

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИВМ РАН)**

Утверждаю:
Директор ИВМ РАН
_____ Е.Е.Тыртышников
«__» _____ 202__ г.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине: Семинар «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

специальность: 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

курс: 1,2,3 (аспирантура)

семестры: осенний - весенний Зачет: 1,2,3,4,5,6 семестр

Трудоёмкость в зач. ед.: вариативная – 8,25 зач. ед

в т.ч.:

лекции: нет

практические (семинарские) занятия: вариативная часть - 108 часов

лабораторные занятия: вариативная часть - 0 часов

самостоятельная работа: вариативная часть – 126 часов

контроль: вариативная часть – 63 часа

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ 171

Программу составил д.ф.-м.н. проф. Пармузин Евгений Иванович

Программа обсуждена на заседании ученого совета ИВМ РАН

«__» _____ 202__ г.

Ученый секретарь ИВМ РАН

Шутяев В.П.

ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ.

Вариативная часть, в т.ч. :	<u>8,25</u> зач. ед.
Лекции	__-__ часов
Практические занятия	<u>108</u> часов
Лабораторные работы	__-__ часов
Индивидуальные занятия с преподавателем	__-__ часов
Самостоятельные занятия	<u>126</u> часов
Контроль	<u>63</u> часа
ВСЕГО	8,25 зач. ед.

В конце каждого семестра (1,2,3,4,5,6) проводится зачет.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель курса - подготовка к сдаче кандидатского экзамена по специальности, а также освоение аспирантами фундаментальных и практических знаний в области математического моделирования, изучение численных методов, а также областей их практического применения. Занятия проводятся в виде семинаров, на которых аспиранты докладывают аудитории новые методы или результаты, изложенные в изученных ими опубликованных научных работах или разработанные ими самостоятельно под руководством научного руководителя.

Задачами данного курса являются:

- формирование практических знаний в области математического моделирования и современных вычислительных технологий;
- обучение аспирантов современным численным методам и ознакомление с их приложениями;
- обучение аспирантов современному стилю презентации информации, ведению преподавательской деятельности в виде лекций и семинаров;
- формирование подходов к выполнению исследований аспирантов по математическому моделированию и вычислительной математике в рамках квалификационных работ на степень кандидата физико-математических наук.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «**Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**» направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальности.

Дисциплина «**Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**» базируется на материалах курсов бакалавриата: базовая и вариативная часть кода УЦ ООП Б.2 (математический естественнонаучный блок) по дисциплинам «Высшая математика» (математический анализ, высшая алгебра, дифференциальные уравнения и методы математической физики) и региональной составляющей этого блока и относится к профессиональному циклу.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

КОНКРЕТНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» обучающийся должен сформировать конкретные знания, умения и навыки:

1. Знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы вычислительной математики;
- современные численные методы;
- постановку проблем моделирования физических процессов;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

2. Уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- работать на современном компьютерном оборудовании;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических и физических данных и понятий;
- представлять полученные знания аудитории;
- разрабатывать практикумы для студентов;

3. Владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов численного эксперимента;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы на современном компьютерном оборудовании;
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура преподавания дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам

№ темы и название	Количество часов
1. Формулировка задач и расчетные сетки	12
2. Метод конечных разностей для уравнения диффузии	12
3. Метод конечных элементов для уравнения диффузии	12
4. Метод конечных объемов для уравнения диффузии	12
5. Проверка сходимости численного метода на аналитическом решении	12

6. Изучение сходимости итерационных методов с переобуславливателями	12
7. Численное решение задачи о точечном источнике	12
8. Формулировка нестационарных задач	12
9. Дискретизация по времени	12
10. Дискретизация по пространству	12
11. Численное интегрирование с помощью квадратурных формул Гаусса-Чебышева	12
12. Численное решение нестационарной задачи	12
13. Построение аналитических решений	12
14. Исследование сходимости на негладких решениях	12
15. Методология подготовки научного доклада	20
16. Методология разработки компьютерного практикума	14
17. Методология проведения учебного семинара	14
ВСЕГО (часов)	216 час.

