

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

ИНСТИТУТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы А.Р. Бечелова
« 02 » 09 2022г.

УТВЕРЖДАЮ



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ВВЕДЕНИЕ В ПРОЕКЦИОННО-СЕТОЧНЫЕ МЕТОДЫ»

01.04.02 – Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления подготовки)

Магистерская программа

«Математическая физика и современные компьютерные технологии»

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

Очная

Нальчик - 2022

Рабочая программа дисциплины «Введение в проекционно-сеточные методы» / сост. Ф.М. Нахушева – Нальчик: КБГУ, 2022. – 52с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины «Введение в проекционно-сеточные методы» магистрантов направления подготовки 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика» магистерской программы «Математическая физика и современные компьютерные технологии» в 3 семестре 2 года обучения.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018г. № 13 (зарегистрировано в Минюсте России 06 февраля 2018г. № 49939).

Содержание

1. Цели и задачи освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО	5
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	5
4. Содержание и структура дисциплины.....	7
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	12
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	34
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	36
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	48
9. Лист изменений (дополнений)	52

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Введение в проекционно-сеточные методы» входит в проблематику, связанную с решением численными методами дифференциальных уравнений и их исследованием современными средствами.

Цель освоения дисциплины:

- подготовка выпускника, владеющего проекционно-сеточными методами численного решения задач математической физики;
- формирование системы теоретических, методических знаний и практических навыков построения проекционно-сеточных схем для прикладных задач математической физики, оптимального подбора метода для конкретной практической задачи;
- ознакомление магистрантов и освоение ими основных проекционно-сеточных методов решения различных задач математической физики, эффективность которых обусловлено развитием вычислительной техники, достижениями в области теории проекционных методов, а также теории аппроксимации с помощью функций с конечными носителями. Поскольку проекционно-сеточные методы обычно представляют собой модификацию проекционных методов (Ритца, Бубнова – Галёркина, метода наименьших квадратов и др.), использующих специальные финитные базисные функции, то изучение будет базироваться на алгоритмах проекционных методов.

В результате освоения данной дисциплины обеспечивается достижение целей основной образовательной программы «Прикладная математика и информатика» магистерской программы «Математическая физика». Приобретенные знания, умения и навыки позволяют подготовить выпускника к научно-исследовательской деятельности в области прикладной математики, к производственно-технологической деятельности в области создания современных систем для решения прикладных задач.

Задачи: выработка у магистрантов навыков использования проекционно-сеточных методов при решении практических задач математической физики. Магистранты должны свободно ориентироваться в вариационных методах (Ритца в классической постановке, Ритца в энергетическом пространстве, Бубнова – Галёркина, наименьших квадратов), должны знать различия проекционных методов, преимущества и недостатки, уметь оптимально применять их в конкретных задачах.

В результате изучения дисциплины магистрант должен свободно ориентироваться в различных алгоритмах проекционно-сеточных методов. Магистрант должен научиться строить вариационно-разностные схемы для одномерного уравнения диффузии, для эллиптического уравнения с условием Дирихле, для параболического уравнения, для гиперболического уравнения второго и первого порядков, подбирать базисные функции,

исследовать сходимость схем, получать оценку скорости сходимости, численно их реализовывать.

Изучение данной дисциплины должно способствовать развитию точного научного мышления, повышению программистской и исследовательской культуры для решения конкретных практических задач, возникающих в реальном мире.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Введение в проекционно-сеточные методы» относится к блоку Б1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений основной образовательной программы по направлению подготовки 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика» магистерской программы «Математическая физика и современные компьютерные технологии».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В совокупности с другими дисциплинами направленности «Математическая физика и современные компьютерные технологии» дисциплина «Введение в проекционно-сеточные методы» направлена на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО подготовки по направлению 01.04.02 - Прикладная математика и информатика (уровень магистратуры):

универсальная (УК):

Коды	Содержание компетенции
УК-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия

профессиональная (ПКС):

Коды	Содержание компетенции
ПКС-1	Способен проводить научные исследования и получать прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива

В результате изучения дисциплины «Введение в проекционно-сеточные методы» магистрант должен:

знать:

- что использование вариационных функционалов для решения задач смыкается с проблемой оптимальной организации алгоритма решения задачи с заданной точностью, то есть с теорией оптимизации;

- что сущность многих проекционных методов состоит в формулировке задачи в вариационной форме, как задачи об отыскании функции, реализующей экстремум некоторого функционала, и в последующем нахождении приближения к этой функции;
- близость некоторых задач математической физики к вариационным задачам;
- проекционные методы математической физики, преимущества и недостатки каждого;
- проблему выделения главных и естественных краевых условий (важную для использования метода Ритца);
- возможность применения проекционно-сеточных методов для решения параболического уравнения, что при решении нестационарных задач проекционно-сеточные методы часто применяется для аппроксимации решения лишь по пространственным переменным, а приближение по временной переменной осуществляется обычным разностным методом;
- возможность применения проекционно-сеточного метода для решения гиперболического уравнения второго порядка;
- возможность применения проекционно-сеточного метода для решения гиперболического уравнения первого порядка;
- алгоритмы, устойчивость и скорость сходимости проекционно-сеточных методов;
- уметь:**
 - формулировать дифференциальные задачи в вариационной форме;
 - строить проекционно-сеточную схему по методу Ритца в классической постановке и в энергетических пространствах;
 - выделять главные и естественные краевые условия, важные для использования метода Ритца;
 - различать преимущество метода Бубнова – Галёркина перед методом Ритца;
 - применять метод наименьших квадратов при построении проекционно-сеточной схемы;
 - применять проекционно-сеточный метод для численного решения уравнения диффузии, исследовать схему на сходимость и определять скорость сходимости;
 - применять проекционно-сеточный метод для решения задачи Дирихле для эллиптического уравнения и получать априорные оценки приближенного решения, гарантирующие устойчивость алгоритма (численную устойчивость);
 - применять проекционно-сеточный метод для решения параболического уравнения, применять для аппроксимации решения по пространственным переменным и приближение по временной переменной осуществлять обычным разностным методом;

- применять проекционно-сеточный метод для решения гиперболического уравнения второго порядка;
- применять проекционно-сеточный метод для решения гиперболического уравнения первого порядка;
- подбирать оптимально проекционно-сеточные схемы к решению задач математической физики;
- проводить исследование сходимости, устойчивости и сходимости, находить скорость сходимости проекционно-сеточной схемы;
- строить алгоритм решения построенной проекционно-сеточной схемы и реализовывать на ЭВМ;

владеть:

- культурой мышления, основами профессиональной разговорной речи;
- навыками решения практических задач;
- навыками работы с математической литературой;
- навыками решения разностных систем уравнений с трёхдиагональной матрицей с помощью метода прогонки;
- навыками подбора проекционного метода для построения проекционно-сеточной схемы для решения конкретной задачи математической физики;
- навыками исследования на устойчивость и сходимость построенных проекционно-сеточных схем решения задач.

4. Содержание и структура дисциплины

Таблица 1. Содержание дисциплины «Введение в проекционно-сеточные методы», перечень оценочных средств и контролируемых компетенций

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4	5
III семестр				
РАЗДЕЛ I. Введение				
1	Аппроксимация и финитные функции. Алгоритмы проекционного метода	Схема алгоритмов (метод Рунге, метод Бундмана – Галёркина, метод наименьших квадратов, проекционный метод в гильбертовом пространстве). Главные и естественные краевые условия. Проблемы выбора базисных функций. Простейшие кусочно-постоянные финитные	УК-5 ПКС-1	Практическая работа (ПР), контрольная работа (К), курсовая работа (КР), рубежный контроль (РК)

		<p>функции.</p> <p>Кусочно-линейные базисные функции в одномерном случае.</p> <p>Кусочно-линейная аппроксимация на прямоугольнике,</p> <p>подпространствах $W_2^{1,h}$, $W_2^{0,1,h}$.</p> <p>Кусочно-линейная аппроксимация на прямоугольной области.</p> <p>Билинейные базисные функции.</p> <p>Кусочно-квадратичные базисные функции на треугольной сетке.</p> <p>Понятие о кусочно полиномиальной аппроксимации высокой степени.</p>		
РАЗДЕЛ II. Проекционно-сеточная схема для обыкновенного дифференциального уравнения				
2	Проекционно-сеточная схема для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка	<p>Постановка задачи.</p> <p>Построение проекционно-сеточной схемы.</p> <p>Сходимость. Оценка скорости сходимости в пространстве L_2.</p> <p>Примеры.</p>	УК-5 ПКС-1	ПР, К, КР, РК
РАЗДЕЛ III. Проекционно-сеточная схема для эллиптических уравнений				
3	Проекционно-сеточная схема третьей краевой задачи для эллиптического уравнения второго порядка	<p>Постановка задачи.</p> <p>Построение проекционно-сеточной схемы.</p> <p>Оценка скорости сходимости.</p> <p>Изучение скорости сходимости с использованием пространства с дробными индексами.</p>	УК-5 ПКС-1	ПР, К, КР, РК
4	Проекционно-сеточная схема задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области	<p>Доказательство симметричности и положительной определенности оператора уравнения.</p> <p>Задание в качестве базисных функций кусочно-линейных финитных функций.</p> <p>Применение алгоритма метода Бубнова – Галёркина.</p> <p>Доказательство устойчивости схемы.</p> <p>Сходимость приближенного решения к точному решению при условии $h \rightarrow 0$.</p> <p>Пример.</p>	УК-5 ПКС-1	ПР, К, КР, РК

5	Проекционно-сеточная схема задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей	Доказательство симметричности и положительной определенности оператора уравнения. Выбор базисных функций. Применение метода Бубнова – Галёркина. Доказательство устойчивости и сходимости проекционно-сеточной схемы. О подходах к решению задачи Дирихле с неоднородными краевыми условиями.	УК-5 ПКС-1	ПР, К, КР, РК
РАЗДЕЛ IV. Проекционно-сеточная схема для нестационарных уравнений и интегральных уравнений				
6	Проекционно-сеточный метод решения параболического уравнения	Постановка задачи. Построение проекционно-сеточной схемы. Сходимость. Оценка скорости сходимости.	УК-5 ПКС-1	ПР, К, КР, РК
7	Проекционно-сеточный метод решения гиперболического уравнения второго порядка	Постановка задачи. Алгоритм приближенного решения задачи. Устойчивость приближенного решения.	УК-5 ПКС-1	ПР, К, КР, РК
8	Проекционно-сеточный метод решения гиперболического уравнения первого порядка	Постановка задачи. Единственность решения задачи. Применение метода Бубнова – Галёркина. Исследование оценки погрешности. Пример применения.	УК-5 ПКС-1	ПР, К, КР, РК
9	Применение проекционно-сеточного метода к решению интегральных уравнений	Постановка задачи. Алгоритм. Вопросы численной реализации проекционно-сеточной схемы.	УК-5 ПКС-1	ПР, К, КР, РК

