

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН
09.00.00 «Информатика и
вычислительная техника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
РАЗНОСТНЫЕ МЕТОДЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНЫХ
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

09.06.01 - Информатика и вычислительная техника

(указываются код и наименования направления(ий)

подготовки (специальности (ей) и/или профилей (специализаций)

Направленность программы

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))

Квалификация (степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ОС ВО РУДН)

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель курса: формирование у аспирантов навыков по профилю «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а также универсальных и профессиональных компетенций по применению численных методов в области математического моделирования, вычислительной математики.

К основным задачам изучения дисциплины относятся:

- овладение теоретическими знаниями и практическими навыками в области вычислительной математики;
- овладение основными численными методами исследования математических моделей;
- овладение навыками проведения численных экспериментов и критического анализа их результатов.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО.

Дисциплина относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Универсальные компетенции			
	УК-1	История и философия науки Методология научных исследований Программное обеспечение для проведения научных исследований Современные теоретические проблемы в численных методах	Научные исследования, Научно-исследовательская практика, Педагогическая практика, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)
Общепрофессиональные компетенции			
	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-5;	История и философия науки Методология научных исследований Программное обеспечение для проведения научных исследований Современные теоретические проблемы в численных методах	Научно-исследовательская практика, Научные исследования, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)
Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности - научно-исследовательский)			
	ПК-1	История и философия науки Методология научных исследований Программное обеспечение для проведения научных исследований Современные теоретические проблемы в численных методах	Научно-исследовательская практика Научные исследования Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)
Профессионально-специализированные компетенции специализации			
	-	-	-

УК-1 — способность к критическому анализу и оценке современных научных

достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

ОПК-1 — владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;

ОПК-2 – владеть культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-3 – способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;

ОПК-5 – способность объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях;

ПК-1 — способность самостоятельно проводить научные исследования в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, применять полученные результаты в научных исследованиях и других областях.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: УК-1; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-5; ПК-1.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать основные численные методы, применяемые для исследования математических моделей, описывающихся при помощи дифференциальных уравнений.

Уметь применять численные методы для решения дифференциальных уравнений и оценивать результаты вычислений.

Владеть навыками проведения численных экспериментов и оценивания их результатов.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____ 4 _____ зачетных единиц.

Вид учебной работы	Очная форма обучения		Заочная форма обучения	
	Всего часов	семестр 3	Всего часов	семестр 3
Аудиторные занятия (всего)	60	60	60	60
В том числе:	-	-	-	-
<i>Лекции</i>	20	20	20	20
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	40	40	40	40
<i>Семинары (С)</i>				
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>				
Самостоятельная работа (всего)	84	84	84	84
Общая трудоемкость час	144	144	144	144
зач. ед.	4	4	4	4

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Численные эксперименты с	1. Основные понятия метода конечных разностей. 2. Основные разностные схемы для решения задачи Коши

	обыкновенными дифференциальными уравнениями (ОДУ)	<p>для ОДУ.</p> <p>3. Строгое обоснование метода Эйлера.</p> <p>4. Методика получения апостериорные оценки ошибок в численных экспериментах.</p> <p>5. Методика проведения численных экспериментов с ОДУ. Форма представления и описания результатов. Суждения о сходимости и ее характере, устойчивости метода, жесткости задачи.</p> <p>6. Применение метода конечных разностей к краевым задачам для ОДУ.</p>
2	Численные эксперименты с уравнениями в частных производных (УРЧП)	<p>1. Основные понятия теории разностных схем (РС) в ее применении к уравнениям в частных производных.</p> <p>2. Методика проведения численных экспериментов с уравнениями в частных производных. Форма представления и описания результатов.</p> <p>3. РС для линейного и квазилинейного уравнения переноса.</p> <p>4. РС для линейных краевых и начально-краевых задач математической физики.</p>

5.2 Разделы дисциплин и виды занятий

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. и лаб. зан.	СРС	Всего час.
1	Численные эксперименты с ОДУ	6	24	42	72
2	Численные эксперименты с УРЧП	14	16	35	72
	ИТОГО	20	40	84	144

Для заочной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. и лаб. зан.	СРС	Всего час.
1	Численные эксперименты с ОДУ	6	24	42	72
2	Численные эксперименты с УРЧП	14	16	35	72
	ИТОГО	20	40	84	144

