

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Высшей математики и теоретической механики

Рабочая программа по дисциплине

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению
подготовки

05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»

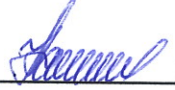
Направленность (профиль):
«Прикладная метеорология»

Квалификация:
Бакалавр

Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»

 Фокичева А.А.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
28 июня 2018 г., протокол № 8
Зав. кафедрой  Матвеев Ю.Л.

Авторы-разработчики:
 Беликова Г.И.

Санкт-Петербург 2018

Составила:

Беликова Г.И. – старший преподаватель кафедры высшей математики и теоретической механики РГГМУ

© Г.И. Беликова, 2018.

© РГГМУ, 2018

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины Б1.В.03 «Вычислительная математика» является формирование у студентов широты взглядов на математику и её применение, а также формирование понимания важности математического моделирования различных информационных процессов. В результате активного освоения данного курса студент должен приобрести привычку логически рассуждать, чётко формулировать свои мысли, понимать разные стороны использования математики – логическую, прикладную и философскую. Кроме этого студенты должны хорошо знать и использовать фундаментальные понятия и их взаимосвязь в тех разделах математики, которые входят в данную дисциплину. Важно, чтобы студент, освоив эту дисциплину, хорошо понял следующее:

- многие абстрактные математические понятия, как показал многовековой человеческий опыт, стали полезным инструментом для познания различных природных и социальных явлений;
- для использования математики в познании явлений окружающего мира необходимы общность и строгость.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Вычислительная математика» реализуется в рамках вариативной части математического и естественнонаучного цикла программы подготовки бакалавра. Учебная дисциплина «Вычислительная математика» базируется на учебных дисциплинах, приведённых в табл. 1.

Таблица 1

Обеспечивающие учебные дисциплины	Входные требования		
	знать	уметь	владеть
Математический анализ функции одного аргумента, высшая алгебра и аналитическая геометрия в объёме 3х семестров	Свойства элементарных функций, теорию пределов, дифференциальное и интегральное исчисление одного аргумента и нескольких переменных, векторную алгебру, аналитическую геометрию на плоскости, теорию определителей, дифференциальные уравнения	Вычислять пределы, дифференцировать и интегрировать, приводить к каноническому виду уравнения первого и второго порядков	Разложением дифференцируемой функции в многочлен Тейлора, классификацией и оценкой бесконечно малых

Учебная дисциплина «Вычислительная математика» для направления подготовки «Прикладная гидрометеорология» является базой для освоения и успешного применения пакетов MATHCAD, MATLAB и др. в математическом моделировании гидрометеорологических процессов.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1: способность представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики	
Знать:	
Уровень 1	основные источники по дисциплине: лекции, учебники, справочники
Уровень 2	основные методы и приёмы решения типовых примеров и задач
Уровень 3	знать фундаментальные и наиболее важные понятия в определённом разделе математики, соответствующие теоремы, свойства математических объектов и операции с ними
Уметь:	
Уровень 1	анализировать и систематизировать материал лекции, выделять в них главное и отмечать это в конспектах
Уровень 2	самостоятельно работать с учебной литературой и с конспектами лекций
Уровень 3	уметь доказать соответствующие теоремы или объяснить ход решения заданной математической задачи
Владеть	
Уровень 1	способами устного и письменного изложения информации
Уровень 2	навыками использования полученной информации при выполнении контрольных и самостоятельных работ и при подготовке к экзаменам
Уровень 3	навыками применения соответствующей математической теории при решении определённых математических задач
ПК- 2: способностью анализировать явления и процессы, происходящие в природной среде, на основе экспериментальных данных и массивов гидрометеорологической информации, выявлять в них закономерности и отклонения	
Знать:	
Уровень 1	фундаментальные теоремы, основные свойства и алгоритмы решений
Уровень 2	область применения соответствующих теорем и методов решения
Уровень 3	оптимальные методы решения классических базовых математических задач
Уметь:	
Уровень 1	применять математические преобразования и численные алгоритмы при решении задач
Уровень 2	математически грамотно оформлять алгоритм решения задачи и результат
Уровень 3	излагать идею решения задачи и преобразование идеи в соответствующие алгоритмы
Владеть:	
Уровень 1	основными методами и алгоритмами решения типовых задач
Уровень 2	теоретическими знаниями при решении прикладных задач
Уровень 3	умением устно и письменно анализировать решение поставленной задачи

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявления компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
Уровень 1 (минимальный)	не владеет	слабо ориентируется в определениях и понятиях	способен понять основной смысл в тексте	владеет основными навыками работы с учебной литературой и конспектами лекций	способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные свойства	способен объяснить основную идею	понимает смысл поставленной задачи и может связать её решение с соответствующей теорией	может соотнести теоретический материал с поставленной задачей
	не знает	допускает грубые ошибки	знает основные положения и свойства, но не умеет обобщать	понимает смысл основных положений, свойств и теорем	способен найти идею решения поставленной задачи
Уровень 2 (базовый)	не владеет	плохо ориентируется в математических понятиях	владеет методами решения, но не способен свободно изложить материал	свободно излагает материал, но не может сопоставлять и оценивать различные способы решения	способен понять к какому разделу математики относится поставленная задача
	не умеет	знает свойства, но плохо их применяет	выделяет только поверхностный смысл понятия, свойства или теоремы	хорошо знает теорию, но испытывает сложности в её применении	способен найти соответствующий теоретический материал для решения поставленной задачи
	не знает	допускает много ошибок	может изложить основные положения, теоремы и свойства		способен построить алгоритм решения поставленной задачи
Уровень 3 (продвинутый)	не владеет	ориентируется в основных понятиях	в общих чертах понимает основную идею решения, но плохо связывает с соответствующим методом её решения	понимает смысл поставленной задачи и владеет подходом к её решению	способен грамотно сформулировать и, если надо, доказать свойства, которым обладает заданный математический объект
	не умеет	выделяет основные свойства, но не может их применять	может понять алгоритм решения, но затрудняется его применить	понимает смысл теории, её практическую ценность, но испытывает затруднения в её применении	свободно ориентируется в заданной области математики, понимает основные идеи и их практическую ценность
	не знает	допускает ошибки в преобразованиях	способен изложить основное содержание или идею решения	знает основное содержание и способен его анализировать	может анализировать различные методы для решения поставленной задачи