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

Таблица 2. Структура дисциплины «Введение в проекционно-сеточные методы»

Вид работы	Трудоемкость часов / зачетных единиц
------------	--------------------------------------

	3 семестр	всего
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Контактная работа (в часах):	54	54
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	18	18
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	36	36
<i>Семинарские занятия (СЗ)</i>	-	-
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-	-
Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа (вне аудиторная):	99	99
Расчетно-графическое задание		-
Реферат (Р)		-
Эссе (Э)		-
Контрольная работа (КР)		-
Самостоятельное изучение разделов	99	99
Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)		-
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
II семестр	
1.	<i>Аппроксимация и финитные функции. Алгоритмы проекционного метода. Цель и задачи изучения темы – ознакомить с проекционными методами Ритца, Бубнова – Галёркина, наименьших квадратов; рассмотреть вопрос о необходимости исследования свойств операторов уравнения и подбора метода в зависимости от них; рассмотреть вопрос о выборе базисных функций; дать алгоритмы методов.</i>
2.	<i>Проекционно-сеточная схема для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Цель и задачи изучения темы – провести построение проекционно-сеточной схемы для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка; провести доказательство сходимости и исследование скорости сходимости схемы.</i>
3.	<i>Проекционно-сеточная схема третьей краевой задачи для эллиптического уравнения второго порядка. Цель и задачи изучения темы – провести построение проекционно-сеточной схемы третьей краевой задачи для эллиптического уравнения второго порядка; провести доказательство сходимости и исследование скорости сходимости схемы.</i>
4.	<i>Проекционно-сеточная схема задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области. Цель и задачи изучения темы – провести построение проекционно-сеточной схемы на основе метода Бубнова – Галёркина задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области; провести доказательство устойчивости и сходимости схемы.</i>

5.	<i>Проекционно-сеточная схема задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей.</i> <i>Цель и задачи изучения темы</i> – провести построение проекционно-сеточной схемы на основе метода Бубнова – Галёркина задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей; провести доказательство устойчивости и сходимости схемы.
III семестр	
6.	<i>Проекционно-сеточный метод решения параболического уравнения.</i> <i>Цель и задачи изучения темы</i> – провести построение проекционно-сеточной схемы для параболического уравнения; провести доказательство сходимости и исследование скорости сходимости схемы.
7.	<i>Проекционно-сеточный метод решения гиперболического уравнения второго порядка.</i> <i>Цель и задачи изучения темы</i> – провести построение проекционно-сеточной схемы для гиперболического уравнения второго порядка; провести исследование устойчивости схемы; построение алгоритма.
8.	<i>Проекционно-сеточный метод решения гиперболического уравнения первого порядка.</i> <i>Цель и задачи изучения темы</i> – провести построение по методу Бубнова – Галёркина проекционно-сеточной схемы для гиперболического уравнения первого порядка; рассмотреть вопрос устойчивости и сходимости.
9.	<i>Применение проекционно-сеточного метода к решению интегральных уравнений.</i> <i>Цель и задачи изучения темы</i> – ознакомить с постановкой задачи; изложить алгоритм решения схемы; рассмотреть опросы численной реализации проекционно-сеточной схемы.

Таблица 4. Практические занятия

№ п/п	Тема
1.	Метод Рунге, Бубнова – Галёркина, наименьших квадратов. Выбор базисных функций. Алгоритмы.
2.	Построение проекционно-сеточной схемы для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Сходимость, оценка скорости сходимости.
3.	Построение проекционно-сеточной схемы третьей краевой задачи для эллиптического уравнения второго порядка. Сходимость, оценка скорости сходимости.
4.	Построение проекционно-сеточной схемы на основе метода Бубнова – Галёркина задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области. Устойчивость и сходимость.
5.	Построение проекционно-сеточной схемы на основе метода Бубнова – Галёркина задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей. Устойчивость и сходимость.
6.	Построение проекционно-сеточной схемы для параболического уравнения. Сходимость, оценка скорости сходимости.
7.	Проекционно-сеточная схема для гиперболического уравнения второго порядка. Устойчивость, алгоритм.
8.	Метод Бубнова – Галёркина построения проекционно-сеточной схемы для гиперболического уравнения первого порядка.

Таблица 5. Лабораторные работы

№ п/п	Тема
1.	Лабораторные работы не предусмотрены.
2.	

Таблица 6. Самостоятельное изучение разделов дисциплин

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Исследование свойств оператора обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка для построения проекционно-сеточной схемы. Построение алгоритма для реализации схемы на ЭВМ.
2.	Исследование свойств оператора обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка для построения проекционно-сеточной схемы. Построение алгоритма для реализации схемы на ЭВМ. Построение проекционно-сеточной схемы третьей краевой задачи для эллиптического уравнения второго порядка. Сходимость, оценка скорости сходимости.
3.	Исследование свойств оператора задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области для построения проекционно-сеточной схемы. Построение алгоритма для реализации схемы на ЭВМ.
4.	Исследование свойств оператора задачи для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей для построения проекционно-сеточной схемы. Построение алгоритма для реализации схемы на ЭВМ.
5.	Исследование свойств оператора краевой задачи для параболического уравнения для построения проекционно-сеточной схемы. Построение алгоритма для реализации схемы на ЭВМ.
6.	Исследование свойств оператора краевой задачи для гиперболического уравнения второго порядка для построения проекционно-сеточной схемы. Построение алгоритма для реализации схемы на ЭВМ.
7.	Исследование свойств оператора краевой задачи для гиперболического уравнения второго порядка для построения проекционно-сеточной схемы по методу Бубнова – Галеркина. Построение алгоритма для реализации схемы на ЭВМ.
8.	Алгоритм решения схемы для интегральных уравнений; вопросы численной реализации проекционно-сеточной схемы.

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Конечными результатами освоения программы дисциплины «Введение в проекционно-сеточные методы» являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются *текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация*.

Контрольные мероприятия по дисциплине проводятся в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе аттестации студентов КБГУ. Оценка успеваемости студентов осуществляется в ходе текущего и рубежного контроля, а также промежуточной аттестации.

5.1. Оценочные материалы для текущего контроля

Текущий контроль знаний, умений и владений по дисциплине осуществляется в форме устного или письменного опроса на лекционных и практических, а также в ходе проведения самостоятельной работы студентов.

Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины и включает: ответы на теоретические вопросы на практических занятиях, решение практических задач на занятиях, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий с отчетом (защитой) в установленный срок.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности и качества выполнения задания.

5.1. Оценочные материалы для текущего контроля

Текущий контроль знаний, умений и владений по дисциплине осуществляется в форме устного или письменного опроса на лекционных и практических занятиях, а также в ходе проведения самостоятельной работы студентов.

Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Введение в проекционно-сеточные методы» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практических занятиях, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий с отчетом (защитой) в установленный срок.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности и качества выполнения задания.

**5.1.1. Вопросы по темам дисциплины «Введение в проекционно-сеточные методы»
(контролируемые компетенции УК-5, ПКС-1)**

Тема 1. «Вариационные методы решения задач математической физики»

1. Модификацией какого метода является проекционно-сеточный метод?
2. Какие специальные базисные функции используются в проекционно-сеточном методе?
3. В чем предпочтение вариационного подхода к построению разностных схем?
4. Можно ли использовать метод конечных элементов для построения разностных схем на основе вариационных принципов?
5. Обязательно ли будет решением исходной задачи минимизирующая функция, если сужать класс допустимых функций?

Тема 2. «Вариационно-разностная схема для одномерного уравнения диффузии (метод Рунца)»

1. В чем состоит хорошее качество вариационных методов?
2. Какие свойства сохраняются у матриц возникающих систем в проекционных методах, которыми обладал оператор исходной задачи?
3. Сохраняется ли свойство положительной определенности у матриц в проекционных методах, если им обладал оператор исходной задачи?
4. Сохраняется ли свойство симметричности у матриц в проекционных методах, если им обладал оператор исходной задачи?
5. При каком условии на базисные функции получаются хорошие приближения к решению задачи проекционными методами?

Тема 3. «Вариационно-разностная схема задачи Дирихле для эллиптического уравнения»

1. Какой вид имеет оператор задачи Дирихле для эллиптического уравнения?
2. Какова область определения оператора задачи Дирихле для уравнения Пуассона?
3. Из какого равенства следует симметричность оператора?
4. Является ли оператор эллиптического уравнения симметричным?
5. Для доказательства какого свойства оператора эллиптического уравнения нужно получить неравенство Фридрихса?

Тема 4. «Решение параболического уравнения проекционно-сеточным методом»

1. Сказывается ли на формах проекционно-сеточных методов наличие временной переменной?

2. Возникают ли трудности, обусловленные геометрией области изменения временной переменной?
3. Какие схемы по временной переменной возникают при использовании метода Бубнова – Галёркина к нестационарному уравнению?
4. Какая возможность численной аппроксимации нестационарных уравнений по переменной t теряется при использовании метода Бубнова – Галёркина?
5. По какой переменной производят чаще всего аппроксимацию решения нестационарных задач проекционно-сеточным методом?

Тема 5. «Решение гиперболического уравнения проекционно-сеточным методом»

1. Можно ли применить разностный метод для решения системы относительно коэффициентов приближенного решения гиперболического уравнения второго порядка?
2. Аналогично ли случаю параболического уравнения численное решение систем для определения коэффициентов приближенного решения гиперболического уравнения второго порядка?
3. Можно ли применить метод Бубнова – Галёркина для решения гиперболического уравнения первого порядка?
4. По какой переменной можно осуществить аппроксимацию с помощью финитных функций для гиперболического уравнения?
5. Можно ли осуществить приближение для гиперболического уравнения первого порядка по временной переменной, как и для параболического уравнения?
6. Можно ли применить разностный метод для решения системы относительно коэффициентов приближенного решения гиперболического уравнения второго порядка?
7. Аналогично ли случаю параболического уравнения численное решение систем для определения коэффициентов приближенного решения гиперболического уравнения второго порядка?
8. Можно ли применить метод Бубнова – Галёркина для решения гиперболического уравнения первого порядка?
9. По какой переменной можно осуществить аппроксимацию с помощью финитных функций для гиперболического уравнения?
10. Можно ли осуществить приближение для гиперболического уравнения первого порядка по временной переменной, как и для параболического уравнения?

