

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт вычислительной математики и математической геофизики
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИВМиМГ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
директор ИВМиМГ СО РАН
М.А. Марченко
« 03 » *марта* 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование

Научная специальность:

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические, технические науки)

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения: очная

Новосибирск, 2022

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Математическое моделирование» реализуется в рамках Блока 2 Дисциплины (модули) образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВМиМГ СО РАН) по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 3 зач.ед. (108 часов), из них семинарских занятий – 16 часов, практических занятий – 16 часов и самостоятельной работы – 96 часов. Дисциплина реализуется на 2-м курсе, в 3 и 4 семестре, продолжительность обучения – 2 семестра.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование» являются подготовка высокопрофессиональных специалистов в области математического моделирования в задачах естествознания.

Основная задача дисциплины – обоснование положения о том, что математика становится одним из главных инструментов исследований современной математической физики.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- теоретические основы численных методов, теории вероятностей и математической статистики, функционального анализа, дифференциальных уравнений и уравнений математической физики, теории оптимального управления
- основы дифференциального исчисления
- основы функционального анализа
- основы интегрального исчисления
- основы теории приближений.
- теорию и методы приближения, интерполяции и экстраполяции функций
- численные методы линейной алгебры
- основы подготовки научного доклада.

Уметь:

- применять современные методы прикладной математики для решения современных задач естествознания
- документировать научно-исследовательские работы и представлять результаты исследований

- участвовать в научных дискуссиях

Владеть:

- основными численными методами такими, как метод конечных разностей, метод конечных элементов и объемов, лучевой метод, интегральных уравнений Вольтерра и Фредгольма первого и второго рода.
- навыками исследования задач современных разделов вычислительной математики и программирования
- навыками использования современных технических средств подготовки и проведения презентаций

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Всего	
	зач.ед.	час.
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ		108
<i>Аудиторные занятия</i>		52
Лекции (Л)		24
Практические занятия (ПЗ)		12
Семинары (С)		8
Контроль самостоятельной работы (КСР)		8
<i>Самостоятельная работа (СР):</i>		56
Изучение литературы по темам		30
Подготовка отчетов по темам		20
Подготовка к экзамену		6
<i>Вид промежуточной аттестации:</i>	экзамен	

2.2 Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Аудиторные занятия	Самостоятельная работа
1. Основные понятия и принципы математического моделирования	Основные понятия и терминология математического моделирования. Понятие вычислительного эксперимента. Операторные постановки краевых задач. Обобщенные решения и вариационные формулировки краевых задач. Оптимизационные постановки обратных задач	6	6
2. Технология геометрического и функционального моделирования	Геометрические объекты, операции и структуры данных. Функциональные объекты и их представления. Математические основы САПР. Классификация и критерии качества сеток. Методы построения двумерных сеток. Принципы генерации трехмерных сеток. Сеточные структуры данных и операции над сетками. Технологии подвижных сеток.	6	6
3. Сеточные методы аппроксимации	Конечно-разностные схемы. Методы конечных объемов. Методы конечных элементов. Методы Годуновского типа. Построение решение задачи Римана для различных гиперболических уравнений.	8	10
4. Прикладные задачи линейной алгебры с гарантированной оценкой точности результата	Гарантированная оценка точности арифметических операций. Точность операции скалярного произведения. Решение систем линейных алгебраических уравнений с гарантированной оценкой точности. Ортогональные отражения Хаусхолдера. Двухдиганолизация матрицы. Сингулярное разложение. Симметричные спектральные задачи. Последовательности Штурма. Вычисление собственного значения и собственного вектора симметричной матрицы. Несимметричные спектральные задачи. Некорректность постановки задачи численного нахождения собственных чисел несимметричной матрицы. Понятие эpsilon-спектра. Двумерные спектральные портреты. Задача о дихотомии спектра.	12	12
5. Численное моделирование задач механики сплошных сред	Понятие сплошной среды. Законы сохранения. Вывод уравнений идеальной газовой динамики. Одномерные нестационарные течения газа. Характеристики. Инварианты Римана. Акустическая волна. Теория ударных волн. Соотношения на разрыве. Адиабата Гюгонио. Задача о распаде произвольного разрыва (задача Римана). Метод Годунова для решения задач нестационарной газовой динамики. Численные методы, основанные на приближенном решении задачи Римана. Схемы Роу, Ошера, HLL, HLLC. Бессеточный лагранжевый метод сглаженных частиц (SPH-метод). Эйлерино-лагранжевы методы: ALE-метод; FIC-метод; методы, основанные на подвижных сетках.	8	10