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Вычислительная математика» обучающийся

должен знать:

- основные положения соответствующих разделов математики;
- основные теоремы соответствующих разделов математики и рамки их применения;
- свойства изучаемых математических объектов;
- круг задач, решение которых привело к созданию соответствующего раздела математики;
- область применения каждого изученного раздела численных методов.

должен уметь:

Бакалавр

- решать базовые математические задачи в рамках изученных разделов математики;
- логически стройно и аргументировано излагать (письменно и устно) идею решения математической задачи;
- выстраивать алгоритм решения поставленной задачи;
- знать и использовать пакеты математических программ для решения базовых задач в рамках изученных разделов математики.

должен владеть:

- основными методами решения базовых задач в рамках изученных разделов математики;
- использовать полученные знания при решении задач, связанных с информатикой.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

бъём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 2015, 2016, 2017, 2018 гг.набора	Заочная форма обучения 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 гг.набора
Общая трудоёмкость дисциплины	108 часов	
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	44	12
в том числе:		
лекции	14	4
практические занятия	30	8
семинарские занятия	-	-
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	64	87
в том числе:		
контрольная работа	-	-
курсовая работа	-	-
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен

4.1. Структура дисциплины

**Очная форма обучения
2014-2018 гг. набора**

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости в час.	Занятия в активной и интерактивной форме в час.	Формируемые компетенции
			Лек.	Практ.	Сам. Раб.			
1	Раздел 1. Базовые понятия	3	-	6	3		4	
1.1	Тема 1.1. Необходимые знания из математического анализа из теории погрешностей	3	-	2	-	Собеседование	-	ОПК-1 ПК-2
1.2	Тема 1.2. Основные понятия в численных методах.	3	-	2	1	Собеседование	2	ОПК-1 ПК-2
1.3	Тема 1.3. Приближённые методы нахождения корней функций	3	-	2	2	Собеседование	2	ОПК-1 ПК-2
2	Раздел 2. Решение лин. систем алг. ур-ий		2	2	4		2	
2.1	Тема 2.1. Метод Гаусса с выбором главного элемента.	3	2	2	2+2	Контрольная работа	2	ОПК-1 ПК-2
2.2	Тема 2.2. Итерационные методы.							
2.3	Тема 2.3. Метод трёхд- ной прогонки.							
3	Раздел 3. Основные задачи теории аппроксимации		4	4	8		4	
3.1	Тема 3.1. Интерп.ые многочлены Лагранжа,	3	-	-	2	Собеседование	2	ОПК-1 ПК-2
3.2	Ньютона Тема 3.2. Интерп. кубическими сплайнами							
3.3	Тема 3.3. Метод наименьших квадратов		-	2	2	Контрольная работа	-	ОПК-1 ПК-2
3.4	Тема 3.4. Аппр.-ия многочленами Чебышева	3	2	-	2	Собеседование	2	ОПК-1 ПК-2
3.5	Тема 3.5. Аппр.-ия многочленами Фурье		2	2	2	-	-	ОПК-1 ПК-2

3.6	Тема 3.6. Дробно-рац. аппрок.							
4	Раздел 4. Численное дифферен.ние		-	2	2		2	
4.1	Тема 4.1. Прибл. дифф. $y(x)$	3	-	2	2		2	ОПК-1 ПК-2
4.2	Тема 4.2. Аппрок. частных произ-ных							
5	Раздел 5. Численное интегрирование	3	-	2	2		2	
5.1	Тема 5.1. Методы прямоугольников, трапеций, Симпсона.	3	-	2	2	собеседование	2	ОПК-1 ПК-2
5.2	Тема 5.2. Кубические интерп. слайны.							
5.3	Тема 5.3. Выч.сление кратных интегралов							
6	Раздел 6. Дифференциальные уравнения с начальными условиями		2	4	6		2	
6.1	Тема 6.1. Метод Эйлера.	3	2	2	2+2	Контрольная работа	2	ОПК-1 ПК-2
6.2	Тема 6.2. Метод Рунге-Кутта	3	-	2	2	-	-	ОПК-1 ПК-2
7	Раздел 7. Решение дифференциальных ур-ий с гран. усл-ми	3	4	4	4		5	
7.1.	Тема 7.1.Конечно-разностный метод		-	2	2	Собеседование	1	ОПК-1 ПК-2
7.2	Тема 7.2. Метод Галёркина.	3	2	2	2		2	ОПК-1 ПК-2
7.3.	Тема 7.3. Метод Рунца.							
7.4.	Тема 7.4. Метод конечных элементов	3	2	-	-	-	2	ОПК-1 ПК-2
8	Раздел 8. Решение диф. ур-ий в частных производных	3	2	4	6		4	
8.1.	Тема 8.1. Решение ур.теплопроводности (явная схема).	3	2	2	2+2	Контрольная работа	2	ОПК-1 ПК-2
8.2.	Тема 8.2.Кон. разн. метод р-ия ур-ия тепл. (неявная схема)							
8.3	Тема 8.3.Метод расщепления	3	-	2	2	-		ОПК-1 ПК-2
8.4	Тема 8.4. Конечно-раз.							

