



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

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель программы аспирантуры
1.1.6. «Вычислительная математика»

Алексеев Г.В.

« 28 » июня 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента
Математического и компьютерного
моделирования

Сущенко А.А.

« 28 » июня 2022 г..

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Метод конечных разностей

1.1.6. «Вычислительная математика» (физико-математические науки)

курс 2 семестр 1

лекционные занятия 8 час. / з.е.

практические занятия 10 час. / з.е.

с использованием МАО лек. /пр. 10 /лаб. час.

всего часов контактной работы 18 час.

в том числе с использованием МАО час., в электронной форме час.

самостоятельная работа 54 час.

зачет 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 1.1.6. «Вычислительная математика» .

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента математического и компьютерного моделирования , протокол № 20 от « 20 » июня 20 22 г.

Директор департамента Сущенко А.А.

Составители: Алексеев Г.В., Максимов П.А.

I. Рабочая программа актуализирована на заседании департамента:

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

Директор департамента математического и компьютерного моделирования

(подпись)

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа актуализирована на заседании департамента:

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

Директор департамента математического и компьютерного моделирования

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Метод конечных разностей» предназначена для аспирантов, обучающихся по программе аспирантуры 1.1.6. «Вычислительная математика» (физико-математические науки).

Трудоемкость – 2 з.е. (72 часа). Дисциплина включает в себя 8 часов лекций, 10 часов практических занятий и 54 часов самостоятельной работы. Обучение осуществляется в 3 семестре. Формы промежуточной аттестации: зачет (3 семестр).

Целью дисциплины является изучение основного численного метода нахождения приближенных решений начально-краевых задач математической физики - метода конечных разностей (или метода сеток).

Задачи дисциплины:

1. развить у аспирантов целостное представление об основных принципах применения численных методов для решения краевых задач математической физики и, в том числе, краевых задач гидродинамики;

2. обобщить знания о классических разностных схемах, аппроксимирующих уравнение переноса, уравнение теплопроводности, волновое уравнение и уравнение Пуассона;

3. научить аспирантов качественному анализу свойств разностных схем: определению порядка аппроксимации и исследованию их устойчивости методом гармоник или энергетическим методом;

4. научить аспирантов методам решения систем разностных уравнений, возникающих при дискретизации краевых задач математической физики.

Для успешного изучения дисциплины «Метод конечных разностей» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способностью к абстрактному мышлению, анализу и синтезу
- способностью создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках
- готовностью к саморазвитию, самореализацию, использованию творческого потенциала
- способностью находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие знания, умения и навыки:

Формулировка требования	Этапы формирования	
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает	современные методы исследования в области вычислительной математики и информационно-коммуникационные технологии
	Умеет	при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
	Владеет	Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
Способность разрабатывать численные модели для решения научных проблем и задач	Знает	теоретические основы численного моделирования, численные методы решения задач математической физики
	Умеет	анализировать математические модели
	Владеет	Способностью разрабатывать численные модели для решения научных проблем и задач
Способность углубленного анализа проблем корректности численных алгоритмов для решения задач математической физики	Знает	методы, используемые для анализа корректности численных алгоритмов для решения задач математической физики
	Умеет	создавать и анализировать численные математические модели, разрабатывать численные методы и алгоритмы решения задач математической физики
	Владеет	Способностью углубленного анализа проблем корректности численных алгоритмов для решения задач математической физики
Способность к анализу задач математической физики, построению и исследованию соответствующих математических моделей	Знает	теоретические основы и методы, используемые для анализа задач математической физики, построения и исследования соответствующих математических моделей
	Умеет	анализировать задачи математической физики, разрабатывать и исследовать соответствующие математические модели
	Владеет	Способностью к анализу задач математической физики, построению и исследованию соответствующих математических моделей

Для формирования вышеуказанных требований в рамках дисциплины «Метод конечных разностей» применяются следующие методы активного /

интерактивного обучения: мини-лекции с актуализацией изучаемого содержания, презентации с использованием доски, книг, видео, слайдов, компьютеров и т.п., с последующим обсуждением материалов, обратную связь с формированием общего представления об уровне владения знаниями аспирантов, актуальными для занятия, разминки с вопросами, ориентированными на выстраивание логической цепочки из полученных знаний (конструирование нового знания), коллективные решения творческих задач, которые требуют от аспирантов не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат большой или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов, работу в малых группах (дает всем аспирантам возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения).