Тема 6. «Применение проекционно-сеточного метода к решению интегральных уравнений»

1. Каковы возможности применения проекционно-сеточного метода для решения интегральных уравнений?

2. Каков алгоритм решения интегральных уравнений с помощью проекционно-сеточного метода?
3. В чем удобство применения проекционно-сеточных алгоритмов для численного решения интегральных уравнений?
4. Каковы особенности численной реализации решения интегральных уравнений проекционно-сеточным методом?
5. Какими приёмами можно воспользоваться для повышения скорости сходимости приближенного решения к точному решению?
6. В чём состоит целесообразность применения методов численного интегрирования?
7. Способствует ли использование численного интегрирования для вычисления элементов матриц, правых частей систем, возникающих при применении проекционно-сеточных методов, автоматизации процесса приближенного решения задачи?
8. Каковы наиболее популярные формы конечных элементов?
9. Как можно осуществить распространение популярных форм конечных элементов на нерегулярные формы?
10. Какие квадратурные формулы численного интегрирования используются при решении задач проекционно-разностными методами и, какова их точность?

Критерии формирования оценок (оценивания) по результатам устного опроса.

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Введение в проекционно-сеточные методы». Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять изучаемые методы при решении практических задач.

В результате *устного опроса* знания обучающегося оцениваются по шкале:

Количество баллов	Критерии оценивания
5	Обучающийся - полно излагает изученный материал, знает все формулы, применяемые методы и их точность; - понимает материал, может обосновать свои суждения, применить знания при решении практических задач, а также заданий для самостоятельного выполнения; - излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.
4	Обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для «5» баллов, но допускает несущественные ошибки, которые сам же исправляет, и некоторые недочёты в последовательности и оформлении излагаемого материала.
3	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основного материала по данной теме, но:

	<ul style="list-style-type: none"> - излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий, знаний методов, их точности; - не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и применять методы; - излагает материал непоследовательно, допускает ошибки.
2	Обучающийся обнаруживает существенное незнание некоторой части раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке и формулах, при оценке точности методов.
1	Обучающийся обнаруживает незнание некоторой части раздела изучаемого материала, допускает существенные ошибки в формулировке и формулах, при оценке точности методов.
0	Обучающийся обнаруживает незнание большей части раздела изучаемого материала и неумение применять их при решении практических задач.

5.1.2. Оценочные материалы для самостоятельной работы обучающегося (типовые задачи) (контролируемые компетенции УК-6, ПКС-1)

Перечень типовых задач для самостоятельной работы сформирован в соответствии с тематикой практических занятий по дисциплине «Введение в проекционно-сеточные методы».

Самостоятельная работа оценивается степенью освоения вопросов для самостоятельного изучения (см. таблицу 6) и индивидуальным выполнением заданий к практическим занятиям.

Тема: «Проекционные методы решения задач математической физики»

1. Рассмотреть задачу:

$$-\frac{d}{dx} p(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) = f(x), \quad x \in (0,1),$$

$$u(0) = \frac{du}{dx}(1) = 0, \quad p(x) > 0, \quad q(x) > 0,$$

где $p(x), q(x)$ – достаточно гладкие ограниченные функции. Охарактеризовать дифференциальные свойства функций из энергетического пространства оператора задачи и определить, каким краевым условиям они обязательно удовлетворяют (главные условия), а каким могут не удовлетворять (естественные условия).

2. Записать задачу из задания 1 в операторной форме. Определить свойства оператора.

3. Для задачи

$$-\frac{d^2 u}{dx^2} + qu = f(x), \quad x \in (0,1), \quad f \in L_2(0,1), \quad q = \text{const} > 0,$$

$$u(0) = u(1) = 0,$$

для базисных функций $\varphi_i(x) = \sin i\pi x$, $i = \overline{1, N}$, составить алгоритм нахождения ее решения по методу Бубнова – Галёркина.

4. Для задачи из задания 3 составить программу ее решения по методу Бубнова – Галёркина.

5. Провести анализ численных результатов, полученных для задачи из задания 3.

6. Для задачи

$$a \frac{du}{dx} + bu = f(x), \quad x \in (0,1), \quad f \in L_2(0,1) = H, \quad a, b > 0, \\ u(0) = 0$$

составить алгоритм нахождения ее решения по методу Бубнова – Галёркина.

7. Для задачи из задания 6 составить программу ее решения по методу Бубнова – Галёркина.

8. Провести анализ численных результатов, полученных для задачи из задания 6.

9. Для задачи

$$-\frac{d^2u}{dx^2} + qu = f(x), \quad q = \text{const} > 0, \\ u(0) = u(1) = 0$$

составить алгоритм нахождения ее решения по методу наименьших квадратов.

10. Для задачи из задания 9 составить программу ее решения по методу наименьших квадратов. Провести анализ численных результатов.

Тема: «Проекционно-сеточная схема для одномерного уравнения диффузии»

1. Для дифференциальной задачи

$$\frac{d^2u}{dx^2} + cu = f(x), \quad x \in [0,1], \\ u(0) = u(1) = 0.$$

определить значения c , для которых применим метод Рунге?

2. Записать задачу из задания 1 в операторной форме. Определить свойства оператора и подобрать проекционно-сеточный метод ее решения.

3. Для задачи из задания 1 составить алгоритм нахождения ее решения проекционно-сеточным методом.

4. Для задачи из задания 1 составить программу ее решения по проекционно-сеточному методу.

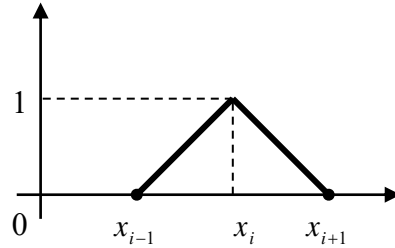
5. Провести анализ численных результатов, полученных для задачи из задания 1.

6. Построить разностную схему с помощью метода Рунге для задачи:

$$-\frac{d}{dx} \left(k(x) \frac{du}{dx} \right) = 1, \quad x \in [0,1],$$

$$u(0)=u(1)=0, \quad k(x)=\begin{cases} 3/2, & 0 \leq x < \frac{\pi}{4}, \\ 2, & \frac{\pi}{4} \leq x \leq 1, \end{cases}$$

взяв в качестве базисных функций функции $\omega_i^h(x)$ с графиком вида:



7. Для задачи, рассмотренной в задании 6, составить алгоритм нахождения ее решения по методу Рунге.

8. Для задачи из задания 6 составить программу ее решения по методу Рунге. Провести анализ численных результатов.

9. Для задачи

$$-\frac{d}{dx}\left(p \frac{du}{dx}\right) + qu = f(x),$$

$$u(a) = \frac{du}{dx}(b) = 0,$$

составить алгоритм нахождения ее решения по методу Рунге.

10. Для задачи

$$-\frac{d}{dx} p \frac{du}{dx} + qu = f,$$

$$u(a) = u_a, \quad u(b) = u_b,$$

где u_a, u_b — ПОСТОЯННЫЕ, составить алгоритм нахождения ее решения по методу Рунге.

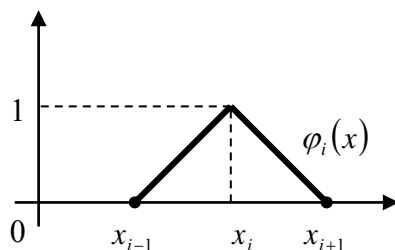
Тема: «Проекционно-сеточный метод решения задачи Дирихле для эллиптического уравнения»

1. Построить разностную схему с помощью метода Галёркина для задачи:

$$-\frac{d}{dx}\left(k(x)\frac{du}{dx}\right) = 1, \quad x \in [0,1],$$

$$u(0)=u(1)=0, \quad k(x)=\begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq \frac{\pi}{5}, \\ \frac{1}{3}, & \frac{\pi}{5} < x \leq 1. \end{cases}$$

Базисные функции – функции с графиком:



2. Проверьте правомерность применения метода Галёркина для задачи из задания 1
3. Для задачи, рассмотренной в задании 1, составить алгоритм нахождения ее решения по методу Галёркина.
4. Для задачи из задания 1 составить программу ее решения по методу Галёркина.
5. Провести анализ численных результатов.
6. Дана дифференциальная задача:

$$-\frac{d^2u}{dx^2} + a \frac{du}{dx} + cu = 1, \quad c \geq 0, \quad x \in [0, 1],$$

$$u(0) = u(1) = 1.$$

Построить разностную схему с помощью метода Галёркина, используя базисные функции из задания 1.

7. Для задачи, рассмотренной в задании 5, составить алгоритм нахождения ее решения по методу Галёркина.
8. Для задачи из задания 5 составить программу ее решения по методу Галёркина.
9. Провести анализ численных результатов.
10. Проверьте правомерность применения метода Галёркина для задачи из задания 6.

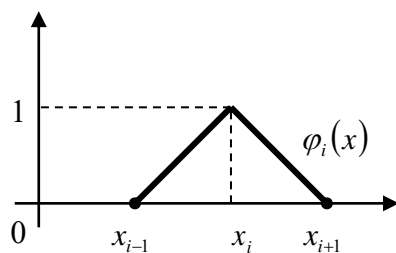
Тема: «Проекционно-сеточный метод решения задачи Дирихле для эллиптического уравнения»

1. Построить разностную схему с помощью метода Галёркина для задачи:

$$-\frac{d}{dx} \left(k(x) \frac{du}{dx} \right) = 1, \quad x \in [0, 1],$$

$$u(0) = u(1) = 0, \quad k(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq \frac{\pi}{5}, \\ \frac{1}{3}, & \frac{\pi}{5} < x \leq 1. \end{cases}$$

Базисные функции – функции с графиком:



2. Проверьте правомерность применения метода Галёркина для задачи из задания 1
3. Для задачи, рассмотренной в задании 1, составить алгоритм нахождения ее решения по методу Галёркина.
4. Для задачи из задания 1 составить программу ее решения по методу Галёркина.
5. Провести анализ численных результатов.
6. Для дифференциальной задачи:

$$-\frac{d^2 u}{dx^2} + a \frac{du}{dx} + cu = 1, \quad c \geq 0, \quad x \in [0, 1],$$

$$u(0) = u(1) = 1$$

построить разностную схему с помощью метода Галёркина, используя базисные функции из задания 1.

