 60%)	3-3,5 (61-74%)	3,6 -4,4 (75-84%)	4,5-5 (85-100%)

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, лабораторных работ, курсового проекта) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Перечень вопросов для собеседования

1. Сущность метода проекций дискретизации краевых задач. Основные проекционные методы.
2. Сущность метода коллокаций дискретизации краевых задач.
3. Сущность метода Галеркина дискретизации краевых задач. Сведение дифференциальной формулировки к вариационной формулировке.
4. Эквивалентность вариационных формулировок для простейшей одномерной краевой задачи Дирихле.
5. Понятие о сильном, полусильном, полуслабом и слабом решениях краевой задачи на примере одномерной задачи Дирихле.

Понятие о сильном, полусильном, полуслабом и слабом решениях краевой задачи на примере одномерной краевой задачи 3-го рода.

7. Связь между дифференциальной краевой задачей и задачей минимизации квадратичного функционала.

8. Сущность метода Бубнова-Галеркина дискретизации краевых задач.

9. Сущность метода Ритца дискретизации краевых задач.

10. Связь между методами Бубнова-Галеркина и Ритца дискретизации краевых задач.

11. Основная теорема о свойствах метода Ритца дискретизации краевых задач.

12. Сущность метода наименьших квадратов дискретизации краевых задач.

Дополнительные вопросы

1. Применение математического моделирования в динамике жидкости. Примеры гидродинамических моделей.

2. Модели гидродинамики идеальной жидкости.

3. Модели гидродинамики вязкой жидкости.

4. Модели колебательных процессов.

5. Усложненные модели гидродинамики. Методы построения математических моделей.

6. Модель распространения звуковых волн в жидкой среде.

7. Основные методы дискретизации краевых задач.

8. Сущность метода конечных разностей. Исследование сходимости метода. Правило Рунге-Кутта. Уточнение порядка точности метода с помощью экстраполяции по Ричардсону.

Сущность метода конечных элементов. Связь с методом Бубнова-Галеркина.

8. Применение пакетов прикладных программ для дискретизации и

9. численного решения краевых задач.

11. Сущность и основные особенности пакета FreeFem++.

12. Некоторые сведения о математическом аппарате метода конечных элементов.

13. Понятие обобщенной функции. Пространство обобщенных функций.

14. Основные операции с обобщенными функциями.

15. Пространства Соболева. Основные факты. Примеры.

16. Понятие сопряженного пространства. Сопряженные к пространствам Соболева.

17. Понятие области с липшицевой границей. Пространства следов.

Сопряженные к пространствам следов.

18. Понятие об операторе вложения. Примеры теорем вложения.

19. Теорема об эквивалентности вариационной задачи и задачи минимизации квадратичного функционала.

20. Коэрцитивные билинейные формы. Теорема Лакса-Мильграма.

Темы для рефератов

1. Элементы теории обобщенных функций.
2. Пространства Соболева. Пространства следов.
3. Эквивалентность вариационной задачи и задачи минимизации квадратичного функционала.
4. Теорема Лакса-Мильграма. Доказательство существования и единственности решения задачи 2.
5. Доказательство существования и единственности решения задачи 3.
6. Доказательство существования и единственности решения задачи 4.
7. Доказательство существования и единственности решения задачи 5.
8. Доказательство существования и единственности решения задачи 6.
9. Доказательство существования и единственности решения задачи 7.
10. Доказательство существования и единственности решения задачи 8.
11. Некоторые методы решения сеточных уравнений.
12. Метод прогонки решения систем с трехдиагональной матрицей.
13. Метод разделения переменных решения разностных задач.

Критерии оценки реферата

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент выполняет реферат в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения измерений, правильно самостоятельно определяет цель работы; самостоятельно, рационально выбирает необходимое оборудование для получения наиболее точных результатов проводимой работы. Грамотно и логично описывает ход работы, правильно формулирует выводы, точно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и т.п., умеет обобщать фактический материал. Допускается два/три недочёта или одна негрубая ошибка и один недочёт. Работа соответствует требованиям и выполнена в срок.
«не зачтено»	Студент выполнил работу не полностью, объем выполненной части не позволяет сделать правильные выводы; не определяет самостоятельно цель работы; в ходе работы допускает одну и более грубые ошибки, которые не может исправить, или неверно производит наблюдения, измерения, вычисления и т.п.; не умеет обобщать фактический материал. Реферат не выполнен.

Критерии оценивания лабораторной работы

Результатом лабораторной работы является отчет по лабораторной работе.

При составлении отчетов рекомендуется придерживаться следующей структуры:

- Постановка задачи;
- Метод решения;
- Алгоритм метода;
- Программная реализация алгоритма;
- Спецификация используемых функций и типов данных;
- Описание тестов, на которых программа проходила проверку;
- Результаты численного эксперимента.

Отчет должен полностью удовлетворять условию задачи. В случае некачественно выполненных отчетов (не соответствующих заявленным требованиям) результирующий балл за работу может быть снижен.

Студент должен продемонстрировать отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией.

Наличие всех отчетов является допуском к экзамену.