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(8 час., в том числе 0 час. с использованием методов активного обучения)

Раздел 1. Основные модели математической гидродинамики, понятия метода конечных разностей (3 час.)

Тема 1. Сущность метода математического моделирования. Использование законов сохранения (1 час.)

Тема раскрывается с использованием интерактивной формы обучения - презентации с использованием доски и компьютера с последующим обсуждением материалов.

Тема 2. Основные модели гидродинамики (1 час.)

Тема 3. Сущность метода сеток. Погрешность аппроксимации дифференциального оператора. Разностная задача и разностная схема. (1 час.)

Раздел 2. Основные модели математической гидродинамики, понятия метода конечных разностей. (3 час.)

Тема 1. Постановка начально-краевой задачи для уравнения переноса. Свойства точного решения. Построение разностных схем. Реализация разностной схемы. Исследование устойчивости на основе принципа максимума (1 час.)

Тема раскрывается с использованием интерактивной формы обучения - мини-лекции с актуализацией изучаемого содержания.

Тема 2. Исследование устойчивости энергетическим методом. Исследование устойчивости методом гармоник. Явные и неявные схемы. Схемы повышенной точности. Классификация двухточечных разностных схем (1 час.)

Тема 3 Постановка начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности. Свойства точного решения. Построение разностных схем. Исследование устойчивости методом гармоник. Явные и неявные схемы. Схемы повышенной точности. Классификация двухслойных трехточечных разностных схем для уравнения теплопроводности (1 час.)

Раздел 3. Метод сеток дискретизации уравнения конвекции-диффузии, уравнения Пуассона (2 час.)

Тема 1. Постановка начально-краевой задачи для уравнения конвекции-диффузии. Свойства точного решения. Построение разностных схем. Реализация разностной схемы. Исследование устойчивости на основе принципа максимума (1 час.)

Тема 2. Исследование устойчивости энергетическим методом. Исследование устойчивости методом гармоник. Явные и неявные схемы. Схемы повышенной точности. Классификация трехточечных разностных схем (1 час.)

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(10 час., в том числе 0 час. с использованием методов активного обучения)

Занятие 1. Основные модели математической гидродинамики. (1 час)

Излагается схема применения МММ для изучения процессов движения жидкостей и смежных явлений.

Занятие проводится в интерактивной форме разминки с вопросами, ориентированными на выстраивание логической цепочки из полученных знаний (конструирование нового знания).

Занятие 2. Основные понятия метода конечных разностей и метода конечных элементов. (1 час)

Простейшие разностные аппроксимации первой и второй производной. Решение разностной схемы с трехдиагональной матрицей методом прогонки.

Занятие 3. Метод сеток дискретизации уравнения переноса. (2 час.)

Постановка задачи. Выбор разностной схемы. Исследование свойств разностной схемы. Программная реализация разностной схемы. Проведение вычислительных экспериментов. Анализ полученных результатов.

Занятие проводится в интерактивной форме - коллективное решение творческой задачи, которое требует от аспирантов не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат большой или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов.

Занятие 4. Метод сеток дискретизации уравнения теплопроводности. (2 час.)

Постановка задачи. Выбор разностной схемы. Исследование свойств разностной схемы. Программная реализация разностной схемы. Проведение вычислительных экспериментов. Анализ полученных результатов.

Занятие 5. Метод сеток дискретизации уравнения конвекции-диффузии. (2 час.)

Постановка задачи. Выбор разностной схемы. Исследование свойств разностной схемы. Программная реализация разностной схемы. Проведение вычислительных экспериментов. Анализ полученных результатов.

Занятие 6. Метод сеток дискретизации уравнения Пуассона. (2 час.)

Постановка задачи. Выбор разностной схемы. Исследование свойств разностной схемы. Программная реализация разностной схемы. Проведение вычислительных экспериментов. Анализ полученных результатов.

Занятие проводится в интерактивной форме работы в малых группах (дает всем аспирантам возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения).

Лабораторные работы (0/0 час.)