6-7. Лабораторные и практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	1	Сравнение априорной и апостериорных ошибок, возникающих при решении начальной задачи по явной схеме Эйлера	4
2	1	Численные эксперименты с моделью Хищник-Жерта. Сравнение результатов, полученных при помощи схемы Эйлера, Рунге-Кутты и CROS.	4
3	1	Численные эксперименты с моделью связанных маятников. Учет закона сохранения энергии.	4
4	1	Численные эксперименты с моделью химической кинетики, пример Робертсона.	4

5	1	Численные эксперименты с ограниченной задачей двух тел. Получение замкнутых траекторий.	4
6	1	Численные эксперименты с задачей о провисание цепи.	4
7	2	Численные эксперименты с квазилинейным уравнением переноса	4
8	2	Численные эксперименты с уравнением Лапласа.	4
9	2	Численные эксперименты с уравнением теплопроводности.	4
10	2	Численные эксперименты с уравнением колебаний.	4

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная учебная аудитория для проведения лекционных занятий. Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для выполнения обучающимися практических работ по дисциплине, для проведения обучающимися самостоятельной работы и компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

9. Информационное обеспечение дисциплины.

а.) программное обеспечение: ОС Linux, офисный пакет LibreOffice (лицензия MPL-2.0), ПО для просмотра pdf (например, evince (лицензия GPL-2+ CC-BY-SA-3.0)), GNU Midnight Commander (Лицензия GNU GPL 3), редакторы emacs (лицензия GPL) или vi (лицензия BSD), FreeFem++ (Лицензия LGPL-2.1), TeXLive (Лицензия GPL-2 LPPL-1.3c TeX), Sagemath (Лицензия GPLv3).

б.) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ТУИС <http://esystem.pfur.ru>
2. Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
3. Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
4. Общероссийский математический портал mathnet.ru
5. NIST Цифровая энциклопедия математических функций (<https://dlmf.nist.gov>)

с.) Облачные сервисы:

1. CoCalc (<https://cocalc.com>) - веб-платформа для облачных вычислений и управления курсами для вычислительной математики, является частью проекта Sage, поддерживает редактирование рабочих листов Sage, документов LaTeX и блокнотов Jupyter, открывает доступ к экспериментам в консоли Linux (Ubuntu 18.04.2 LTS).
2. ShareLaTeX (<https://ru.sharelatex.com>) - онлайн редактор LaTeX, не требует установки, поддерживает совместную работу в реальном времени.

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Калиткин, Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин ; под ред. А.А. Самарского. - Москва : Наука, 1978. - 512 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456957>
2. Пименов, В.Г. Численные методы : учебное пособие : в 2 ч. / В.Г. Пименов, А.Б. Ложников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Ю.А.

Меленцова. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - Ч. 2. - 107 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7996-1342-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275819>, <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275819>

3. Емельянов, В. Н. Численные методы: введение в теорию разностных схем : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Н. Емельянов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 188 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-06617-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/412111>

б) дополнительная литература

1. Лисейкин, В.Д. Разностные сетки: теория и приложения / В.Д. Лисейкин. - Новосибирск : Издательство Сибирского отделения Российской Академии Наук, 2014. - 253 с. - ISBN 978-5-7692-1364-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467910>
2. Методы ускорения газодинамических расчетов на неструктурированных сетках : монография / К.Н. Волков, Ю.Н. Дерюгин, В.Н. Емельянов и др. ; под ред. В.Н. Емельянова. - Москва : Физматлит, 2013. - 536 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1542-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275608>
3. Димитриенко, Ю.И. Метод ленточных адаптивных сеток для численного моделирования в газовой динамике / Ю.И. Димитриенко, В.П. Котенев, А.А. Захаров. - Москва : Физматлит, 2011. - 280 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1325-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457424>
4. Зализняк, В.Е. Теория и практика по вычислительной математике : учебное пособие / В.Е. Зализняк, Г.И. Щепановская ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 174 с. : табл. - ISBN 978-5-7638-2498-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229271>
5. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений: нежесткие задачи [Текст] / Э. Хайрер, С.П. Нерсетт, Г. Ваннер; Пер. с англ. И.А.Кульчицкий, С.С.Филиппова; Под ред. Филиппова. - М. : Мир, 1990. - 512 с. : ил. - ISBN 5-03-001179-X : 2.20. [ET3]