ВИД ЗАНЯТИЙ
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№ темы и название	Количество часов
1. Формулировка задач и расчетные сетки	6
2. Метод конечных разностей для уравнения диффузии	6
3. Метод конечных элементов для уравнения диффузии	6
4. Метод конечных объемов для уравнения диффузии	6
5. Проверка сходимости численного метода на аналитическом решении	6
6. Изучение сходимости итерационных методов с переобуславливателями	6
7. Численное решение задачи о точечном источнике	6
8. Формулировка нестационарных задач	6
9. Дискретизация по времени	6
10. Дискретизация по пространству	6
11. Численное интегрирование с помощью квадратурных формул Гаусса-Чебышева	6
12. Численное решение нестационарной задачи	6
13. Построение аналитических решений	6
14. Исследование сходимости на негладких решениях	6
15. Методология подготовки научного доклада	10
16. Методология разработки компьютерного практикума	7

17. Методология проведения учебного семинара	7
ВСЕГО(зач. ед.(часов))	108 час.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1.	- решение задач по заданию (индивидуальному где требуется) преподавателя – решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий и сдаются в конце семестра, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные.	87
2.	- подготовка научного доклада для представления аудитории	21
3.	Подготовка к зачетам	18
ВСЕГО (часов)		126 час

Содержание дисциплины

Развёрнутые темы и вопросы по разделам

№ п/п	Название модулей	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание	Объем	
				Аудиторная работа (зачетные единицы/часы)	Самостоятельная работа (зачетные единицы/часы)
1	Численное решение	Формулировка задач и расчетные сетки	Формулировка задач стационарной диффузии, граничных условий, описание используемых расчетных сеток.	6	6
2	стационарного уравнения диффузии	Метод конечных разностей для уравнения диффузии	Описание метода конечных разностей для стационарного уравнения диффузии на прямоугольных сетках. Шаблон матрицы жесткости. Особенности метода.	6	6
3		Метод конечных элементов для уравнения диффузии	Описание метода конечных элементов для стационарного уравнения диффузии на прямоугольных сетках. Набор базисных функций. Шаблон матрицы жесткости. Особенности метода.	6	6

4		Метод конечных объемов для уравнения диффузии	Описание метода конечных объемов для стационарного уравнения диффузии на прямоугольных сетках. Шаблон матрицы жесткости. Особенности метода.	6	6
5		Проверка сходимости численного метода на аналитическом решении	Вид аналитического решения. Методы вычисления C и L_2 норм ошибок.	6	6
6		Изучение сходимости итерационных методов с переобуславливателями	Решение систем линейных уравнений. Итерационные методы решения систем линейных уравнений. Переобуславливатели ILU(k), MILU, ILUT.	6	6
7		Численное решение задачи о точечном источнике	Представление дельта-функции в виде непрерывной кусочно-линейной и кусочно-билинейной функций. Изучение сходимости.	6	6
8	Численное решение нестационарного уравнения конвекции-диффузии	Формулировка нестационарных задач	Формулировка задач нестационарной диффузии-конвекции, граничных условий.	6	6
9		Дискретизация по времени	Дискретизация по времени. Явная схема. Неявная схема. Схема Кранка-Николсон.	6	6
10		Дискретизация по пространству	Дискретизация по пространству уравнения диффузии-конвекции. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Метод конечных объемов.	6	6
11		Численное интегрирование с помощью квадратурных формул Гаусса-Чебышева	Численное интегрирование с помощью квадратурных формул Гаусса-Чебышева	6	6
12		Численное решение нестационарной задачи	Численное решение нестационарной задачи диффузии-конвекции	6	6
13		Построение аналитических решений	Построение аналитических решений с помощью квадратур Гаусса-Чебышева.	6	6
14		Исследование сходимости на негладких решениях	Исследование сходимости разработанной схемы на негладких решениях нестационарной задачи диффузии-конвекции	6	6
15	Методологии научно-	Методология подготовки научного доклада	Методология подготовки научного доклада в виде устного доклада, статьи, элек-	10	10