Курс не предусматривает лабораторных работ.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Метод конечных разностей» представлено в приложении 1 и включает в себя:

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Оценочные средства	
		текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Основные модели математической гидродинамики, понятия метода конечных разностей	УО-1 Собеседование; контрольная работа	Зачет, вопросы 1-13
2	Раздел 2. Метод сеток дискретизации уравнения переноса, уравнения теплопроводности	Собеседование; Контрольная работа	Зачет, вопросы 14-19
3	Раздел 3. Метод сеток дискретизации уравнения конвекции-диффузии, уравнения Пуассона	Собеседование; доклад	Зачет, вопросы 20-32

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Шевцов, Г.С. Численные методы линейной алгебры / Г.С. Шевцов, О.Г. Крюкова, Б.И. Мызникова. – СПб.: Лань. 2011. – 496с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1800
2. Калиткин, Н.Н. Численные методы: учеб. / Н.Н. Калиткин. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 586с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350803>
3. Бахвалов, Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.:Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 636с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4397

4. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации. Кн.1. / Ф.П. Васильев. – М.: МЦНМО, 2011. – 624с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=9304
5. Волков, К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. – М.: Физматлит, 2012. – 468с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59637

Дополнительная литература

1. Ольшанский, М.А. Лекции и упражнения по многосеточным методам / М.А. Ольшанский. – М.: Физматлит. 2005. – 168 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59391
2. Волков, Е.А. Численные методы / Е.А. Волков. –СПб.: Лань, 2008. –256с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=54
1. Колдаев, В.Г. Численные методы и программирование / В.Г. Колдаев. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. – 336с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=370603>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>
4. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>
5. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>
6. <http://window.edu.ru/resource/041/74041> Фаддев М.А., Марков К.А. Численные методы: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. - 158 с.
7. <http://window.edu.ru/resource/554/77554> Валов, А.В. Численные методы решения уравнений для инженеров: Учебное пособие / А.В. Валов. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. - 110 с.
8. <http://window.edu.ru/resource/218/77218> Семушин, И.В. Вычислительные методы алгебры и оценивания: учебное пособие / И.В. Семушин. - Ульяновск: УлГТУ, 2011. - 366 с.
9. <http://window.edu.ru/resource/673/76673> Репин С.И., Фролов М.Е. Математические методы в нелинейных задачах механики сплошных сред: Учебное пособие. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.
10. <http://window.edu.ru/resource/455/79455> Бояршинов Б. Приближенные и численные методы решения дифференциальных уравнений.
11. Интернет-курс <http://www.intuit.ru/studies/courses/10971/1116/info>

12. <http://window.edu.ru/resource/650/75650> Рейзлин В.И. Численные методы оптимизации: учебное пособие / В.И. Рейзлин; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 105 с.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1.	<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D945.</p> <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.</p>
2.	<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D549.</p> <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18.</p> <p>Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07,</p> <p>Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</p> <p>ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018.</p> <p>AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2</p> <p>Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</p>
3.	MS Teams	

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина изучается в следующих организационных формах: лекции, практические занятия и самостоятельная работа аспиранта. Аспирант должен планировать график самостоятельной работы по дисциплине и придерживаться его.

Основной формой самостоятельной работы аспиранта является выполнение проекта, а также подготовка докладов для практических занятий.

К практическим занятиям следует готовиться. Для этого необходимо знать программу курса и рекомендованную литературу. Необходимо повторить основные разделы таких курсов, как «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики», чтобы осваивать новый материал более эффективно. Аспиранту необходимо активно участвовать в дискуссиях, не бояться задавать вопросы преподавателю и другим участникам.

Контроль за выполнением самостоятельной работы аспиранта производится в виде контроля каждого этапа работы, отраженного в документации, и защиты проекта.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D945. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D549. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18. Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team

	<p>консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Licensing Subscribtion Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07,</p> <p>Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</p> <p>ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018.</p> <p>AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2</p> <p>Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</p>
3.	MS Teams	



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

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Метод конечных разностей»

1.1.6. «Вычислительная математика»

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

3 семестр

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Виды СРС	Всего часов	Форма контроля
1.	1-5 неделя обучения	Изучение теоретического материала темы 1 по лекциям, решение задач ПЗ-1	18	Собеседование
2.	6-11 неделя обучения	Изучение теоретического материала темы 2 по лекциям, решение задач ПЗ-2-3	18	Собеседование
3.	12-17 неделя обучения	Изучение теоретического материала темы 3 по лекциям, решение задач ПЗ-4	18	Собеседование
4.		ВСЕГО	54	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Рекомендации по работе с литературой

Для более эффективного освоения и усвоения материала рекомендуется ознакомиться с теоретическим материалом по той или иной теме до проведения практического занятия. Всю учебную литературу желательно изучать «под конспект».

Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала.