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Метод конечных разностей является основным методом исследования математических моделей, овладение им является важной частью овладения профессиональными навыками в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, вычислительной математики. Современные компьютеры позволяют при помощи таких тривиальных средств как явная схема Эйлера исследовать численно целый ряд классических моделей, которые в середине прошлого века казались трудными. Поэтому в настоящее время важнейшим профессиональным навыком становится способность корректно оценить результаты применения того или иного численного метода, и в зависимости от этой оценки предложить другие методы решения задачи, нивелирующие недостатки или просто уточняющие найденные ранее результаты. Поэтому во главу угла настоящего курса положено овладение методикой проведения численных экспериментов с дифференциальными уравнениями.

На первых лекционных занятиях будут изложены основные понятия метода конечных разностей в его применениях к ОДУ. Показано, что помимо собственно результатов вычислений крайне важно составить представление о характере сходимости метода и его устойчивости к ошибкам округления. Подобного рода суждения даются по

давно отработанной схеме, требующей овладения соответствующими терминологией.

Неотделимой частью курса являются практические задачи. Эти задачи призваны познакомить учащихся с практикой проведения численных экспериментов. При этом следует обращать особое внимание на:

1. выбор разностной схемы,
2. апостериорную оценку ошибки,
3. вклад ошибок округления.

Учащийся должен уметь квалифицировано объяснить, почему он выбрал ту или иную РС, что можно сказать о сходимости избранного метода априори и как ее можно оценить апостериори.

Усвоение теоретических вопросов тем 1 и 2 будет контролироваться 2-мя коллоквиумами.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

ФОС по дисциплине представлен в приложении к данной программе.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

доцент кафедры прикладной информатики
и теории вероятностей, д.ф.-м.н.

М.Д. Малых

доцент кафедры прикладной информатики
и теории вероятностей, к.ф.-м.н.

А.А. Белов

Директор направления
Заведующий кафедрой
прикладной информатики и теории вероятностей,
д.т.н., проф.

К.Е. Самуйлов

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Разностные методы дискретизации непрерывных математических моделей
(наименование дисциплины)

09.06.01 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
(код и наименование направления подготовки)

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»
(наименование профиля подготовки)

Исследователь. Преподаватель-исследователь.
Квалификация (степень) выпускника

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Разностные методы дискретизации непрерывных математических моделей

Направление: 09.06.01 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

шифр название

Код контр. компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)			Баллы темы	Баллы раздела
			Аудиторная работа		Самостоятельная работа		
			Выполнение ЛР	Колоквиумы			
УК-1; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-5; ПК-1	Численные эксперименты с ОДУ	Основные понятия теории конечных разностей в применении к ОДУ. Методика проведения численных экспериментов.	0	10	0	55	55
		Разностные схемы для начальной задачи	25		10		
		Разностные схемы для краевой задачи	5		5		
ПК-1	Численные эксперименты с УРЧП	Основные понятия теории конечных разностей в применении к УРЧП. Методика проведения численных экспериментов.	0	10		45	45
		Квазилинейное уравнение переноса	5		5		
		Уравнения математической физики	15		10		
		Итого:	50	20	30	100	100

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций УК-1; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-5; ПК-1.

(в соответствии с ОС ВО РУДН)

УК-1 — способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

ОПК-1 — владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;

ОПК-2 – владеть культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-3 – способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;

ОПК-5 – способность объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях;

ПК-1 — способность самостоятельно проводить научные исследования в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, применять полученные результаты в научных исследованиях и других областях.

Примерный перечень оценочных средств

п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i>Аудиторная работа</i>			
1	Практическая работа	Система практических заданий, направленных на формирование практических навыков у обучающихся	Фонд практических заданий
2	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
<i>Самостоятельная работа</i>			
1	Подготовка отчетов по результатам выполнения практических работ	Форма проверки качества выполнения обучающимися практических работ в соответствии с утвержденной программой.	Фонд практических заданий по дисциплине
2	Типовой расчет	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения типового расчета