6. Численное моделирование движения дискретных частиц и вычисление полей	Численные методы молекулярной динамики. Задача гравитационного взаимодействия N тел. Методы решения жёстких обыкновенных уравнений. Particles-In-Cells метод. Методы решения уравнения Пуассона. Метод, основанный на преобразовании Фурье. Многосеточный метод.	12	12
--	--	----	----

2.3. Самостоятельная работа аспиранта

№ раздела	Краткое содержание раздела (темы)	Часы на выполнение
1	Основные понятия и терминология математического моделирования. Понятие вычислительного эксперимента. Операторные постановки краевых задач. Обобщенные решения и вариационные формулировки краевых задач. Оптимизационные постановки обратных задач	6
<p>Литература: <i>Основная литература</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вабищевич П.Н. Численное моделирование. – М.:Изд-во МГУ, 1993. 2. Малышкин В.Э., Корнеев В.Д. Параллельное программирование мультимедиа. Изд-во НГТУ, 2006 г. 3. Стулов В.П. Лекции по газовой динамике. Изд-во Физматлит, 2004 г. 4. Джордж А., Лю Дж. Численное решение больших разреженных систем уравнений. – М., Мир, 1984. 5. Лисейкин В.Д., Шокин Ю.И., Васева И.А., Лиханова Ю.В. Технология построения разностных сеток. – Новосибирск: Наука, 2009. 6. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1980. 7. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем.–М., Мир, 1991. 8. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. – М., Мир, 1988. 9. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия. – Введение: Мир, 1980. 10. Яненко Н.Н., Коновалов А.Н. Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. – Новосибирск: Наука, 1982. 		
2	Геометрические объекты, операции и структуры данных. Функциональные объекты и их представления. Математические основы САПР. Классификация и критерии качества сеток. Методы построения двумерных сеток. Принципы генерации трехмерных сеток. Сеточные структуры данных и операции над сетками. Технологии подвижных сеток.	6

Литература: *Основная литература*

1. Вабищевич П.Н. Численное моделирование. – М.:Изд-во МГУ, 1993.
2. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. – М., Мир, 1999.
3. Стулов В.П. Лекции по газовой динамике. Изд-во Физматлит, 2004 г.
4. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. – М.: Мир, 1991.
5. Джордж А., Лю Дж. Численное решение больших разреженных систем уравнений. – М., Мир, 1984.
6. Ильин В.П. Методы конечных разностей и конечных объемов для эллиптических уравнений. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СОРАН, 2001.
7. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2007.
8. Лисейкин В.Д., Шокин Ю.И., Васева И.А., Лиханова Ю.В. Технология построения разностных сеток. – Новосибирск: Наука, 2009.
9. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1980.
10. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. – М., Мир, 1988.
11. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия. – Введение: Мир, 1980.
12. Ушаков Д.М. Введение в математические основы САПР. – Новосибирск: Изд-во “Азия”, 2006.
13. Яненко Н.Н., Коновалов А.Н. Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. – Новосибирск: Наука, 1982.

3	Конечно-разностные схемы. Методы конечных объемов. Методы конечных элементов. Методы Годуновского типа. Построение решение задачи Римана для различных гиперболических уравнений.	10
---	---	----

Литература: *Основная литература*

1. Вабищевич П.Н. Численное моделирование. – М.:Изд-во МГУ, 1993.
2. Малышкин В.Э., Корнеев В.Д. Параллельное программирование мультимпьютеров. Изд-во НГТУ, 2006 г.
3. Стулов В.П. Лекции по газовой динамике. Изд-во Физматлит, 2004 г.
4. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. – М.: Мир, 1991.
5. Джордж А., Лю Дж. Численное решение больших разреженных систем уравнений. – М., Мир, 1984.
6. Ильин В.П. Методы конечных разностей и конечных объемов для эллиптических уравнений. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СОРАН, 2001.
7. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2007.
8. Лаевский Ю.М. Метод конечных элементов (основы теории, задачи). – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1999.
9. Лисейкин В.Д., Шокин Ю.И., Васева И.А., Лиханова Ю.В. Технология построения разностных сеток. – Новосибирск: Наука, 2009.
10. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1980.
11. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. – М., Мир, 1988.
12. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия. – Введение: Мир, 1980.
13. Ушаков Д.М. Введение в математические основы САПР. – Новосибирск: Изд-во “Азия”, 2006.
14. Яненко Н.Н., Коновалов А.Н. Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. – Новосибирск: Наука, 1982.