Работу с теоретическим материалом по теме можно проводить по следующей схеме:

- название темы;
- цели и задачи изучения темы;
- основные вопросы темы;
- характеристика основных понятий и определений, необходимых для усвоения данной темы;
- краткие выводы, ориентирующие на определенную совокупность сведений, основных идей, ключевых положений, систему доказательств, которые необходимо усвоить.

При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении консультаций, либо в индивидуальном порядке.

Методические указания по подготовке к практическим занятиям

Подготовку к каждому практическому занятию каждый студент должен начать с изучения теоретического материала и ознакомления с планом, который отражает содержание предложенной темы. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы по теме задания, правильном выполнении лабораторной работы.

В процессе практического занятия студент должен создать требуемый документ с помощью предлагаемого программного средства и выполнить требуемые в задании операции, либо подготовить к дискуссии теоретический материал по предложенной теме.



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

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Метод конечных разностей»
1.1.6. «Вычислительная математика»

Паспорт ФОС

Формулировка требований	Этапы формирования	
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Знает	методы исследования процессов и явлений, составляющих содержание прикладной математики и информатики.
	Умеет	анализировать математические модели, работать в электронно-библиотечных системах
	Владеет	методами исследования прикладной математики и информатики, современными информационно-коммуникационными технологиями в области прикладной математики и информатики
Способность углубленного анализа проблем корректности задач для дифференциальных уравнений	Знает	методы, используемые для анализа корректности динамических систем и оптимального управления, методы решения некорректных задач
	Умеет	разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач, обобщенных краевых задач
	Владеет	современными методами решения некорректных задач оптимального управления динамическими системами, основами численных методов решения некорректных краевых задач
Способность к анализу задач оптимального управления и созданию алгоритмов их решения	Знает	теоретические основы и методы, используемые для построения динамических систем и оптимального управления, методы решения обобщенных краевых задач
	Умеет	создавать математические модели динамических систем и оптимального управления, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач
	Владеет	современными методами решения задач оптимального управления динамическими системами, основами численных методов решения краевых задач
Способность использовать современные методы обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий	Знает	стратегию применения программных продуктов для обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий
	Умеет	создавать и анализировать существующие численные алгоритмы решения дифференциальных уравнений, интерпретировать полученные результаты с применением компьютерных технологий
	Владеет	навыками применения современных программных продуктов для обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий

Способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	Знает	требования оформления результатов своих исследований и представления их в виде научных публикаций и презентаций
	Умеет	профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций
	Владеет	навыками изложения обладающих внутренним единством результатов своих исследований и представления их в виде научных публикаций и презентаций

3 семестр				
№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Этапы формирования требований	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Основные модели математической гидродинамики, понятия метода конечных разностей	Знает	Собеседование; контрольная работа	Зачет, вопросы 1-13
2	Раздел 2. Метод сеток дискретизации уравнения переноса, уравнения теплопроводности	Знает Умеет Владеет	Собеседование; Контрольная работа	Зачет, вопросы 14-19
3	Раздел 3. Метод сеток дискретизации уравнения конвекции-диффузии, уравнения Пуассона	Умеет Владеет	Собеседование; доклад	Зачет, вопросы 20-32

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Формулировка требований	Этапы формирования		критерии	показатели
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	знает (пороговый уровень)	методы исследования процессов и явлений, составляющих содержание фундаментальной и прикладной математики	владение методами исследования процессов и явлений, составляющих содержание фундаментальной и прикладной математики	способность владения методами исследования процессов и явлений, составляющих содержание фундаментальной и прикладной математики
	умеет (продвинутый)	анализировать математические модели; работать в электронно-библиотечных системах	умение анализировать математические модели; работать в электронно-библиотечных системах	способность анализировать математические модели; работать в электронно-библиотечных системах
	владеет (высокий)	методами исследования фундаментальной и прикладной математики; современным и информационными технологиями в области математики и механики	успешное и систематическое применение методов исследования фундаментальной и прикладной математики; современных информационно-коммуникационными технологиями в области математики и механики	способность применения методов исследования фундаментальной и прикладной математики; современных информационно-коммуникационными технологиями в области математики и механики
Способность разрабатывать непрерывные математические модели решаемых научных проблем и задач	знает (пороговый уровень)	теоретические основы и методы решения дифференциальных уравнений, методы решения	владение теоретическими основами и методами решения дифференциальных уравнений и обобщенных краевых задач	способность владения теоретическими основами и методами решения дифференциальных уравнений и обобщенных краевых задач