Балльно-рейтинговая система оценки уровня знаний

Сводная оценочная таблица дисциплины

Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)			Баллы темы	Баллы раздела
		Аудиторная работа		Самостоятельная работа		
		Выполнение ЛР	Колоквиумы	Типовой расчет		
Численные эксперименты с ОДУ	Основные понятия теории конечных разностей в применении к ОДУ. Методика проведения численных экспериментов.	0	10	0	55	55
	Разностные схемы для начальной задачи	25		10		
	Разностные схемы для краевой задачи	5		5		
Численные эксперименты с УРЧП	Основные понятия теории конечных разностей в применении к УРЧП. Методика проведения численных экспериментов.	0	10		45	45
	Квазилинейное уравнение переноса	5		5		
	Уравнения математической физики	15		10		
	Итого:	50	20	30	100	100

Таблица соответствия баллов и оценок

Баллы БРС	Традиционные оценки РФ	Оценки ECTS
95 - 100	5	A
86 - 94		B
69 - 85	4	C
61 - 68	3	D
51 - 60		E
31 - 50	2	FX
0 - 30		F
51-100	Зачет	Passed

Правила применения БРС

1. Раздел (тема) учебной дисциплины считаются освоенными, если обучающийся набрал более 50 % от возможного числа баллов по этому

- разделу (теме).
2. Обучающийся не может быть аттестован по дисциплине, если он не освоил все темы и разделы дисциплины, указанные в сводной оценочной таблице дисциплины.
 3. По решению преподавателя и с согласия обучающегося, не освоивших отдельные разделы (темы) изучаемой дисциплины, в течение учебного семестра могут быть повторно проведены мероприятия текущего контроля успеваемости или выданы дополнительные учебные задания по этим темам или разделам. При этом обучающимся за данную работу засчитывается минимально возможный положительный балл (51 % от максимального балла).
 4. При выполнении обучающимся дополнительных учебных заданий или повторного прохождения мероприятий текущего контроля полученные им баллы засчитываются за конкретные темы. Итоговая сумма баллов не может превышать максимального количества баллов, установленного по данным темам (в соответствии с приказом Ректора № 564 от 20.06.2013). По решению преподавателя предыдущие баллы, полученные обучающимся по учебным заданиям, могут быть аннулированы.
 5. График проведения мероприятий текущего контроля успеваемости формируется в соответствии с календарным планом курса. Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
 6. Время, которое отводится обучающемуся на выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости, устанавливается преподавателем. По завершение отведенного времени обучающийся должен сдать работу преподавателю, вне зависимости от того, завершена она или нет.
 7. Использование источников (в том числе конспектов лекций и практических работ) во время выполнения контрольных мероприятий возможно только с разрешения преподавателя.
 8. Отсрочка в прохождении мероприятий текущего контроля успеваемости считается уважительной только в случае болезни аспиранта, что подтверждается наличием у него медицинской справки, заверенной круглой печатью в поликлинике № 25, предоставляемой преподавателю не позднее двух недель после выздоровления. В этом случае выполнение контрольных мероприятий осуществляется после выздоровления аспиранта в срок, назначенный преподавателем. В противном случае, отсутствие аспиранта на контрольном мероприятии признается не уважительным.
 9. Аспирант допускается к итоговому контролю знаний с любым количеством баллов, набранных в семестре.
 10. Итоговый контроль знаний оценивается из 40 баллов независимо от числа баллов за семестр.
 11. Если в итоге за семестр аспирант получил менее 51 балла, то аспиранту разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов путем повторного однократного выполнения предусмотренных контрольных мероприятий, при этом по усмотрению преподавателя аннулируются соответствующие предыдущие результаты. Ликвидация задолженностей проводится в период теоретического обучения в сроки по согласованию с деканатом.

Критерии оценки по дисциплине

95-100 баллов:

- полное и своевременное выполнение на высоком уровне практических работ с оформлением отчетов, успешное прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- безупречное владение программным обеспечением, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать поставленные задачи;
- полная самостоятельность и творческий подход при изложении материала по программе дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины и преподавателем.

86- 94 балла:

- полное и своевременное выполнение на хорошем уровне практических работ с оформлением отчетов, успешное прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- хорошее владение программным обеспечением, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать поставленные задачи в нестандартных производственных ситуациях;
- усвоение основной и дополнительной литературы, нормативных и законодательных актов, рекомендованных программой дисциплины и преподавателем.