	педаго-		тронной презентации		
16	гиче- ской дея- тельно- сти	Методология раз- работки компью- терного практи- кума	Методология разработки ком- пьютерного практикума	7	7
17		Методология про- ведения учебного семинара	Структурирование материала, представление его аудитории. Работа с аудиторией.	7	7

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии:

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	Практические занятия	Изложение теоретического материала	Получение теоретических знаний по дисциплине
2	Практические занятия	Разбор конкретных примеров применения численных методов	Осознание связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин
3	Практические занятия	Презентация аспирантами научных докладов	Практика подготовки научных докладов, работы с аудиторией
4	Самостоятельная работа аспиранта	Чтение учебной литературы	Повышение степени понимания материала

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ

Контрольно-измерительные материалы

Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета в 1-ом семестре:

1. Методы решения систем линейных уравнений с разреженными матрицами. Их практические достоинства и недостатки.
2. Для чего нужен переобуславливатель и как он работает в итерационных методах?
3. Принципы построения переобуславливателей класса $ILU(k)$.

Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета в 2-ом семестре:

4. Метод конечных разностей.
5. Метод конечных элементов.
6. Метод конечных объемов.
7. Алгоритмы приближенного интегрирования функции с помощью различных кубатурных формул.

Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета в 3-ом семестре:

8. Что такое сеточное число Пекле, и что оно характеризует?
9. Опишите известные схемы дискретизации по времени, их достоинства и недостатки.
10. Какие условия определяют необходимость введения регуляризации в схемах?

Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета в 4-ом семестре:

11. Опишите применение МКР для дискретизации уравнений конвекции-диффузии, теплопроводности.
12. Опишите применение МКЭ для дискретизации уравнений конвекции-диффузии, теплопроводности.
13. Опишите применение МКО для дискретизации уравнений конвекции-диффузии, теплопроводности.

Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета в 5-ом семестре:

С какими научными работами вы ознакомились, как они повлияли на вашу научно-исследовательскую работу?

Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета в 6-ом семестре:

Каковы основные результаты вашей научно-исследовательской деятельности? Какие численные методы вы использовали? Какие математические модели построены вами? Какие комплексы программ вы использовали? Какие комплексы программ вы разработали?

Кроме того, оценке подлежат научные доклады, представленные аспирантами на семинаре.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер.

Обеспечение самостоятельной работы — электронная библиотека ИВМ РАН.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Василевский Ю., Капырин И. Практикум по современным вычислительным технологиям и основам математического моделирования. М.: Макс-ПРЕСС, 2009. - 60с. ISBN 978-5-89407-357-6
2. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения. М.: Мир, 2001. - 430с. ISBN 5-03-003402-1
3. Тыртышников Е.Е. Методы численного анализа. М.: Академия, 2007. 320с. ISBN 978-5-7695-3925-1
4. Saad Y. Iterative methods for sparse linear systems. 2nd Edition. SIAM, 2003.

Дополнительная литература.

1. Марчук Г. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1989.
2. Джордж А., Лю И. Численное решение больших разреженных систем уравнений. М.: Мир, 1984.
3. Kelley C.T. Iterative Methods for Linear and Nonlinear Equations. SIAM, Philadelphia, 1995.
4. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения задач конвекции-диффузии. - М.: Эдиториал УРСС, 1999.
5. Hughes T.J.R. and Brooks A.N. A multidimensional upwind scheme with no crosswind diffusion // Finite Element Methods for Convection Dominated Flows. 1979. V. 34, P. 19-35.
6. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. - М.: Наука, 1981.

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.

Информационные ресурсы: доступные через Internet электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса
<http://www.inm.ras.ru/library/Vassilevski/yuv-kapyrin-svt-prak.pdf>.

– Библиотеки приложений

<http://www-users.cs.umn.edu/~saad/software/SPARSKIT/sparskit.html>

<http://www.cise.ufl.edu/research/sparse/umfpack/>

<http://www.caam.rice.edu/software/ARPACK/>

– Визуализация

<http://www.geomview.org/>

<http://www.paraview.org/>

<http://www-xdiv.lanl.gov/XCM/gmv/>

Программу составил

Пармузин Е.И., к.ф.-м.н.

«____»_____202 г.