8.5	метод р-ия вол-го ур-ия с гр. и н. ус. Тема 8.5. Кон. раз. метод решения ур-ия Лапласа и Пуассона						2	
9	Тема 9. Прибл. методы нахождения наименьших зн-ий функций	3	-	2	2		2	
9.1	Тема 9.1. Покоордин. метод	3	-	2	2	-	2	ОПК-1 ПК-2
9.2	Тема 9.2. Градиентный метод							
Итого			14	30	37		12	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (27 часов)					108 часов			

**Заочная форма обучения
2014-2018 гг. набора**

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости в час.	Занятия в активной и интерактивной форме в час.	Формируемые компетенции
			Лек.	Практ.	Сам. Раб.			
1	Раздел 1. Базовые понятия	2	-	-	7	-	4	
1.1	Тема 1.1. Необходимые знания из математического анализа из теории погрешностей	2	-	-	2	-	-	ОПК-1 ПК-2
1.2	Тема 1.2. Основные понятия в численных методах.	2	-	-	2	-	-	ОПК-1 ПК-2
1.3	Тема 1.3. Приближённые методы нахождения корней функций	2	-	-	3	-	-	ОПК-1 ПК-2
2	Раздел 2. Решение лин. систем алг. ур-ий	2	-	-	8	-	-	
2.1	Тема 2.1. Метод Гаусса с выбором главного элемента.	2	-	-	8	-	-	ОПК-1 ПК-2
2.2	Тема 2.2. Итерационные методы. Тема 2.3. Метод трёхд-							

2.3.	ной прогонки.							
3	Раздел 3. Основные задачи теории аппроксимации	2	-	-	14	-	-	
3.1	Тема 3.1.Интерп.ые многочлены Лагранжа,							ОПК-1
3.2	Ньютона Тема 3.2. Интерп. кубическими сплайнами-	2	-	-	4	-	-	ПК-2
3.3	Тема 3.3. Метод наименьших квадратов	2	-	-	2	-	-	ОПК-1 ПК-2
3.4	Тема 3.4. Аппр.-ия многочленами Чебышева	2	-	-	4	-	-	ОПК-1 ПК-2
3.5	Тема 3.5. Аппр.-ия многочленами Фурье							ОПК-1
3.6	Тема 3.6. Дробно-рац. аппрок.	2	-	-	4	--	--	ПК-2
4	Раздел 4. Численное дифферен.ние	2	-	-	8	-	-	
4.1	Тема 4.1. Прибл. дифф. $y(x)$							ОПК-1
4.2	Тема 4.2. Аппрок. частных произ-ных	2	-	-	8	-	-	ПК-2
5	Раздел 5. Численное интегрирование	2	-	-	8	-	2	
5.1	Тема 5.1. Методы прямоугольников, трапеций, Симпсона.							ОПК-1
5.2	Тема 5.2.Кубические интерп. слайны.	2	-	-	8	-	2	ПК-2
5.3	Тема 5.3. Выч.сление кратных интегралов							
6	Раздел 6. Дифференциальные уравнения с начальными условиями	2	-	2	8	-	2	
6.1	Тема 6.1. Метод Эйлера.	2	-	-	4	-	-	ОПК-1 ПК-2
6.2	Тема 6.2. Метод Рунге-Кутта	2	-	2	4	--	2	ОПК-1 ПК-2
7	Раздел 7. Решение дифференциальных ур-ий с гран. усл-ми	2	2	2	16	-	2	
7.1.	Тема 7.1.Конечно-разностный метод	2	2	2	4	-	2	ОПК-1 ПК-2

7.2.	Тема 7.2. Метод Галёркина.	2	-	-	6	-	-	ОПК-1 ПК-2
7.3.	Тема 7.3. Метод Рунге.							
7.4.	Тема 7.4. Метод конечных элементов	2	-	-	6	-	-	ОПК-1 ПК-2
8	Раздел 8. Решение диф. ур-ий в частных производных	2	2	2	11	-	1	
8.1.	Тема 8.1. Решение ур. теплопроводности (явная схема).							ОПК-1 ПК-2
8.2.	Тема 8.2. Кон. разн. метод р-ия ур-ия тепл. (неявная схема)	2	2	-	6	-	-	
8.3.	Тема 8.3. Метод расщепления							ОПК-1 ПК-2
8.4.	Тема 8.4. Конечно-раз. метод р-ия вол-го ур-ия с гр. и н. ус.	2	-	2	5	--	1	
8.5.	Тема 8.5. Кон. раз. метод решения ур-ия Лапласа и Пуассона							
9	Тема 9. Прибл. методы нахождения наименьших зн-ий функций	2	-	2	6	--	2	
9.1.	Тема 9.1. Покоордин. метод							ОПК-1 ПК-2
9.2.	Тема 9.2. Градиентный метод	2	-	2	6	Контрольная работа	2	
	ОБЩИЙ ИТОГ (в часах)		4	8	87	-	12	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (9 часов)					108 часов			

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Базовые понятия численных методов

Тема 1.1. Необходимые знания из математического анализа.

Свойства непрерывных, интегрируемых и дифференцируемых функций. Свойства сходящихся числовых и функциональных рядов. Многочлены Тейлора. Ортогональные ряды.

Тема 1.2. Основные понятия в численных методах

Абсолютная погрешность. Относительная погрешность. Погрешности округления. Порядок приближения. Устойчивость относительно начальных данных. Корректно поставленная задача – существование, единственность и устойчивость относительно начальных условий (входных данных). Смысл базовых понятий: аппроксимация,

интерполяция, экстраполяция, невязка. Определение понятий: итерационный процесс, неподвижная точка, шаг итерации.