		обобщенных краевых задач		
	умеет (продвинутый)	создавать и анализировать непрерывные математические модели, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач	умение создавать непрерывные математические модели, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач	способность создавать непрерывные математические модели, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач
	владеет (высокий)	современным и методами решения дифференциальных уравнений, основами численных методов решения краевых задач	успешное и систематическое применение методов решения дифференциальных уравнений, основных численных методов решения краевых задач	способность применения методов решения дифференциальных уравнений, основных численных методов решения краевых задач
Способность углубленного анализа проблем корректности задач для дифференциальных уравнений	знает (пороговый уровень)	методы, используемые для анализа корректности динамических систем и оптимального управления, методы решения некорректных задач	владение методами исследования корректности задач оптимального управления, методах решения некорректных задач	способность владения методами исследования корректности задач оптимального управления, методах решения некорректных задач
	умеет (продвинутый)	разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач, обобщенных краевых задач	умение разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач, обобщенных краевых задач	способность разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач, обобщенных краевых задач

	владеет (высокий)	современным и методами решения некорректных задач оптимального управления динамическими системами, основами численных методов решения некорректных краевых задач	успешное и систематическое применение методов решения некорректных задач оптимального управления динамическими системами, численных методов решения некорректных краевых задач	способность применения методов решения некорректных задач оптимального управления динамическими системами, численных методов решения некорректных краевых задач
Способность к анализу задач оптимального управления и созданию алгоритмов их решения	знает (пороговый уровень)	теоретические основы и методы, используемые для построения динамических систем и оптимального управления, методы решения обобщенных краевых задач	владение теоретическими основами и методами построения динамических систем и оптимального управления, методами решения обобщенных краевых задач	способность владения теоретическими основами и методами построения динамических систем и оптимального управления, методами решения обобщенных краевых задач
	умеет (продвинутый)	создавать математические модели динамических систем и оптимального управления, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач	умение создавать математические модели динамических систем и оптимального управления, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач	способность создавать математические модели динамических систем и оптимального управления, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач
	владеет (высокий)	современным и методами решения задач оптимального управления динамическими	успешное и систематическое применение методов решения задач оптимального управления динамическими системами,	способность применения методов решения задач оптимального управления динамическими системами, численных

		системами, основами численных методов решения краевых задач	численных методов решения краевых задач	методов решения краевых задач
Способность использовать современные методы обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий	знает (пороговый уровень)	стратегию применения программных продуктов для обработки и интерпретации и данных с применением компьютерных технологий	владение стратегиями применения методов обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий	способность владения стратегиями применения методов обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий
	умеет (продвинутый)	создавать и анализировать существующие численные алгоритмы решения дифференциальных уравнений, интерпретировать полученные результаты с применением компьютерных технологий	умение создавать и анализировать существующие численные алгоритмы решения дифференциальных уравнений, интерпретировать полученные результаты с применением компьютерных технологий	способность создавать и анализировать существующие численные алгоритмы решения дифференциальных уравнений, интерпретировать полученные результаты с применением компьютерных технологий
	владеет (высокий)	навыками применения современных программных продуктов для обработки и интерпретации и данных с применением компьютерных технологий	успешное и систематическое владение современными программными продуктами для обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий	способность владения современными программными продуктами для обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий
Способность профессионально излагать результаты своих исследований и	знает (пороговый уровень)	требования оформления результатов своих исследований	владение навыками оформления результатов своих исследований и представления их в	способность оформления результатов своих исследований и представления их в

представлять их в виде научных публикаций и презентаций		и представлены их в виде научных публикаций и презентаций	виде научных публикаций и презентаций	виде научных публикаций и презентаций
	умеет (продвинутой)	профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	профессиональное умение излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	способность излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций
	владеет (высокий)	навыками изложения обладающих внутренним единством результатов своих исследований и представлены их в виде научных публикаций и презентаций	успешное и систематическое владение навыками изложения обладающих внутренним единством результатов своих исследований и представления их в виде научных публикаций и презентаций	способность владения навыками изложения обладающих внутренним единством результатов своих исследований и представления их в виде научных публикаций и презентаций

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы для подготовки к зачёту

по дисциплине «Метод конечных разностей»

1. Сущность метода математического моделирования.
2. Использование законов сохранения.
3. Основные модели гидродинамики.
4. Сущность метода сеток. Погрешность аппроксимации дифференциального оператора.
5. Разностная задача и разностная схема.