7. Проверьте правомерность применения метода Галёркина для задачи из задания 1
8. Для задачи, рассмотренной в задании 1, составить алгоритм нахождения ее решения по методу Галёркина.
9. Для задачи из задания 1 составить программу ее решения по методу Галёркина.
10. Провести анализ численных результатов.

Тема: «Проекционно-сеточный метод решения параболического уравнения»

1. Для задачи

$$\frac{du}{dt} + Au = f,$$

$$u(x, 0) = u_{(0)},$$

где $f = f(x, t)$ при каждом значении t принадлежит $H = L_2(\Omega)$, $x \in \Omega = (a, b)$, $t \in [0, T]$;

$u_{(0)} = u_{(0)}(x) \in L_2(\Omega)$, с оператором $Au = -\frac{d}{dx} p(x) \frac{du}{dx} + qu$; $p(x)$, $q(x)$ – ограниченные

положительные функции на Ω с областью определения

$$D(A) = \left\{ v : v \in L_2, \frac{dv}{dx} \in L_2, Av \in L_2, v(a) = \frac{dv}{dx}(b) = 0 \right\}$$

построить разностную схему по методу Бубнова – Галёркина.

2. Проверьте правомерность применения метода Бубнова – Галёркина для задачи из задания 1.
3. Для задачи, рассмотренной в задании 1, составить алгоритм нахождения ее решения по методу Бубнова – Галёркина.
4. Для задачи из задания 1 составить программу ее решения по методу Бубнова – Галёркина.
5. Провести анализ численных результатов.

Тема: «Проекционно-сеточный метод решения гиперболического уравнения второго порядка»

1. Для задачи

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + Au = f(x, t), \quad t \in (0, T), \quad x \in \Omega = (a, b),$$

$$u(x, 0) = u_{(0)}(x),$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = u_{(1)}(x),$$

где $Au = -\frac{d}{dx} p(x) \frac{du}{dx} + q(x)u$ – оператор с областью определения

$$D(A) = \left\{ v : v \in L_2, \frac{dv}{dx} \in L_2, Av \in L_2, v(a) = \frac{dv}{dx}(b) = 0 \right\}, \text{ для гиперболического уравнения}$$

второго порядка составить алгоритм решения с помощью проекционно-сеточной схемы.

2. Проверьте правомерность применения проекционно-сеточной схемы для задачи из задания 1.
3. Для задачи, рассмотренной в задании 1, составить алгоритм нахождения ее решения с помощью проекционно-сеточной схемы.
4. Для задачи из задания 1 составить программу ее решения с помощью проекционно-сеточной схемы.
5. Провести анализ численных результатов.

Тема: «Проекционно-сеточный метод решения гиперболического уравнения первого порядка»

1. Для задачи

$$\frac{\partial u}{\partial t} + a \frac{\partial u}{\partial x} + b(x, t)u(x, t) = f(x, t),$$

$$u(x, 0) = u_{(0)}(x),$$

где $t \in (0, T)$, $\Omega = \{(x, t): t \in (0, T), x \in (0, 1)\}$, $a = \text{const} > 0$, $b(x, t) > 0$ – ограниченная функция, $f(x, t) \in H = L_2(\Omega)$, $u_{(0)}(x) \in L_2(0, 1)$, $(\cdot, \cdot) = (\cdot, \cdot)_{L_2(0, 1)}$, $\|\cdot\| = \|\cdot\|_{L_2(0, 1)}$, построить алгоритм решения с использованием проекционно-сеточной схемы.

2. Проверьте правомерность применения проекционно-сеточной схемы для задачи из задания 1.
3. Для задачи, рассмотренной в задании 1, составить алгоритм нахождения ее решения с помощью проекционно-сеточной схемы.
4. Для задачи из задания 1 составить программу ее решения с помощью проекционно-сеточной схемы.
5. Провести анализ численных результатов.

Тема: «Применение проекционно-сеточного метода к решению интегральных уравнений»

1. Для задачи

$$-\frac{d}{dx}\left(p(x)\frac{du}{dx}\right) + q(x)u(x) = f(x), \quad p > 0, \quad q \geq 0, \\ u(a) = u(b) = 0,$$

где $p(x), q(x), f(x)$ – кусочно-гладкие функции с возможными разрывами первого рода в точках $\{\tilde{x}_k\}$, совпадающих с частью узлов сетки $\{x_i\}$, применить квадратурные формулы прямоугольников.

2. К задаче, приведенной в задании 1 применить квадратурную формулу трапеций.
3. К задаче, приведенной в задании 1 применить квадратурную формулу Симпсона.
4. Для построения приближенного решения u_h к заданиям 1–3 применить метод Рунге с помощью кусочно-линейных базисных функций $\{\varphi_i(x)\}$.
5. Построить алгоритмы решения с использованием проекционно-сеточной схемы.

Методические рекомендации по решению задач

Приступая к решению задач, необходимо внимательно изучить теоретический материал по темам, разобрать приводимые в теоретическом материале примеры. При выполнении заданий используются формулы и методы, представленные по каждой теме.

Цель заданий – сформировать навык решения практических прикладных задач численными методами, навык оценки точности полученного решения и анализа поведения ошибок, что является необходимым при применении численных методов.

Критерии формирования оценок для самостоятельной работы студента (типовые задачи)

Самостоятельное выполнение заданий на практических занятиях, а также вне аудитории является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Введение в проекционно-сеточные методы».

В результате *самостоятельной работы* знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

Количество баллов	Критерии оценивания
5	Обучающийся - показал глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, свободно использует необходимые формулы при решении задач; - знает все формулы, применяемые методы и их точность; - может применять знания при решении прикладных задач для самостоятельного выполнения.
4	Обучающийся - даёт ответ, удовлетворяющий требованиям; - твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач; - сам исправляет свои несущественные ошибки и некоторые недочёты.
3	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил все его детали, допускает отдельные неточности при решении задач.
2	Обучающийся обнаруживает неполное знание и понимание основного материала по поставленным вопросам, не усвоил его деталей, допускает неточности при решении задач.
1	Обучающийся обнаруживает значительное незнание и понимание основного материала по поставленным вопросам, не усвоил его деталей, допускает существенные неточности при решении задач.
0	Обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы и при решении задач.

5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля

Рубежный контроль проводится с целью определения качества освоения учебного материала в целом. Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам курса и проводится по окончании изучения материала в заранее установленное время.

В течение семестра проводится *три рубежных контрольных мероприятия по графику*.

Рубежный контроль проводится в виде коллоквиумов (или самостоятельных, контрольных) на практических занятиях.

Выполняемые работы хранятся на кафедре в течение учебного года и по требованию предоставляются в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия выносятся программный материал (разделы) по дисциплине.

Проведение бально-рейтинговых контрольных мероприятий для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается адаптированными контрольно-измерительными материалами и соответствующей технологией аттестации.

5.2.1. Оценочные материалы для контрольной работы (коллоквиумов)

(контролируемых компетенции УК-5, ПКС-1)

Типовые варианты контрольных работ

Вариант 1.

Задание 1. Вставьте пропущенное слово.

1. В методе Бубнова – Галёркина коэффициенты a_i определяются из условия #### невязки $Lu_N - f$ к $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_N$

Правильный вариант ответа: ортогональности.

2. Коэффициенты a_i определяются из условия ортогональности невязки к базисным функциям: $(Lu_N - f, \varphi_i) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N$, в методе ####

Правильный вариант ответа: Бубнова – Галёркина.

3. Уравнения $\sum_{k=1}^N (\varphi_i, L\varphi_k) a_k = (f, \varphi_i), \quad i = 1, 2, \dots, N$ по форме совпадают с соответствующими уравнениями алгоритма метода ####, если $\varphi_i \in D(A)$

Правильный вариант ответа: Ритца;

4. Если однородное уравнение $Lu = 0$ имеет только #### решение, то для базиса $\{\varphi_i\}$ функции $L\varphi_1, L\varphi_2, \dots, L\varphi_N$ линейно независимы.

Правильный вариант ответа: нулевое.

5. Недостаток метода наименьших квадратов состоит в том, что помимо ограничений на гладкость базисных функций φ_i требуется удовлетворение #### условиям

Правильный вариант ответа: краевым.

Задание 2. Выберите правильный ответ.

1. Уравнения $\sum_{k=1}^N (\varphi_i, L\varphi_k) a_k = (f, \varphi_i), \quad i = 1, 2, \dots, N$, в методе Бубнова – Галёркина по форме совпадают с соответствующими уравнениями в методе Ритца, если

☒ $\varphi_i \in D(A)$ ☐ $\varphi_i \in H_A$ ☐ $\varphi_i \in H_N$ ☐ $\varphi_i \notin D(A)$

2. Метод Ритца можно применить, если в уравнении $Au = f, \quad f \in H$, оператор A

☒ симметричен и положительно определен ☐ симметричен и линеен

☐ линеен и положительно определен ☐ положителен

3. В методе Рунта коэффициенты a_i приближенного решения $u_N = \sum_{i=1}^N a_i \varphi_i$ находятся из системы уравнений:

$$\boxed{\checkmark} \quad (Au_N, \varphi_i) = (f, \varphi_i) \quad \boxed{\square} \quad (Au_N, \varphi_i) = f_i \quad \boxed{\square} \quad (Au_N, \varphi_i) = \varphi_i \quad \boxed{\square} \quad (Au_N, \varphi_i) = (u_N, \varphi_i)$$

4. По методу Рунта в энергетических пространствах базисные функции задаются:

$$\boxed{\checkmark} \quad \{\varphi_i\} \in H_A \quad \boxed{\square} \quad \{\varphi_i\} \in D(A) \quad \boxed{\square} \quad \{\varphi_i\} \notin H_A \quad \boxed{\square} \quad \{\varphi_i\} \in H$$

5. Задачу $-\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) = f(x), \quad u(a) = u(b) = 0$ можно записать в виде операторного уравнения $Au = f$, в котором

$$\boxed{\checkmark} \quad Au = -\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) \quad \boxed{\square} \quad Au = -\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) - f(x)$$

$$\boxed{\square} \quad Au = -\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} \quad \boxed{\square} \quad Au = q(x)u(x)$$

Задание 3.