Тема 1.3. Приближённые методы нахождения корней функций (решение нелинейных уравнений)

Метод деления отрезка пополам (метод бисекции или метод Больцано). Метод хорд (метод секущих). Метод касательных. Метод Ньютона.

Раздел 2.

Численные методы решения линейных систем алгебраических уравнений

Тема 2.1. Метод Гаусса с выбором главного элемента.

Алгоритм построения прямого хода. Компьютерный алгоритм обратного хода. Оценка невязки.

Тема 2.2. Итерационные методы

Условия применения метода. Метод простых итераций. Точность расчёта

Тема 2.3. Метод трёхдиагональной прогонки

Построение (вывод) прогоночных коэффициентов. Вывод формулы для непосредственного вычисления решений системы.

Раздел 3. Основные задачи теории аппроксимации

Тема 3.1. Интерполяционный многочлен Лагранжа и Ньютона

Построение интерполяционных многочленов Лагранжа для интерполяции и экстраполяции таблично заданной функции внутри и вне таблицы.

Тема 3.2. Кубические интерполяционные сплайны

Определение кубического интерполяционного сплайна и его применение для интерполирования таблично заданных функций.

Тема 3.3. Метод наименьших квадратов

Аппроксимация дискретно заданных функций линейной функцией (линейный тренд), логарифмической функцией, показательной функцией и квадратичной функцией методом наименьших квадратов.

Тема 3.4. Аппроксимация функций многочленами Чебышева

Определение многочлена Чебышева и его основные свойства. Преобразование тригонометрического вида многочленов к алгебраическому виду. Корни, максимальные и минимальные значения многочленов. Ортогональность с весом. Приближение функции многочленами Чебышева.

Тема 3.5. Аппроксимация функций многочленами Фурье (гармонический анализ)

Ряды Фурье. Понятие ортогональности функций. Определение бесконечной системы ортогональных функций на отрезке. Разложение функции в ряд Фурье. Построение коэффициентов Фурье. Доказательство ортогональности тригонометрических систем функций: $\left\{ \sin \frac{k\pi x}{l} \right\}_{k=1}^{\infty}$ на отрезке $[0; l]$; $\left\{ \cos \frac{k\pi x}{l} \right\}_{k=0}^{\infty}$ на отрезке $[0; l]$;

$\left\{ \cos \frac{k\pi x}{l}, \sin \frac{k\pi x}{l} \right\}_{k=0}^{\infty}$ на отрезке $[-l; l]$. Разложение интегрируемых функций в

тригонометрические ряды Фурье. Разложение чётных и нечётных функций в тригонометрии ряды Фурье. Равномерная сходимость рядов Фурье. Приближение функции многочленом Фурье. Оценка точности. Анализ гармоник.

Тема 3.6. Дробно-рациональная аппроксимация

Постановка задачи и качественное описание метода построения аппроксимации. Метод Паде.

Раздел 4. Численное дифференцирование

Тема 4.1. Конечно-разностная аппроксимация производных функций одного аргумента

Построение конечно-разностных аппроксимаций производных первого и второго порядков с помощью многочлена Тейлора. Оценка погрешностей построенных формул. Численное дифференцирование с помощью кубических сплайнов. Оценка погрешности.

Тема 4.2. Конечно-разностная аппроксимация частных производных

Построение конечно-разностных аппроксимаций частных производных первого и второго порядков с помощью многочлена Тейлора. Оценка погрешностей построенных формул. Метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона. Интегрирование с помощью кубических интерполяционных сплайнов. Оценка погрешностей. Приближённые методы вычисления кратных интегралов.

Раздел 5. Численное интегрирование

Тема 5.1. Метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона

Вывод формул. Оценка погрешностей.

Тема 5.2. Кубические сплайны и интегрирование

Алгоритм вычисления. Оценка погрешностей.

Тема 5.3. Вычисление кратных интегралов

Алгоритм вычисления. Оценка погрешностей.

Раздел 6.

Численные методы решения дифференциальных уравнений с начальными условиями (задача Коши)

Тема 6.1. Метод Эйлера решения дифференциального уравнения с начальными условиями

Вывод формулы Эйлера. Алгоритм решения дифференциального уравнения первого порядка с начальным условием. Решение систем дифференциальных уравнений первого порядка с начальными условиями. Решение дифференциального уравнения n -го порядка ($n > 1$) с начальными условиями. Компьютерный алгоритм решения с автоматическим выбором шага.

Тема 6.2. Метод Рунге-Кутты для решения дифференциальных уравнений с начальными условиями

Вывод формулы 4-го порядка. Алгоритм решения дифференциального уравнения первого порядка с начальным условием. Решение систем дифференциальных уравнений первого порядка с начальными условиями. Решение дифференциального уравнения n -го порядка ($n > 1$) с начальными условиями. Компьютерный алгоритм решения с автоматическим выбором шага.

Раздел 7. Решение линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка с заданными граничными условиями

Тема 7.1. Конечно-разностный метод

Построение конечно-разностного уравнения. Построение алгебраической системы с трёхдиагональной матрицей. Построение решения в виде дискретной функции (таблицы).

Построение решения для различных граничных условий: 1-го, 2-го и 3-го рода.

Тема 7.2. Метод Галёркина

Построение линейной функции $\varphi_0(x)$ с заданными граничными условиями. Построение системы линейно независимых функций $\{\varphi_i(x)\}_{i=1}^k$ с нулевыми граничными условиями (базисные функции или координатные функции). Представление неизвестного решения в виде линейной комбинации базисных функций $y(x) = \varphi_0(x) + \sum_{i=1}^k c_i \varphi_i(x)$. Нахождение неизвестных коэффициентов $\{c_i(x)\}_{i=1}^k$ методом Галёркина.