6. Постановка начально-краевой задачи для уравнения переноса. Свойства точного решения.
7. Построение разностных схем.
8. Реализация разностной схемы. Исследование устойчивости на основе принципа максимума.
9. Исследование устойчивости энергетическим методом.
10. Исследование устойчивости методом гармоник.
11. Явные и неявные схемы.
12. Схемы повышенной точности.
13. Классификация двухточечных разностных схем.
14. Постановка начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности. Свойства точного решения.
15. Построение разностных схем.
16. Исследование устойчивости методом гармоник.
17. Явные и неявные схемы.
18. Схемы повышенной точности.
19. Классификация двухслойных трехточечных разностных схем для уравнения теплопроводности.
20. Постановка начально-краевой задачи для уравнения конвекции-диффузии. Свойства точного решения.
21. Построение разностных схем.
22. Реализация разностной схемы.
23. Исследование устойчивости на основе принципа максимума.
24. Исследование устойчивости энергетическим методом.
25. Исследование устойчивости методом гармоник.
26. Явные и неявные схемы.
27. Схемы повышенной точности.
28. Классификация трехточечных разностных схем .
29. Употребительные разностные схемы для уравнения Пуассона.
30. Аппроксимация краевой задачи.

31. Исследование устойчивости решения задачи Дирихле методом априорных оценок.

32. Схемы повышенной точности.

Оценочные средства для текущего контроля

Темы рефератов, докладов, сообщений

по дисциплине «Метод конечных разностей»

1. Сущность метода сеток дискретизации обыкновенных дифференциальных уравнений. Сущность интегро-интерполяционного метода. Метод Эйлера.

2. Метод Эйлера с пересчетом или метод Рунге–Кутты второго порядка точности.

3. Формулы разностного дифференцирования произведения и суммирования по частям.

4. Разностные формулы Грина.

5. Сеточная задача на собственные значения.

6. Сеточное преобразование Фурье.

7. Обыкновенное дифференциальное уравнение 1-го порядка. Суть интегро-интерполяционного метода. Двухточечные разностные схемы. Трехточечные разностные схемы.

8. Трехслойная разностная схема для одномерного волнового уравнения. Постановка задачи. Построение разностной схемы.

9. Исследование устойчивости разностных схем.

10. Некоторые методы решения сеточных уравнений.

11. Метод прогонки решения систем с трехдиагональной матрицей.

12. Метод разделения переменных решения разностных задач.

Вопросы для коллоквиумов

по дисциплине «Метод конечных разностей»

РАЗДЕЛ 1. Основные модели математической гидродинамики, понятия метода конечных разностей.

1. Сущность метода математического моделирования.
2. Использование законов сохранения.
3. Сущность метода сеток.
4. Погрешность аппроксимации дифференциального оператора.
5. Разностная задача и разностная схема.

РАЗДЕЛ 2. Метод сеток дискретизации уравнения переноса, уравнения теплопроводности.

1. Постановка начально-краевой задачи для уравнения переноса. Свойства точного решения. Построение разностных схем.
2. Реализация разностной схемы.
3. Исследование устойчивости на основе принципа максимума.
4. Исследование устойчивости энергетическим методом.
5. Исследование устойчивости методом гармоник.
6. Явные и неявные схемы.
7. Схемы повышенной точности.
8. Классификация двухточечных разностных схем.
9. Постановка начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности.
10. Классификация двухслойных трехточечных разностных схем для уравнения теплопроводности.

РАЗДЕЛ 3. Метод сеток дискретизации уравнения конвекции-диффузии, уравнения Пуассона.

1. Постановка начально-краевой задачи для уравнения конвекции-диффузии. Свойства точного решения.
2. Построение разностных схем. Реализация разностной схемы.
3. Исследование устойчивости на основе принципа максимума.
4. Исследование устойчивости энергетическим методом.
5. Исследование устойчивости методом гармоник.
6. Явные и неявные схемы. Схемы повышенной точности.

7. Классификация трехточечных разностных схем.
8. Употребительные разностные схемы для уравнения Пуассона.
9. Аппроксимация краевой задачи.
10. Исследование устойчивости решения задачи Дирихле методом априорных оценок.
11. Схемы повышенной точности.