1. Покажите, что в задаче $-\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) = f(x), \quad u(a) = u(b) = 0$ оператор A является положительно определенным.

2. Покажите, что для оператора A задачи $-\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) = f(x), \quad u(a) = u(b) = 0$ имеет место $(Au, v) = (Av, u)$.

3. Покажите, что для оператора A задачи $-\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) = f(x), \quad u(a) = u(b) = 0$ имеет место $(Au, u) \geq \gamma^2 \|u\|^2, \quad u \in D(A), \quad \gamma = \text{const} > 0$.

4. Покажите, что для задачи $-\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) = f(x), \quad u(a) = u(b) = 0$ при $\rho(x), q(x), \frac{d\rho}{dx} \in L_\infty$ справедлива оценка $\left\| \frac{d^2 u}{dx^2} \right\| \leq c \|f\|$.

5. Покажите, что оценка скорости сходимости в L_2 проекционно-сеточной схемы по методу Рунта задачи $-\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + q(x)u(x) = f(x), \quad u(a) = u(b) = 0$ имеет вид $\|u - u_h\| \leq ch^2 \|f\|$.

Вариант 2.

Задание 1. Вставьте пропущенное слово.

1. Метод ### можно применить, если в уравнении $Au = f$, $f \in H$, оператор A - симметричный и положительно определенный.

Правильный вариант ответа: Рунге.

2. Если для $Au = f$ решение $u_0 \in H_A$, но $u_0 \notin D(A)$, то u_0 называют ### решением

Правильный вариант ответа: обобщенным.

3. В случае ### краевых условий проблема построения базисных функций φ_i , удовлетворяющих этим условиям, остается

Правильный вариант ответа: главной.

4. Если в энергетическом пространстве H_A окажутся элементы, не удовлетворяющие некоторому условию $T_k u = 0$, то это краевое условие называется ###

Правильный вариант ответа: естественным.

5. Хорошее качество проекционных методов – сохранение у матриц возникающих систем свойств положительной определенности, если им обладал ### исходной задачи

Правильный вариант ответа: оператор.

Задание 2.

1. Установите соответствие задачи и вида приближенного решения:

$$-\frac{d}{dx}\rho(x)\frac{du}{dx} + qu = f, u(a) = u(b) = 0$$

$$u_h = \sum_{i=1}^{N-1} a_i \varphi_i$$

$$-\Delta u = f(x, y), u|_{\partial\Omega} = 0$$

$$u_h = \sum_{i=1}^{N_x-1} \sum_{j=1}^{N_y-1} a_{ij} \varphi_{ij}$$

$$u_h = \sum_{i=0}^{N-1} a_i \varphi_i$$

$$u_h = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_y} a_{ij} \varphi_{ij}$$

2. Априорная оценка $\|u_h\|_{W_2^1} \leq c\|f\|$ решения задачи $-\Delta u = f(x, y), u|_{\partial\Omega} = 0$ проекционно-сеточным методом гарантирует ### алгоритма.

Правильный вариант ответа: устойчивость.

3. Область определения оператора A задачи $-\Delta u = f(x, y), u|_{\partial\Omega} = 0$ есть

☒ $D(A) = \{u : u \in W_2^2(\Omega), u = 0 \text{ на } \partial\Omega\}$ ☐ $D(A) = \{u : u \in W_2^2(\Omega)\}$

☐ $D(A) = \{u : u \in W_2^1(\Omega) \text{ при } u = 0 \text{ на } \partial\Omega\}$ ☐ $D(A) = \{u : u \in L_2(\Omega), u = 0 \text{ на } \partial\Omega\}$

4. Для задачи $-\Delta u = f(x, y), u|_{\partial\Omega} = 0$ неравенство Фридрихса имеет вид

$$\begin{aligned} \checkmark \quad \|u\| &\leq c \left(\left\| \frac{\partial u}{\partial x} \right\|^2 + \left\| \frac{\partial u}{\partial y} \right\|^2 \right)^{1/2} & \square \quad \|u\| &\leq c \left(\left\| \frac{\partial u}{\partial x} \right\| + \left\| \frac{\partial u}{\partial y} \right\| \right)^{1/2} \\ \square \quad \|u\| &\leq c \left(\left\| \frac{\partial u}{\partial x} \right\|^2 + \left\| \frac{\partial u}{\partial y} \right\|^2 \right) & \square \quad \|u\| &\geq \left(\left\| \frac{\partial u}{\partial x} \right\| + \left\| \frac{\partial u}{\partial y} \right\| \right)^{1/2} \end{aligned}$$

5. Приближенное решение задачи $-\Delta u = f(x, y)$, $u|_{\partial\Omega} = 0$ по методу Бубнова - Галёркина ищется в форме

$$\begin{aligned} \checkmark \quad u_h &= \sum_{i=1}^{N_x-1} \sum_{j=1}^{N_y-1} a_{ij} \varphi_{ij}(x, y) & \square \quad u_h &= \sum_{i=0}^{N_x-1} \sum_{j=0}^{N_y-1} a_{ij} \varphi_{ij}(x, y) \\ \square \quad u_h &= \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} a_{ij} \varphi_{ij}(x, y) & \square \quad u_h &= \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_y} a_{ij} \varphi_{ij}(x, y) \end{aligned}$$

Задание 3.

1. Коэффициенты a_{ij} согласно методу Бубнова – Галёркина ищутся из системы уравнений

$$\begin{aligned} \checkmark \quad [u_h, \varphi_{k,l}] &= (f, \varphi_k), \quad k = \overline{1, N_k-1}, l = \overline{1, N_y-1} & \square \quad [u_h, \varphi_k] &= (f, \varphi_k), \quad k = \overline{1, N_k-1} \\ \square \quad (u_h, \varphi_{k,l}) &= (f, \varphi_k), \quad k = \overline{1, N_k-1}, l = \overline{1, N_y-1} & \square \quad (u_h, \varphi_k) &= (f, \varphi_k), \quad k = \overline{1, N_k-1} \end{aligned}$$

2. При решении $-\Delta u = f(x, y)$, $u|_{\partial\Omega} = 0$ проекционно-сеточным методом Бубнова – Галёркина получается система $\hat{A}a = f$, в которой элементы матрицы \hat{A} имеют вид

$$\checkmark \quad A_{ijkl} = [\varphi_{ij}, \varphi_{kl}] \quad \square \quad A_{ij} = [\varphi_i, \varphi_j] \quad \square \quad A_{ijkl} = (\varphi_{ij}, \varphi_{kl}) \quad \square \quad A_{ij} = A_{jk} = [\varphi_{ik}, \varphi_{jk}]$$

3. При рассмотрении проекционно-сеточного метода к задаче $\frac{\partial u}{\partial t} + Au = f$, $u(x, 0) = u_{(0)}$

правая часть $f(x, t)$ при каждом t принадлежит

$$\checkmark \quad H = L_2(\Omega), \quad \Omega = (a, b) \quad \square \quad H = C(\Omega), \quad \Omega = (a, b) \quad \square \quad (a, b) \quad \square \quad [0, T]$$

4. При рассмотрении проекционно-сеточного метода к задаче

$$\frac{du}{dt} - \frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + qu = f, \quad u(x, 0) = u_{(0)} \text{ коэффициенты } \rho(x), q(x) \text{ должны быть } \text{###}$$

положительными функциями на Ω .

Правильный вариант ответа: ограниченными;

5. Для уравнения $\frac{du}{dt} + Au = f$ с оператором $Au = -\frac{d}{dx} \rho(x) \frac{du}{dx} + qu$ могут быть функциями

из H_A , не удовлетворяющие условию $\frac{du}{dx}(b) = 0$, поэтому это есть ### условие.

Правильный вариант ответа: естественное.

Оценочные материалы для **коллоквиумов** приведены в п. 5.1.1.

**Критерии формирования оценок (оценивания) по контрольным точкам
(контрольные работы, коллоквиум)**

В результате *контрольной точки (контрольные работы, коллоквиум)* знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

Количество баллов	Критерии оценивания
5	Обучающийся - выполнил работу полностью без ошибок и недочетов; - демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, решено 71–100% задач.
4	Обучающийся - выполнил работу полностью, допущено в ней не более одной негрубой ошибки и недочета (не более трех недочетов); - демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, решено 56–70% задач.
3	Обучающийся - правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой; - затрудняется с правильным ответом предложенной задачи; - дает неполный ответ, решено 50–55% задач.
0–2	Обучающийся - допустил ошибки и недочеты, превышающие требования для 3 баллов или правильно выполнил менее 2/3 всей работы; - решено менее 50 % задач.

В результате прохождения **текущего и рубежного контроля** знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

Семестр	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	56-70 баллов
3	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации.	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Частичное выполнение и защита практических работ. Выполнение контрольных работ, ответы на коллоквиуме на оценки «удовлетворительно».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита практических работ. Выполнение контрольных работ, ответы на	Полное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита практических работ. Выполнение контрольных работ, ответы на коллоквиуме

			коллоквиуме на оценки «хорошо».	на оценки «отлично».
--	--	--	---------------------------------------	-------------------------

5.3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации (контролируемые компетенции УК-5, ПКС-1)

Целью промежуточной аттестации по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Оценочные материалы для проведения *промежуточной аттестации* по дисциплине включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для каждого результата обучения определяются показатели и критерии оценивания сформированных компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания. При составлении оценочных материалов основываются на компетентных принципах. Они содержат комплексные средства оценки, объективно отражающие качество подготовки специалиста по данной дисциплине.

Промежуточная аттестация завершает изучение дисциплины и помогает оценить совокупности знаний и умений, а также формирование определенных профессиональных компетенций. Она служит основным средством обеспечения в учебном процессе «обратной связи» между преподавателем и обучающимся, необходимой для стимулирования работы обучающихся и совершенствования методики преподавания учебных дисциплин.

Оценивание знаний, умений и навыков носит комплексный, системный характер – с учетом как места дисциплины в структуре образовательной программы, так и содержательных и смысловых внутренних связей. Связи формируемых компетенций с

разделами и темами дисциплины обеспечивают возможность реализации для текущего контроля наиболее подходящих оценочных средств.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Введение в проекционно-сеточные методы» в форме проведения зачета во II семестре и экзамена в III семестре, которым заканчивается изучение дисциплины. Она может проводиться в устной и письменной форме. Итоговая оценка определяется суммой баллов, полученных студентом в ходе текущего и рубежного контроля, а также в ходе промежуточной аттестации.