Тема 7.3. Метод Ритца

Задачи вариационного исчисления. Построение по заданному уравнению соответствующего функционала. Построение линейной функции $\varphi_0(x)$ с заданными граничными условиями. Построение системы линейно независимых функций $\{\varphi_i(x)\}_{i=1}^k$ с нулевыми граничными условиями (базисные функции или координатные функции). Представление неизвестного решения в виде линейной комбинации базисных функций $y(x) = \varphi_0(x) + \sum_{i=1}^k c_i \varphi_i(x)$. Построение системы Ритца для нахождения неизвестных коэффициентов $\{c_i(x)\}_{i=1}^k$ методом Ритца.

Тема 7.4. Метод конечных элементов

Система почти ортогональных функций. Определение и построение финитных функций с заданными граничными условиями. Построение производных финитных функций. Представление неизвестного решения в виде линейной комбинации финитных функций $y(x) = \varphi_0(x) + \sum_{i=1}^k c_i \varphi_i(x)$. Построение алгебраической системы с трёхдиагональной матрицей для нахождения неизвестных коэффициентов $\{c_i(x)\}_{i=1}^k$.

Раздел 8. Численные методы решения диф. уравнений в частных производных.

Тема 8.1. Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности (явная схема) с начальным и граничными условиями.

Выбор шагов интегрирования по каждой переменной. Построение конечно-разностной аппроксимации уравнения теплопроводности. Построение формулы для вычисления значения функции в каждом узле сетки. Вычисление значений искомой функции во всех граничных узлах сетки. Вычисление значений искомой функции во всех узлах сетки на нулевом временном слое. Шаблон явной схемы. Понятие вязкости, устойчивости и неустойчивости схемы. Понятие устойчивости и неустойчивости схемы решения. Условие Куранта-Леви.

Тема 8.2. Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности (неявная схема) с заданным начальным и граничными условиями.

Выбор шагов интегрирования по каждой переменной. Построение конечно-разностной аппроксимации уравнения теплопроводности. Шаблон неявной схемы. Вычисление значений искомой функции во всех граничных узлах сетки. Вычисление значений искомой функции во всех узлах сетки на нулевом временном слое.

Построение системы с трёхдиагональной матрицей для вычисления всех значений функции на каждом временном слое сетки.

Тема 8.3. Метод расщепления для решения двумерного уравнения теплопроводности с заданным начальным и граничными условиями.

Описание сути метода и алгоритм численного решения для явной схемы и для неявной схемы решения.

Тема 8.4. Конечно-разностный метод решения одномерного волнового уравнения с заданными граничными и начальными условиями

Выбор шагов интегрирования и построение сетки. Построение конечно-разностной аппроксимации уравнения Пуассона. Шаблон схемы. Вычисление значений искомой функции во всех граничных узлах сетки. Построение итерационного процесса нахождения значений решения во всех узлах построенной сетки.

Раздел 9. Приближённые методы нахождения наименьших значений дифференцируемых функций

Тема 9.1. Координатный (покоординатный) метод (спуск по координатам)

Начальное приближение. Построение алгоритма итерационного процесса. Оценка относительной погрешности.

Тема 9.2. Градиентный метод (метод наискорейшего спуска)

Начальное приближение. Построение алгоритма итерационного процесса. Оценка относительной погрешности.

4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ темы	Тематика практических занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1.1	Необходимые знания из мат. анализа	Теоретический материал	ОПК-1 ПК-2
2	1.2	Основные понятия в численных методах	Теоретический материал	ОПК-1 ПК-2
3	1.3	Приближённые методы нахождения корней функций	Практическая работа	ОПК-1 ПК-2
4	2.3	Трёхдиагональная прогонка	Самостоятельная	ОПК-1, ПК-2
5	3.3	Метод наименьших квадратов	Самостоятельная	ОПК-1, ПК-2
6	3.5.	Аппрокс. многочленами Фурье	Практическая работа	ОПК-1 ПК-2
7	4.1, 5.1	Приближённое диф-ие. и инт-ие	Практическая работа	ОПК-1 ПК-2
8	6.1	Метод Эйлера для р-я диф. ур-ий и с-м	Самостоятельная	ОПК-1 ПК-2
9	7.1	Кон. раз.. м-д реш-я диф. ур. с гр. усл.	Самостоятельная	ОПК-1 ПК-2
10	7.2	Реш.диф. урав. с зад. гр. усл. м.Галёркина	Практическая работа	ОПК-1 ПК-2
11	7.3	Реш. диф. урав. с зад. кр. усл. м. Рунге	Практическая работа	ОПК-1 ПК-2
12	7.4.	Метод конечных элементов	Практическая работа	ОПК-1 ПК-2

13	8.1-8.2	Решение урав. тепл. Яв.и неяв. схемы	Самостоятельная	ОПК-1 ПК-2
14	8.4.	Решение уравнения Лапласа и Пуассона с гр. усл Дирихле	Практическая работа	ОПК-1 ПК-2
15	9.1-9.2	Нахождение наименьших значений функций координатным и градиентным методами	Практическая работа	ОПК-1 ПК-2

4.4 Вид и форма промежуточной аттестации

Текущий контроль осуществляется в ходе изучения каждой темы и по окончании каждого раздела. Система, сроки и виды контроля доводятся до сведения каждого студента в начале занятий по дисциплине. В рамках текущего контроля оцениваются следующие виды работы студента:

- работа у доски;
- ответы на поставленные преподавателем вопросы;
- умение самого студента задавать вопросы;
- систематическая самостоятельная домашняя работа по математике;
- результаты выполнения аудиторных самостоятельных работ;
- знание математических формул и определений фундаментальных математических понятий в рамках соответствующих разделов «Численных методов».