69-85 баллов:

- своевременное выполнение на хорошем уровне практических работ с оформлением отчетов, прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса, защита проекта с существенными замечаниями;
- хороший уровень культуры исполнения практических работ;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- владение программным обеспечением, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- усвоение основной литературы;

51-68 баллов:

- выполнение на удовлетворительном уровне практических работ с оформлением отчетов, прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- удовлетворительное владение программным обеспечением, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- удовлетворительное усвоение основной литературы;

31 - 50 баллов – НЕ ЗАЧТЕНО:

- не выполнение, несвоевременное выполнение или выполнение на неудовлетворительном уровне практических работ, не прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса;
- недостаточно полный объем навыков и компетенции в рамках программы дисциплины;
- неумение использовать в практической деятельности научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными стилистическими и логическими ошибками;
- слабое владение программным обеспечением по разделам программы дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) производственных задач;
- способность решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- удовлетворительное усвоение основной литературы;

0-30 баллов, НЕ ЗАЧТЕНО:

- отсутствие умений, навыков, знаний и компетенции в рамках программы дисциплины;
- невыполнение практических заданий, не прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса; отказ от ответов по программе дисциплины;
- игнорирование занятий по дисциплине по неуважительной причине.

Коллоквиумы

Усвоение теоретических вопросов темы 1 и 2 контролируется путем проведения коллоквиума. Ответы на вопросы рекомендуется иллюстрировать примерами, вынесенными на практические работы.

Перечень вопросов по теме 1.

1. Сетка. Простейшие разностные формулы: дифференцирование (односторонняя и симметричная производные), интегрирование (формулы средних и трапеций). Точность этих формул. Разложение ошибки в ряд по степеням шага. Порядок точности.
2. Квазиравномерные сетки. Априорная адаптация сеток под задачу. Примеры.
3. Многосеточные расчеты, метод Ричардсона. Апостериорная оценка точности, рекуррентное уточнение.
4. Физический смысл, примеры задач. Понятие жесткости, классификация задач по жесткости, примеры.
5. Простейшие схемы: явная схема Эйлера, обратная схема Эйлера, неявная схема Розенброка. Погрешность этих схем, порядок точности. Алгоритм расчета.
6. Монотонность. Анализ монотонности простейших схем на примере задачи о радиоактивном распаде. Классификация устойчивости.
7. Схемы Рунге-Кутты (РК). Общий вид. Явные, диагонально-неявные, чисто неявные схемы. Интерполяционность. Оптимальные коэффициенты. Порядок точности, пороги Бутчера. Устойчивость.
8. Схемы Розенброка с комплексным коэффициентом (1 и 2 стадии). Порядок точности. Устойчивость.
9. Оптимальные обратные схемы РК. Порядок точности. Устойчивость.
10. Консервативность. Примеры законов сохранения, их выполнение в различных схемах.
11. Многосеточные расчеты, метод Ричардсона.
12. Автоматический выбор шага. Структура решения жесткой задачи. Длина дуги интегральной кривой. Геометрически адаптивные сетки; алгоритм расчетов с гарантированной точностью; расчеты жестких задач явными схемами.
13. Локальное сгущение и вложенные схемы. Границы применимости, достоинства и недостатки.
14. Плохая обусловленность. Ошибки округления. Границы применимости сеточных методов.
15. Выбор схем для прикладных задач.
16. Краевые задачи. Сеточный метод.

Перечень вопросов по теме 2.

1. Составление РС для УРЧП. Типы сеток: прямоугольная, неортогональная структурированная, неструктурированная. Метод разностной аппроксимации. Интегро-интерполяционный метод.
2. Основные понятия теории РС. Аппроксимация. Устойчивость; классификация. Устойчивость по начальным данным, метод гармоник. Устойчивость по правой части. Сходимость. Теоремы о сходимости (теоремы Рябенского-Филиппова). Консервативность. Монотонность.
3. УРЧП 1-го порядка. Линейное уравнение переноса. Схемы бегущего счета. Их