Для успешной промежуточной аттестации студент должен:

- показать полные и глубокие знания материала;
- уметь применять полученные знания для решения практических задач и быть способным анализировать проблемы, формулировать выводы;
- владеть необходимыми навыками для применения полученных знаний и умений в своей профессиональной деятельности.

Для получения экзамена в 3 семестре студенту необходимо иметь не менее 61 балла. Для допуска к экзамену студент должен по итогам текущего и рубежного контроля успеваемости набрать число баллов не менее 36. На экзамене он может повысить сумму баллов от 61 и выше (до 100), необходимых для получения экзамена.

Вопросы, выносимые на экзамен (контролируемые компетенции УК-5, ПКС-1)

1. Простейшие кусочно постоянные финитные функции.
2. Кусочно-линейные базисные функции в одномерном случае.
3. Кусочно-линейная аппроксимация на прямоугольнике, подпространства $W_2^{1,h}$, $W_2^{0,h}$.
4. Кусочно-линейная аппроксимация на прямоугольной области.
5. Билинейные базисные функции.
6. Кусочно-квадратичные базисные функции на треугольной сетке.
7. Понятие о кусочно полиномиальной аппроксимации высокой степени.
8. Проекционно-сеточные схемы для задач математической физики.
9. Постановка задачи для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка.
10. Построение проекционно-сеточной схемы для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка.
11. Сходимость и оценка скорости сходимости в пространстве L_2 проекционно-сеточной схемы для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка.
12. Постановка задачи третьей краевой задачи для эллиптического уравнения второго порядка.

13. Построение проекционно-сеточной схемы для эллиптического уравнения второго порядка.
14. Оценка скорости сходимости проекционно-сеточной схемы для эллиптического уравнения второго порядка.
15. Скорость сходимости с использованием пространства с дробными индексами проекционно-сеточной схемы для эллиптического уравнения второго порядка.
16. Доказательство симметричности и положительной определенности оператора задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области.
17. Задание в качестве базисных функций кусочно-линейных финитных функций для задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области.
18. Применение алгоритма метода Бубнова – Галёркина задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области.
19. Доказательство устойчивости проекционно-сеточной схемы задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области.
20. Сходимость приближенного решения к точному задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в прямоугольной области.
21. Доказательство симметричности и положительной определенности оператора уравнения для задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей.
22. Выбор базисных функций для построения проекционно-сеточной схемы для задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей.
23. Применение метода Бубнова – Галёркина для задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей.
24. Доказательство устойчивости и сходимости проекционно-сеточной схемы для задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в области с криволинейной границей.
25. Постановка задачи для параболического уравнения.
26. Построение проекционно-сеточной схемы решения параболического уравнения.
27. Сходимость и оценка скорости сходимости проекционно-сеточной схемы решения параболического уравнения.
28. Постановка задачи для гиперболического уравнения второго порядка.
29. Алгоритм приближенного решения задачи для гиперболического уравнения второго порядка проекционно-сеточным методом.

30. Устойчивость приближенного решения задачи для гиперболического уравнения второго порядка проекционно-сеточным методом.
31. Оценка скорости сходимости проекционно-сеточной схемы для гиперболического уравнения второго порядка.
32. Постановка задачи для гиперболического уравнения первого порядка.
33. Единственность решения задачи для гиперболического уравнения первого порядка.
34. Применение метода Бубнова – Галёркина для приближенного решения задачи для гиперболического уравнения первого порядка.
35. Исследование оценки погрешности метода Бубнова – Галёркина для гиперболического уравнения первого порядка.

Шкала оценивания планируемых результатов обучения

Семестр	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
3	Студент имеет 36–60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос. Студент имеет 36–45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 36–50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 46–60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на оба вопроса. Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61–70 баллов на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос.	Студент имеет 51–60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 61–65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй. Студент имеет 66–70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 61–70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Учебная работа по дисциплине «Введение в проекционно-сеточные методы» состоит из контактной работы (лекции, практические занятия) и самостоятельной работы.

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая студентом по дисциплине, включает две составляющие:

– *первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

– *вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 30 –баллов).

Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№ п/п	Вид контроля	Сумма баллов			
		Общая сумма в баллах	1-я точка	2-я точка	3-я точка
1.	Посещение занятий	10	3	3	4
2.	Текущий контроль:	до 30	до 10	до 10	до 10
	Выполнение самостоятельных заданий (решение задач)	0 -15	0 - 5	0 -5	0- 5
3.	Рубежный контроль	до 30	до 10	до 10	до 10
	Тестирование	0- 12	0- 4	0- 4.	0- 4.
	Коллоквиум	0 – 18	0 - 6	0 -6	0- 6
4.	Итого сумма текущего и рубежного контроля	до 70	до 23	до 23	до 24
	Первый этап (базовый уровень) – оценка «удовлетворительно»	не менее 36	не менее 12 б.	не менее 12 б	не менее 12б
	Второй этап (продвинутый уровень) – оценка «хорошо»	менее 70 (51-69)	менее 23	менее 23	менее 24
	Третий этап (высокий уровень) - оценка «отлично»	не менее 70	не менее 23	не менее 23	не менее 24

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

По дисциплине «Введение в проекционно-сеточные методы» учебным планом предусмотрены формы промежуточной аттестации – экзамен в 3 семестре. Проводится

комплексная проверка обучающихся на определение степени овладения знаниями, умениями и навыками, полученными на занятиях, а также путём самостоятельной работы.

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенций УК-5, ПКС-1 представлены в таблице 7.

Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Индикаторы достижения компетенций	Вид оценочного материала, обеспечивающий формирование компетенций	Основные показатели оценки результатов обучения
УК-5 Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия.	УК-5.1 Способен применить навыки межкультурного взаимодействия в различных социокультурных ситуациях, для самостоятельного анализа и оценки социальных явлений.	Типовые оценочные материалы для устного опроса (п. 5.1.1); типовые оценочные материалы для контрольной работы (п. 5.1.2); типовые тестовые задания (п. 5.2.2); типовые оценочные материалы к экзамену (п. 5.2.3).	Знать: Различные исторические типы культур. Уметь: Понимать и воспринимать разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах. Владеть: Навыками формирования психологически-безопасной среды в профессиональной деятельности.
	УК-5.2 Способен определять и применять способы межкультурного взаимодействия в различных социокультурных ситуациях, применяя научную терминологию		Знать: Механизмы межкультурного взаимодействия общества на современном этапе, принципы соотношения общемировых и национальных культурных процессов. Уметь: Объяснить феномен культуры, её роль в человеческой жизнедеятельности. Владеть: Навыками межкультурного взаимодействия с учетом разнообразия культур.
ПКС-1 Способен проводить научные исследования и получать прикладные	ПКС-1.1 Способен применить современный математический аппарат в исследовательской	Типовые оценочные материалы для устного опроса (п. 5.1.1); типовые оценочные	Знать: Передовые научные достижения в области своих научных Интересов. Уметь: Систематизировать

результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	деятельности при решении задач.	материалы для контрольной работы (п. 5.1.2); типовые тестовые задания (п. 5.2.2); типовые оценочные материалы к экзамену (п. 5.2.3).	научные результаты, выделять из них главное, и удалять второстепенное, объективно оценивать результаты научных разработок, выполненных другими специалистами. Владеть: Современными методами решения научных задач в области своих научных интересов.
	ПКС-1.2 Способен применить методы внедрения и контроля результатов исследований и разработок, методы анализа результатов исследований и разработок самостоятельно и в составе научного коллектива.		Знать: Классические методы, применяемые в прикладной математике и информатике. Уметь: Самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных и прикладных результатов. Владеть: Научными технологиями и пакетами прикладных программ для решения прикладных задач.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Нормативно-законодательные акты

1. Приказ Минобрнауки России от 06.04.2021 № 245 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.08.2021 N 64644).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 01.04.02- Прикладная математика и информатика (уровень магистратуры), утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «10» января 2018г. № 13 (зарегистрировано в Минюсте России «06» февраля 2018г. №49939).
3. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 № 273-ФЗ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

7.2. Основная литература

1. Нахушева Ф.М., Ошхунов М.М., Лафишева М.М., Джанкулаева М.А. Введение в проекционно-сеточные методы (*Учебное пособие*). Изд. КБГУ. Нальчик, 2018. 112 с.
2. Мастяева, И. Н. Численные методы [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Н. Мастяева, О. Н. Семенихина. — Электронные текстовые данные. — М.: Евразийский открытый институт, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2003. — 241 с. — 2227-8397. — Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/11121.html>.
3. Махмутов, М. М. Лекции по численным методам [Электронный ресурс] / М. М. Махмутов. — Электронные текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007. — 237 с. — 978-5-93972-626-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16558.html>.
4. Тарасов, В. Н. Численные методы. Теория, алгоритмы, программы [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Тарасов, Н. Ф. Бахарева. — Электронные текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 266 с. — 5-7410-0451-2. — Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/71903.html>.
5. Нахушева Ф.М., Джанкулаева М.А. Введение в проекционно-сеточные методы (*Электронный учебник*). Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ №2015617505. 13.07.2015г.
6. Волков Е.А. Численные методы. — Санкт-Петербург: Лань, 2008, 256 с.
<http://e.lanbook.com/books>
7. Демидович Б.П., Шувалова Э.З., Марон И.А. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. — Санкт-Петербург: Лань, 2008, 400 с.
8. Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах. — М.: Высшая школа, 2008, 480 с.
9. Рябенский В.С. Введение в вычислительную математику: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, 2008, 288с.- <http://e.lanbook.com/books/element>.
10. Срочко В.А. Численные методы. Курс лекций. — Санкт-Петербург: Лань, 2010, 208 с.

7.3. Дополнительная литература

1. Нахушева Ф.М., Кереев М.А., Абрегов М.Х., Нахушева Ф.Б. Вариационно-разностные схемы решения задач математической физики (*Учебное пособие*). Изд. КБГУ. Нальчик, 2017. 102 с.

2. Вазов В., Форсайт Дж. Разностные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. – М.: ИЛ, 1963г.
3. Воеводин В.В. Вычислительные основы линейной алгебры. – М.: Наука, 1980г.
4. Ладыженская О.А. Краевые задачи математической физики. – М.: Наука, 1973г.
5. Марчук Г. И., Агошков В. И. Введение в проекционно-сеточные методы. – М.: Наука, 1981г.
6. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1989г.
7. Рашиков В.И., Рошаль А.С. Численные методы решения физических задач. – Санкт-Петербург: Лань, 2005, 208 с.
8. Рихтмайер Р., Марон К. Разностные методы решения краевых задач. – М.: Мир, 1972г.
9. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС. 2002г.
10. Самарский А.А. Введение в численные методы. – М.: Наука, 1987г.
11. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989г.
12. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1989г.