Формами текущего контроля являются:

- экспресс-опрос в виде «летучки» (проводится после каждой лекции во вступительной части практического занятия);
- проверка выполнения домашних заданий;
- письменное тестирование;
- самостоятельная работа в аудитории.

Текущий контроль проводится в период аудиторной работы студентов в установленные сроки по расписанию.

4.5. Используемые образовательные технологии

Лекции, письменный контроль.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Текущий контроль

а) Образцы самостоятельных заданий текущего контроля

Тема : 2.3. Решение системы методом трёхдиагональной прогонки (с проверкой)

$$\begin{cases} -x_1 + x_2 = 1 \\ x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 4 \\ -x_2 - 1x_3 + 1x_4 = 0; \\ x_3 + 1x_4 - 1x_5 = 1 \\ x_4 - 2x_5 = -5 \end{cases} \quad \begin{cases} -x_1 + x_2 = 1 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 = 0 \\ x_2 + x_3 + 1x_4 = 0; \\ x_3 - x_4 + x_5 = 1 \\ x_4 - x_5 = -1 \end{cases} \quad \begin{cases} -x_1 + x_2 = -1 \\ x_1 - 2x_2 - x_3 = -4 \\ 2x_2 + x_3 - x_4 = 7; \\ x_3 - x_4 + x_5 = 1 \\ x_4 - x_5 = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 3 \\ x_1 - x_2 + x_3 = 2 \\ x_2 - 2x_3 + x_4 = 0; \\ x_3 + x_4 - x_5 = 2 \\ x_4 + x_5 = 9 \end{cases} \quad \begin{cases} -x_1 + 2x_2 = 4 \\ x_1 - x_2 - x_3 = -5 \\ x_2 - 2x_3 + x_4 = 0; \\ 2x_3 + 3x_4 + x_5 = -1 \\ 2x_4 - x_5 = 4 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 - x_2 = 3 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 = 4 \\ x_2 + x_3 + x_4 = 0; \\ x_3 - 2x_4 + x_5 = 1 \\ x_4 - 2x_5 = -5 \end{cases}$$

**Тема: 2.3. Аппроксимация табличной функции по методу наименьших квадратов.
(построение линейного тренда)**

Таблица1

X	1	1.5	2.0	2.5	3	3.5
Y	1.1	1.5	1.7	1.8	2.	2.3

Таблица 2

X	1	1.5	2.0	2.5	3	3.5
Y	2.1	1.3	0.7	1.9	2.	1.8

Таблица3

X	1	1.5	2.0	2.5	3	3.5
Y	3.1	2.5	1.7	2.8	2.1	2.3

Таблица 4

X	1	1.5	2.0	2.5	3	3.5
Y	4.1	4.5	3.7	3.8	2.9	2.7

Таблица 5

X	1	1.5	2.0	2.5	3	3.5
Y	5.1	5.3	4.9	4.8	5.2	5.0

Таблица 6

X	1	1.5	2.0	2.5	3	3.5
Y	6.1	6.3	5.7	6.8	6.2	6.0

Тема 6.1. Решение дифференциальных уравнений методом Эйлера

Задание №1. Решите уравнение 1-го порядка (3 шага)

1. $y' = y^2 + \frac{x}{y}$, $y(2) = 4$, $h = 0,01$. 2. $y' = y^2 + 2x^2$, $y(0) = 1$, $h = 0,1$.

3. $y' = y^2 + x^2$, $y(1) = 1$, $h = 0,1$. 4. $y' = y^2 + x + 1$, $y(0) = 1$, $h = 0,1$.

5. $y' = y^2 \cdot x$, $y(0) = 2$, $h = 0,2$. 6. $y' = y^2 + 5x$, $y(2) = 1$, $h = 0,02$.

Задание №2 Решите систему (3 шага). Для всех вариантов $h=0,1$.

1. $y_1' = 2y_1 + 8y_2$, $y_1(0) = 2$, 2. $y_1' = 8y_1 - 3y_2$, $y_1(0) = 2$,

$y_2' = y_1 + 4y_2$, $y_2(0) = 4$. $y_2' = 2y_1 + y_2$, $y_2(0) = \frac{1}{3}$.

3. $y_1' = \frac{y_2 - y_1}{x}$, $y_1(1) = 1$, 4. $y_1' = 5y_1 - y_2$, $y_1(0) = 1$,

$y_2' = \frac{y_2 + y_1}{x}$, $y_2(1) = 1$. $y_2' = 2y_1 + 7y_2$, $y_2(0) = 1$.

Задание №3. Решите дифференциальное уравнение 2-го порядка с помощью преобразования уравнения в систему. Сделать три шага с $h=0,1$.

1. $y'' = \frac{3}{2}y^2$, $y(-2) = 1$, $y'(-2) = -1$.

2. $y'' = y' + 2(1 - x)$, $y(0) = 1$, $y'(0) = 1$.

3. $y'' = \frac{2(y')^2}{y-1}y^2$, $y(1) = 1$, $y'(1) = -1$.

7.1. Конечно-разностный метод решения линейного дифференциального уравнения 2-го порядка с граничными условиями

Запишите конечно-разностную систему уравнений для заданного дифференциального уравнения

1. $y'' + \frac{2}{x-2}y' - (x-2)y = 1$, $y(0) = 0.5$, $y(1) = -1$, $h = 0,2$.