- аппроксимация и устойчивость. Монотонность, теорема Годунова.
4. Квазилинейное уравнение переноса: вид решения, характеристики (на примере уравнения Бюргерса). Сильные и слабые разрывы. Дивергентная форма уравнения, условие на разрыве. Консервативные однородные схемы.
 5. Параболическое уравнение. Линейная одномерная задача: вид решения (в частных случаях) и некоторые его свойства (разглаживание разрывов, парадокс бесконечной теплопроводности).
 6. Параболическое уравнение. Метод прямых: явная схема, чисто неявная схема, схема «с полусуммой», схема Розенброка с комплексным коэффициентом. Аппроксимация и устойчивость этих схем.
 7. Квазилинейное уравнение теплопроводности. Волна Самарского-Соболя. Итерационные схемы.
 8. Линейные многомерные задачи для уравнения теплопроводности. Структура СЛАУ относительно решения на новом слое. Эволюционная факторизация, ее аппроксимация и устойчивость.
 9. Краевая задача для уравнения Пуассона. Счёт на установление. Оптимальный шаг. Логарифмический набор шагов.
 10. Метод сопряжённых направлений.
 11. Гиперболические уравнения. Трёхслойные схемы: схема «крест», неявная схема. Их аппроксимация и устойчивость.
 12. Гиперболические уравнения. Двухслойные схемы. Вывод схемы. Метод прямых: явная схема, чисто неявная схема, схема «с полусуммой», схема Розенброка с комплексным коэффициентом. Аппроксимация и устойчивость этих схем.

Комплект разноуровневых задач (заданий)

1. Задания репродуктивного уровня

В качестве заданий репродуктивного уровня предлагаются задачи на типовые расчеты.

1. Составить разностную схему для начальной задачи для ОДУ
2. Составить разностную схему для краевой задачи для ОДУ
3. Составить разностную схему для уравнения переноса
4. Составить разностную схему для краевой задачи для уравнения Лапласа в прямоугольнике
5. Составить разностную схему для начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности в прямоугольнике

При постановке задаче будет уточняться, какую именно схему требуется составить.

2. Задания реконструктивного уровня

В качестве заданий реконструктивного уровня предполагаются практические задания. Вычисления рекомендуется проводить в системе Sagemath.

Практическая работа № 1.

Сравнение априорной и апостериорных ошибок, возникающих при решении начальной задачи по явной схеме Эйлера.

Для уравнения Риккати составить явную схему Эйлера, выписать из лекций априорную оценку для ошибки и сравнить ее с апостериорной.

Практическая работа № 2.

Численные эксперименты с моделью Хищник-Жерта.

Составить начальную задачу, описывающую модель Х.-Ж. Сравнить результатов, которые получаются при помощи схем Эйлера, Рунге-Кутты и CROS.

Практическая работа № 3.

Численные эксперименты с моделью связанных маятников.

Составить начальную задачу, описывающую колебания связанных маятников в рамках линейной модели. Записать закон сохранения полной механической энергии. Убедиться в том, что в численных экспериментах, основанных на явной схеме Эйлера, энергия монотонно убывает. Убедится в том, что в экспериментах со схемой средней точки энергия сохраняется.

Практическая работа № 4.

Численные эксперименты с моделью химической кинетики, пример Робертсона.

Убедится в том, что эта модель является жесткой.

Практическая работа № 5.

Численные эксперименты с ограниченной задачей двух тел.

Применить к задаче несколько методов. Посмотреть, что получается вместо замкнутой траектории.

Практическая работа № 6.

Численные эксперименты с задачей о провисание цепи.

Практическая работа № 7.

Численные эксперименты с квазилинейным уравнением переноса.

Практическая работа № 8.

Численные эксперименты с уравнением Лапласа в прямоугольнике.

Практическая работа № 9.

Численные эксперименты с уравнением теплопроводности на отрезке.

Практическая работа № 10.

Численные эксперименты с уравнением колебаний на отрезке.

Методические указания и шкала оценок.

Порядок выполнения практической работы заключается в следующем:

- Ознакомиться с разделами методических указаний к практической работе.
- Выполнить задания по практической работе.
- Составить отчёт.

Отчёт должен содержать следующие элементы:

- Титульный лист с указанием номера практической работы и ФИО обучающегося
- Формулировка задания работы.
- Описание результатов выполнения задания:
 - скриншоты (снимки экрана), фиксирующие выполнение практической работы;
- Выводы, согласованные с заданием работы.
- Ответы на контрольные вопросы.

Критерии оценки выполнения домашних заданий и заданий по практическим работам

Оценивается полнота выполнения работы, оформление результатов, полнота ответов на контрольные вопросы, если это предусмотрено заданием.