7.4. Периодические издания

1. Журнал вычислительной математики и математической физики (ЖВМ и МФ).
2. Вестник СОГУ. Серия «Естественные науки», Владикавказ.
3. Известия КБНЦ РАН. Нальчик.

7.5. Интернет-ресурсы

1. <http://www.EXPonenta.ru>
2. <http://iem.phys.dcn-asu.ru/stud/VM/vmii.html>
3. <http://Math.ru>
4. <http://electrolibrary.narod.ru>
5. <http://lib.mexmat.ru>
6. <http://math-portal.ru>
7. <http://uchites.ru>
8. <http://softlab-portable.ru>
9. <http://intuit.ru>
10. <http://eduScan.net>
11. <http://ph4s.ru>

При проведении занятий лекционного типа практических (семинарских) занятий используются сведения об электронных информационных ресурсах, к которым обеспечен доступ для пользователей библиотеки КБГУ.

**Перечень актуальных электронных информационных баз данных,
к которым обеспечен доступ пользователям КБГУ
(2022-2023 уч. год)**

№ п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Наименование организации- владельца; реквизиты договора	Условия доступа
1.	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на безвозмездной основе	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ»	Полный доступ
2.	База данных Science Index (РИНЦ)	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ» Лицензионный договор Science Index №SIO-741/2022 от 19.07.2022 Активен до 31.07.2023г.	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ
3.	ЭБС «Консультант студента»	13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.	http://www.studmedlib.ru http://www.medcollegelib.ru	ООО «Консультант студента» (г. Москва) Договор №750КС/07-2022 От 26.09.2022 Активен до 30.09.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
4.	«Электронная библиотека технического вуза» (ЭБС «Консультант студента»)	Коллекция «Медицина (ВО) ГЭОТАР-Медиа. Books in English (книги на английском языке) »	http://www.studmedlib.ru	ООО «Политехресурс» (г. Москва) Договор №701КС/02-2022 от 13.04.2022 Активен до	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

				19.04.2023г.	
5.	ЭБС «Лань»	Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://e.lanbook.com/	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) Договор №6ЕП/223 от 15.02.2022 Активен до 28.02.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
6.	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	https://нэб.рф	ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор №101/НЭБ/166 6-п от 10.09.2020г. Сроком на 5 лет	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ
7.	ЭБС «IPRbooks»	107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085 аудио изданий.	http://iprbookshop.ru/	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов) Договор №9200/22П от 08.04.2022 Активен до 02.04.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
8.	ЭБС «Юрайт» для СПО	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://www.biblio-online.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №192/ЕП-223 От 29.10.2021 Активен до 31.10.2022 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
9.	Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье	Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям	http://polpred.com	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ

10.	Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина	Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву	http://www.prlib.ru	ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург) Соглашение от 15.11.2016г. Бессрочный	Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №115, 214)
-----	--	---	---	--	--

7.6. Методические указания по проведению учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы

Учебная работа по дисциплине «Введение в проекционно-сеточные методы» состоит из контактной работы (лекции, практические занятия) и самостоятельной работы.

Для подготовки к практическим занятиям необходимо рассмотреть контрольные вопросы, при необходимости обратиться к рекомендуемой литературе, записать непонятные моменты в вопросах для уяснения их на предстоящем занятии.

Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции

В процессе лекционных занятий целесообразно конспектировать учебный материал. Для этого используются общие и утвердившиеся в практике правила, и приемы конспектирования лекций.

Конспектирование лекций ведется в специально отведенной для этого тетради, каждый лист которой должен иметь поля, на которых делаются пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Целесообразно записывать тему и план лекций, рекомендуемую литературу к теме. Записи разделов лекции должны иметь заголовки, подзаголовки, красные строки. Для выделения разделов, выводов, определений, основных идей можно использовать цветные карандаши и фломастеры.

Названные в лекции ссылки на первоисточники надо пометить на полях, чтобы при самостоятельной работе найти и вписать их. Каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий.

Методические указания к практическим занятиям

Целью практических занятий является обеспечение связи теории и практики. Практические занятия содействуют выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекциях и в ходе самостоятельной работы. В ходе практических

занятий студенты приобретают профессиональные умения и навыки для решения практических задач и развития у них математического мышления, и интеллектуальных способностей.

Практические занятия позволяют углубить и закрепить теоретические знания в интересах профессиональной подготовки. Они позволяют продемонстрировать знания, умение читать и понимать учебные и научные материалы, а также применять их при решении конкретных задач прикладной математики.

Для подготовки к практическим занятиям следует использовать рекомендованную литературу и источники. Есть доступ к электронному варианту конспекта лекций, а также имеется:

- Нахушева Ф.М., Ошхунов М.М., Лафишева М.М., Джанкулаева М.А. Введение в проекционно-сеточные методы (*Учебное пособие*). Изд. КБГУ. Нальчик, 2018. 112 с.

- Нахушева Ф.М., Джанкулаева М.А. Введение в проекционно-сеточные методы (*Электронный учебник*). Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ №2015617505. 13.07.2015г.;

- Нахушева Ф.М., Керемов М.А., Абрегов М.Х., Нахушева Ф.М. Вариационно-разностные схемы решения задач математической физики (*Учебное пособие*). Изд-во КБГУ, 2017г.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для *самостоятельной работы* имеются помещения, оснащённые компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную библиотеку. Есть доступ к электронному варианту конспекта лекций.

Самостоятельная работа обучающихся – способ активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия в этом процесса преподавателей. Повышение роли самостоятельной работы обучающихся при проведении различных видов учебных занятий предполагает:

- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс новых технологий обучения, повышающих производительность труда преподавателя, активное использование информационных технологий, позволяющих обучающемуся в удобное для него время осваивать учебный материал;

- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы обучающихся, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят обучающихся к самостоятельному выполнению профессиональных задач;

- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования, которая должна повышать роль студента в подборе материала, поиске путей решения задач.

Самостоятельная работа приводит студента к получению новых знаний, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений. Самостоятельная работа выполняет ряд функций: развивающую; информационно-обучающую; ориентирующую и стимулирующую; воспитывающую; исследовательскую.

В рамках курса выполняются следующие виды самостоятельной работы:

- 1) проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
- 2) выполнение разноуровневых задач и заданий;
- 3) работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- 4) выполнение итоговой контрольной работы.

Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории.

Необходимо отметить, что некоторые задания для самостоятельной работы по курсу имеют определенную специфику. При освоении курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Значительную помощь в подготовке к очередному занятию может оказать имеющийся в учебно-методическом комплексе краткий конспект лекций. Он же может использоваться и для закрепления полученного в аудитории материала.

Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом и выполняется в обязательном порядке. Задания предложены по каждой изучаемой теме и могут готовиться индивидуально или в группе. По необходимости студент может обращаться за консультацией к преподавателю. Выполнение заданий контролируется и оценивается преподавателем.

Для успешного самостоятельного изучения материала сегодня используются различные средства обучения, среди которых особое место занимают информационные технологии разного уровня и направленности: электронные учебники и курсы лекций, базы заданий. Электронный учебник представляет собой программное средство, позволяющее представить для изучения теоретический материал, организовать апробирование, тренаж и самостоятельную творческую работу, помогающее студентам и преподавателю оценить уровень знаний в определенной тематике, а также содержащее необходимую справочную информацию. Электронный учебник может интегрировать в себе возможности различных педагогических программных средств: обучающих программ, справочников, учебных баз данных, тренажеров, контролирующих программ.

Для успешной организации самостоятельной работы все активнее применяются разнообразные образовательные ресурсы в сети Интернет: системы тестирования по различным областям, виртуальные лекции, лаборатории, при этом пользователю достаточно иметь компьютер и подключение к Интернету для того, чтобы связаться с преподавателем, решать вычислительные задачи и получать знания. Использование сетей усиливает роль самостоятельной работы студента и позволяет кардинальным образом изменить методику преподавания.

Студент может получать все задания и методические указания через сервер, что дает ему возможность привести в соответствие личные возможности с необходимыми для выполнения работ трудозатратами. Студент имеет возможность выполнять работу дома или в аудитории. Большое воспитательное и образовательное значение в самостоятельном учебном труде студента имеет самоконтроль. Самоконтроль возбуждает и поддерживает внимание и интерес, повышает активность памяти и мышления, позволяет студенту своевременно обнаружить и устранить допущенные ошибки и недостатки, объективно определить уровень своих знаний, практических умений. Самое доступное и простое средство самоконтроля с применением информационно-коммуникационных технологий – это ряд тестов «on-line», которые позволяют в режиме реального времени определить свой уровень владения предметным материалом, выявить свои ошибки и получить рекомендации по самосовершенствованию.

Методические рекомендации по работе с литературой

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой.

При работе с литературой необходимо учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала.

Предварительное чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе. В частности, при чтении указанной литературы необходимо подробнейшим образом анализировать понятия.

Сквозное чтение предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность студенту сформировать свод основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими.

Выборочное – наоборот, имеет целью поиск и отбор материала. В рамках данного курса выборочное чтение, как способ освоения содержания курса, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим разделам.

Аналитическое чтение – это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Освоение указанных понятий будет наиболее эффективным в том случае, если при чтении текстов студент будет задавать к этим текстам вопросы. Часть из этих вопросов сформулирована в ФОС в перечне вопросов для собеседования. Перечень этих вопросов ограничен, поэтому важно не только содержание вопросов, но сам принцип освоения литературы с помощью вопросов к текстам.

Целью *изучающего* чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Есть несколько приемов изучающего чтения:

- чтение по алгоритму предполагает разбиение информации на блоки: название, автор, источник, основная идея текста, фактический материал, анализ текста путем сопоставления имеющихся точек зрения по рассматриваемым вопросам, новизна;
- прием постановки вопросов к тексту имеет следующий алгоритм: медленно прочитать текст, стараясь понять смысл изложенного; выделить ключевые слова в тексте; постараться понять основные идеи, подтекст и общий замысел автора.
- прием тезирования заключается в формулировании тезисов в виде положений, утверждений, выводов.

Можно добавить и иные приемы: прием реферирования, прием комментирования.

Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других. При этом важно не терять из вида общий контекст и не погружаться чрезмерно в детали, потому что таким образом можно не увидеть главного.

Подготовка к зачету должна проводиться на основе лекционного материала, материала практических занятий с обязательным обращением к основным учебникам по курсу. Это позволит исключить ошибки в понимании материала, облегчит его осмысление, прокомментирует материал многочисленными примерами.

Методические рекомендации для подготовки к экзамену

Экзамен является формой итогового контроля знаний и умений обучающихся в III семестре по данной дисциплине, полученных на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. Основой для определения оценки служит уровень

усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой. К экзамену допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего и промежуточного контроля. На экзамене студент может набрать от 15 до 30 баллов.

В период подготовки к экзамену, обучающиеся вновь обращаются к учебно-методическому материалу и закрепляют промежуточные знания.

Подготовка обучающегося к экзамену включает три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену по темам курса;
- подготовка к ответу на экзаменационные вопросы.

При подготовке к экзамену обучающемуся целесообразно использовать материалы лекций, учебно-методические комплексы, нормативные документы, основную и дополнительную литературу.

На экзамен выносится материал в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Экзамен проводится в письменной / устной форме.

При проведении экзамена в письменной (устной) форме, ведущий преподаватель составляет перечень вопросов, которые включают в себя тестовые задания, теоретические задания, задачи. Формулировка теоретических заданий совпадает с формулировкой перечня вопросов к экзамену, доведенных до сведения обучающихся накануне.

В аудитории, где проводится устный экзамен, должно одновременно находиться не более шести студентов на одного преподавателя, принимающего экзамен. На подготовку ответа на билет на экзамене отводится 40 минут. При проведении письменного экзамена на работу отводится 60 минут.

Результат устного (письменного) экзамена выражается оценками:

Оценка «отлично» – от 91 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На экзамене студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «хорошо» – от 81 до 90 баллов – теоретическое содержание курса освоено, необходимые практические навыки работы сформированы, выполненные учебные задания содержат незначительные ошибки. На экзамене студент демонстрирует твердое знание основного (программного) материала, умеет четко, грамотно, без существенных неточностей отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» – от 61 до 80 баллов – теоретическое содержание

курса освоено не полностью, необходимые практические навыки работы сформированы частично, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. На экзамене студент демонстрирует знание только основного материала, ответы содержат неточности, слабо аргументированы, нарушена последовательность изложения материала

Оценка «неудовлетворительно» – от 36 до 60 баллов – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На экзамене студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

По учебному плану предусмотрена курсовая работа.

В ходе изучения дисциплины обучающийся имеет возможность подготовить курсовую работу по выбранной из предложенного списка в Рабочей программе теме. Выступление с докладом по курсовой работе в группе проводится в форме презентации с использованием мультимедийной техники.

***Методические рекомендации для обучающихся по изучению дисциплины
«Введение в проекционно-сеточные методы»***

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной учебной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий, занести в свою рабочую тетрадь темы и сроки проведения учебных работ. При изучении дисциплины обучающиеся выполняют следующие задания: изучают рекомендованную учебную и научную литературу; пишут контрольные работы; готовятся к практическим занятиям; выполняют самостоятельные работы; участвуют в выполнении практических заданий. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий

Курс изучается на лекциях, практических занятиях, при самостоятельной и индивидуальной работе обучающихся. Обучающийся для полного освоения материала должен не пропускать занятия и активно участвовать в учебном процессе. В случае нерегулярного посещения занятий у обучающихся есть доступ к электронному варианту лекции, заданий к практическим занятиям. Лекции включают все темы и основные вопросы. Для максимальной эффективности изучения необходимо постоянно вести

конспект лекций, знать рекомендуемую преподавателем литературу, позволяющую дополнить знания и лучше подготовиться к практическим занятиям.

В соответствии с учебным планом на каждую тему выделено необходимое количество часов практических занятий, которые проводятся в соответствии с вопросами, рекомендованными к изучению по определенным темам. Обучающиеся должны регулярно готовиться к занятиям и участвовать в обсуждении вопросов. При подготовке к занятиям следует руководствоваться конспектом лекций и рекомендованной литературой. Тематический план дисциплины, учебно-методические материалы, а также список рекомендованной литературы приведены в рабочей программе.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. Требования к материально-техническому обеспечению

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

зарубежное лицензионное программное обеспечение:

№	Производитель	Наименование	Лицензии	№ договора на 2020 год	№ договора на 2021 год
1.	MSAcademicEES	Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr A Faculty EES	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №10/ЭА-223
2.	MSAcademicEES	Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №10/ЭА-223
3.	MSAcademicEES	Core CALClient Access License ALNG LicSAPk MVL DvcCAL A Faculty EES	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №10/ЭА-223
4.	MSAcademicEES	WINEDUperDVC ALNG UpgrdSAPk MVL A Faculty EES (Корпоративная подписка на продукты Windows операционная система и офис)	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №10/ЭА-223

№	Производитель	Наименование	Лицензии	№ договора на 2020 год	№ договора на 2021 год
5.	StatSoft	Statistica Ultimate Academic for Windows 13 Russian/13 English на 500 пользователей Локальная версия (Named User) Годовая лицензия	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223
6.	Mathlab/Simulink	ТАН-25	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №80/ЕЛ-223
7.	Embarcadero	RAD Studio Architect Concurrent Academic Edition 1 Year Term License	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223
8.	Adobe Creative Cloud	Adobe Creative Cloud for Teams – All Apps. Лицензии Education Device license для образовательных организаций	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223
9.	Sketchup	SketchUp Pro 2020 - License for Education -- LAB for 1 year.	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223
10.	PTC	Mathcad Education - University Edition Subscription (50 pack)	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223
11.	Corel	CorelDRAW Graphics Suite	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223
12.	ABBYY	ABBYY FineReader	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223

Зарубежное программное обеспечение (свободно распространяемое)

№	Производитель	Наименование	Лицензии
1.		Web Browser - Firefox	Бесплатно
2.		AtomEditor	Бесплатно
3.		Python	Бесплатно
4.	IBM	Eclipse	Бесплатно
5.	Фирма Sun Microsystems	Apache OpenOffice	Бесплатно

Российское лицензионное программное обеспечение:

№	Производитель	Наименование	Лицензии	№ договора на 2020 год	№ договора на 2021 год
1.	Kaspersky	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal License	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223

№	Производитель	Наименование	Лицензии	№ договора на 2020 год	№ договора на 2021 год
2.	DrWeb	Dr.Web Desktop Security Suite Комплексная защита + Центр управления на 12 мес., 200 ПК, продление	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	-
3.		Антиплагиат ВУЗ	лицензия	ДОГОВОР №20/ЭА-223	ДОГОВОР №15/ЭА-223

Российское программное обеспечение (свободно распространяемое)

№	Производитель	Наименование	Комментарии	Сроки лицензии
1.	StarForce Technologies, Россия, Москва	Foxit PDF Reader	для просмотра электронных документов в стандарте PDF	Бесплатно
2.	Россия	7zip	архиватор	Бесплатно

8.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)
 - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ невизуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для обучающихся с нарушениями зрения;
 - задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;
 - письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;
3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий обучающемуся необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия, обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию обучающегося экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

9. Лист изменений (дополнений)

в рабочую программу по дисциплине «Введение в проекционно-сеточные методы» направления подготовки 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика», направленности «Математическая физика и современные компьютерные технологии» на 2022-2023 учебный год.

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание
1.			
2.			
3.			

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры

Прикладной математики и информатики

Протокол № 2 от «02» сентября 2022г.

Зав. кафедрой _____ А.Р. Бечелова

Критерии оценки качества освоения дисциплины в III семестре

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Основными этапами формирования компетенций при изучении студентами дисциплины являются последовательное формирование результатов обучения по дисциплине. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Шкала по традиционной пятибалльной системе				
		Не допуск	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
		Шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
УК-6 Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.	Знать: базовые знания в области прикладной математики и информатики.	Не знает	Не имеет четкого представления об основах математики	Знает основные понятия математики	Понимает специфику математики	Демонстрирует уверенные знания фундаментальных основ математики
	Уметь: определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы совершенствования на основе самооценки.	Не умеет	Может пересказать полученные знания	Способен объяснить смысл математических понятий	Способен представить решение математических задач	Может соотнести решение математических задач с их постановкой
	Владеть: инструментарием для определения и реализации приоритетов собственной деятельности и способами ее совершенствования на основе самооценки.	Не владеет	Не способен к решению математических задач	В общих чертах понимает методы использования пакетов математических программ проблемы	Владеет некоторыми методами использования пакетов математических программ	Способен к использованию пакетов математических программ для решения математических задач
ПК-1 Способность	Знать: методы, основанные на сборе,	Не знает	Плохо знает фундаментальные	Знает основные понятия, однако	Хорошо владеет обобщённым	Способен выделить

проводить научные исследования и получать прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	анализе и интерпретации научных данных.		понятия, соответствующие базовым разделам математики	неудовлетворительно ориентируется в разделах математики	способом решения конкретно-практических задач	последовательность общих положений математики (определений, аксиом, теорем, правил, законов, свойств, формул), применяя которые к условиям задачи или к их следствиям (промежуточные результаты решения), получает то, что требуется найти в задаче – ответ
	Уметь: проводить научные исследования и получать новые прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	Не умеет	Не способен к формализации математического материала (отделение формы от содержания), к обобщению математического материала, при доказательстве математических утверждений	Не может отобразить нужные выводы из условий, применить аксиомы и теоремы при доказательстве	Умеет точно и сжато выражать математическую мысль в устном и письменном изложении, использовать соответствующую символику при доказательстве	Уверенно владеет математическими знаниями и навыками, предусмотренными программой, умеет применять их при доказательстве фундаментальных математических утверждений
	Владеть: навыками сбора данных, их обработки для решения практических задач, приёмами описания научных задач и инструментарием для решения задач прикладной математики и	Не владеет	Не владеет базовыми знаниями, навыками сбора и работы с математическими источниками информации	Не достаточно владеет базовыми знаниями, навыками сбора и работы с математическими источниками информации	Достаточно хорошо владеет базовыми знаниями, может выработать формально-оперативные умения и	Свободно владеет основными знаниями в области математики, отлично ориентируется в математических

	информатики.				научиться применять их к решению математических и нематематических задач	источниках информации
--	--------------	--	--	--	---	--------------------------