2. $y'' + xy' - x^2y = 3x$, $y(1) = 0$, $y(2) = 2$, $h = 0,2$.

3. $y'' - y' + xy = x^2$, $y(0) = 2$, $y(1) = 4$, $h = 0,2$.

8.1-8.2 Решение уравнение теплопроводности по явной схеме и по неявной схеме (сделать один шаг).

1. $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - x + t, h_x = 0.2, h_t = 0.02$, начальное условие: $u(x, 0) = 2x$,

граничные условия: $u(1, t) = 2 + t, u(2, t) = 8 + t$.

2. $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + x - t, h_x = 0.2, h_t = 0.02$, начальное условие: $u(x, 0) = x^2$,

граничные условия: $u(x, 0) = 2x, u(0, t) = 1 + t, u(1, t) = 4 + t$.

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо пользоваться конспектом лекций и рекомендуемой литературой.

5.3. Промежуточный контроль - экзамен

Перечень вопросов к экзамену.

1. Относительная и абсолютная погрешности. Погрешность метода, вычислительная погрешность.
2. Определение понятий: интерполирование, экстраполирование, аппроксимация функций, аппроксимационный многочлен. Определение итерационного процесса.
3. Простейшие методы приближённого нахождения корней функции (корней уравнений): метод бисекции, метод хорд (секущих), метод касательных.
4. Решение линейных алгебраических неоднородных уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента. Компьютерный алгоритм.
5. Решение линейных алгебраических неоднородных уравнений с трёхдиагональной матрицей методом прогонки. Вывод прогоночных коэффициентов. Условие применимости метода.
6. Решение линейных алгебраических неоднородных уравнений методом простых итераций.
7. Построение интерполяционного многочлена Лагранжа и область его применения.
8. Построение кубического интерполяционного сплайна. Дифференцирование и интегрирование функций с помощью, кубических сплайнов.
9. Простейшие методы численного интегрирования в конечных областях: метод прямоугольников, метод трапеций и метод Симпсона.
10. Решение дифференциального уравнения первого порядка с начальными условиями (задача Коши) методом Эйлера. Вывод формулы Эйлера. Компьютерный алгоритм.
11. Решение линейных систем дифференциальных уравнений первого порядка с начальными условиями методом Эйлера. Компьютерный алгоритм.
12. Решение дифференциального уравнения 2-го порядка с начальными условиями методом Эйлера с помощью преобразования уравнения в линейную систему диф. уравнений первого порядка.
13. Решение дифференциального уравнения первого порядка с начальными условиями методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Вывод формулы Рунге-Кутты 4-го.
14. Решение линейных систем дифференциальных уравнений первого порядка с начальными условиями методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Компьютерный алгоритм.

15. Конечно-разностная аппроксимация производных первого и второго порядков. Вывод формул правосторонней, левосторонней и центральных аппроксимаций с помощью многочлена Тейлора. Оценка погрешностей полученных формул.
16. Решение линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка с заданными граничными условиями 1-го, 2-го или 3-го рода методом конечных разностей.
17. Решение линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка с заданными граничными условиями 1-го рода методом Галёркина. Построение линейной функции $\varphi_0(x)$ с заданными граничными условиями. Построение системы линейно независимых функций $\{\varphi_i(x)\}_{i=1}^k$ с нулевыми граничными условиями (базисные функции или координатные функции). Представление неизвестного решения в виде линейной комбинации базисных функций $y(x) = \varphi_0(x) + \sum_{i=1}^k c_i \varphi_i(x)$. Алгоритм нахождения неизвестных коэффициентов $\{c_i(x)\}_{i=1}^k$ в методе Галёркина.
18. Решение линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка с заданными граничными условиями 1-го рода методом Рунца. Построение линейной функции $\varphi_0(x)$ с заданными граничными условиями. Построение системы линейно независимых функций $\{\varphi_i(x)\}_{i=1}^k$ с нулевыми граничными условиями (базисные функции или координатные функции). Представление неизвестного решения в виде линейной комбинации базисных функций $y(x) = \varphi_0(x) + \sum_{i=1}^k c_i \varphi_i(x)$. Построение соответствующего функционала. Построение системы для нахождения. Построение линейной функции $\varphi_0(x)$ с заданными граничными условиями. Построение системы линейно независимых функций $\{\varphi_i(x)\}_{i=1}^k$ с нулевыми граничными условиями (базисные функции или координатные функции). Представление неизвестного решения в виде линейной комбинации базисных функций $y(x) = \varphi_0(x) + \sum_{i=1}^k c_i \varphi_i(x)$. Нахождение неизвестных $\{c_i(x)\}_{i=1}^k$ в методе Рунца.
19. Решение линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка с заданными граничными условиями 1-го рода методом МКЭ.
20. Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности (явная схема) с начальным условием и граничными условиями.
21. Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности (неявная схема) с заданным начальным и граничными условиями. матрицей для вычисления всех значений функции на каждом временном слое сетки.
22. Метод расщепления для решения двумерного уравнения теплопроводности с заданным начальным и граничными условиями. Описание сути метода и алгоритм численного решения для явной схемы и для неявной схемы решения.
23. Конечно-разностный метод решения одномерного волнового уравнения с заданными граничными и начальными условиями
24. Покоординатный метод. Начальное приближение. Построение алгоритма итерационного процесса. Оценка относительной погрешности.
25. Градиентный метод. Начальное приближение. Построение алгоритма итерационного процесса. Оценка относительной погрешности.

Образцы экзаменационных билетов по дисциплине

Экзаменационный билет №1.

Российский государственный гидрометеорологический университет
Кафедра Высшей математики и теоретической механики
Курс Вычислительная математика

1. Приближённые методы нахождения корней нелинейных уравнений.
2. Кубические интерполяционные сплайны.

Заведующий кафедрой _____ Матвеев Ю.Л..

Экзаменационный билет №2.

Российский государственный гидрометеорологический университет
Кафедра Высшей математики и теоретической механики
Курс Вычислительная математика

1. Метод трёхдиагональной прогонки.
2. Многочлены Чебышева.

Заведующий кафедрой _____ Матвеев Ю.Л..

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Калиткин Н.Н. **Численные методы**: Учебное пособие - 2-е изд., исправленное. - СПб: БХВ-Петербург, 2015. - 587 с. <http://znanium.com/catalog/product/944508>
2. Зализняк, В. Е. **Теория и практика по вычислительной математике** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Зализняк, Г. И. Щепановская. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 174 с. <http://znanium.com/catalog/product/441232>
3. Методы вычислительной математики. Марчук Г.И. : «Наука», М., 1977. –456 с.
4. Вычислительная математика. Поршнев С. В. Курс лекций. –Спб.: БХВ– Петербург. 2004.–320 с.
5. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений. Учебное пособие. Вагер Б.Г. РГГМУ–СПб., 3004.– 110 с.
6. Численные методы. Самарский А.А. Гулин А.В. Учебное пособие для вузов.– М.: Наука. гл. ред. физ. мат. лит. 1989. –432 с.
7. Введение в численные методы. Самарский А.А. Учебное пособие для вузов.– М.: Наука. гл. ред. физ. мат. лит. 1982. – 272 с.

б) дополнительная литература

1. Ряды. Интеграл Фурье и преобразование Фурье. Приложения. И.М. Аксенкова и др. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ».2009.– 208 с.
2. Многочлены Чебышева. – М.: Едиториал. – УРСС. 2003. – 160с.
3. Численные методы. Использование MATLAB. Джон Г. Мэтьюз.– М. Вильямс. 2001. – 715с.

4. Основные методы вычислительной математики. Фаддеев М.А., Марков К.А. – СПб.: Издательство «Лань», 2008.– 160 с.
5. Численные методы. Вержбицкий В.М.: «Высшая школа», М., 2000. 265с.
6. Численные методы . Волков Е.А. – М. : Наука. 1987.250с.
7. Численные методы линейной алгебры. Шевцов Г.С. и др.– СПб.: Издательство «Лань», 2011.–496с.
8. Введение в численный анализ. Барахнин В.Б. и др.– СПб.: Издательство «Лань», 2005.– 112с.
9. Численные методы. Зализняк В.Е.–М.: Издательство Юрайт, 2015.–356 с.
10. Петрова В.В. Методические указания по дисциплине «Вычислительная математика». — СПб.: РГГМУ, 2015. — 50 с
http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_b078cb90d5894ce1a3a3e9b62d37868d.pdf

в) Интернет-источники

1. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <http://elib.rshu.ru>
2. Электронно-библиотечная система Znanium: <http://znanium.com>

7. Методические указания для студентов, обучающихся по данной дисциплине

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки различных математических высказываний. Подробно записывать выводы математических формул. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых удобно отмечать возникшие во время лекций вопросы. Систематическое посещение лекций даёт возможность студентам достаточно быстро освоить современный научный стиль речи, принятый в русской математической школе.
Практические занятия	Практическое занятие – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. В процессе таких занятий вырабатываются практические умения. Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную литературу, обращая внимание на практическое применение теории и на методику решения типовых задач, решить задачи заданные на дом. Главным содержанием практических занятий является активная работа каждого студента по применению математических понятий, теорем, свойств различных математических объектов. На практическом занятии важно освоить технику решения типовых задач в каждом рассмотренном разделе математики. Кроме того важно понять связь между теоретическим материалом и соответствующими практическими задачами. Для закрепления навыков дома решаются задачи, заданные преподавателем по пройденной теме. Для ведения записей на практических занятиях обычно заводят отдельную тетрадь. Для закрепления полученных практических навыков после изучения темы в аудитории проводится самостоятельная работа (контрольная работа на один час).

	Результаты проверки сообщаются студентам. Все допущенные студентами ошибки преподаватель анализирует на практическом занятии. Если студент получает неудовлетворительную оценку, он имеет право написать аналогичную самостоятельную работу ещё раз. На практических занятиях быстрее и лучше усваивается информация, полученная на лекциях. С помощью преподавателя происходит более глубокий анализ теоретического материала.
Внеаудиторная работа	Внеаудиторная работа по математике организуется студентом самостоятельно. Такая работа может включать: - самостоятельное изучение различных разделов «Численных методов»; - освоение на компьютере соответствующих пакетов математических программ. Например, MathCad, MATLAB.

8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Темы 1 и 6	<u>информационные технологии</u> 1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций, 2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты 3. проведение компьютерного тестирования <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	1. Пакет MathCad, MathLAB, EXEL. 2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru 3. Сервер дистанционного обучения РГГМУ MOODL http://moodle.rshu.ru
Темы 2-5	<u>информационные технологии</u> 1. проведение практических занятий с использованием слайд-презентаций, 2. использование баз данных 3. подготовка отчетов по практическим работам с использованием электронного офиса	1. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint. 2. Использование архивов, размещенных в Интернете: http://www.fier867.0fees.net/iram/div.html 3. Использование архивов, размещенных в Интернете: http://aiismeteo.rshu.ru

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

1. **Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована большими и качественными досками. Помещение должно быть хорошо освещённым и проветриваемым. Количество столов должно соответствовать количеству студентов на потоковых лекциях.
2. **Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
5. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.