4	<p>Гарантированная оценка точности арифметических операций. Точность операции скалярного произведения. Решение систем линейных алгебраических уравнений с гарантированной оценкой точности. Ортогональные отражения Хаусхолдера. Двухдиганализация матрицы. Сингулярное разложение. Симметричные спектральные задачи. Последовательности Штурма. Вычисление собственного значения и собственного вектора симметричной матрицы. Несимметричные спектральные задачи. Некорректность постановки задачи численного нахождения собственных чисел несимметричной матрицы. Понятие эpsilon-спектра. Двумерные спектральные портреты. Задача о дихотомии спектра.</p>	12
<p style="text-align: center;">Литература: <i>Основная литература</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вабищевич П.Н. Численное моделирование. – М.:Изд-во МГУ, 1993. 2. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. – М., Мир, 1999. 3. Малышкин В.Э., Корнеев В.Д. Параллельное программирование мультимпьютеров. Изд-во НГТУ, 2006 г. 4. С. Немнюгин, О. Стесик. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. БХВ – Петербург, 2002. – 400 с. 5. Стулов В.П. Лекции по газовой динамике. Изд-во Физматлит, 2004 г. 6. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. – М.: Мир, 1991. 7. Джордж А., Лю Дж. Численное решение больших разреженных систем уравнений. – М., Мир, 1984. 8. Лисейкин В.Д., Шокин Ю.И., Васева И.А., Лиханова Ю.В. Технология построения разностных сеток. – Новосибирск: Наука, 2009. 9. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1980. 10. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. – М., Мир, 1988. 11. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия. – Введение: Мир, 1980. 12. Яненко Н.Н., Коновалов А.Н. Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. – Новосибирск: Наука, 1982. 		
5	<p>Понятие сплошной среды. Законы сохранения. Вывод уравнений идеальной газовой динамики. Одномерные нестационарные течения газа. Характеристики. Инварианты Римана. Акустическая волна. Теория ударных волн. Соотношения на разрыве. Адиабата Гюгонио. Задача о распаде произвольного разрыва (задача Римана). Метод Годунова для решения задач нестационарной газовой динамики. Численные методы, основанные на приближенном решении задачи Римана. Схемы Роу, Ошера, HLL, HLLC. Бессеточный лагранжевый метод сглаженных частиц (SPH-метод). Эйлераво-лагранжевы методы: ALE-метод; FIC-метод; методы, основанные на подвижных сетках.</p>	10
<p style="text-align: center;">Литература: <i>Основная литература</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вабищевич П.Н. Численное моделирование. – М.:Изд-во МГУ, 1993. 2. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. – М., Мир, 1999. 3. Малышкин В.Э., Корнеев В.Д. Параллельное программирование мультимпьютеров. Изд-во НГТУ, 2006 г. 4. Стулов В.П. Лекции по газовой динамике. Изд-во Физматлит, 2004 г. 5. Джордж А., Лю Дж. Численное решение больших разреженных систем уравнений. – М., Мир, 1984. 6. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2007. 		

	<p>7. Лисейкин В.Д., Шокин Ю.И., Васева И.А., Лиханова Ю.В. Технология построения разностных сеток. – Новосибирск: Наука, 2009.</p> <p>8. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1980.</p> <p>9. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. – М., Мир, 1988.</p> <p>10. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия. – Введение: Мир, 1980.</p> <p>11. Яненко Н.Н., Коновалов А.Н. Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. – Новосибирск: Наука, 1982.</p>	
6	Численные методы молекулярной динамики. Задача гравитационного взаимодействия N тел. Методы решения жёстких обыкновенных уравнений. Particles-In-Cells метод. Методы решения уравнения Пуассона. Метод, основанный на преобразовании Фурье. Многосеточный метод.	12
<p>Литература: <i>Основная литература</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вабищевич П.Н. Численное моделирование. – М.:Изд-во МГУ, 1993. 2. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. – М., Мир, 1999. 3. Малышкин В.Э., Корнеев В.Д. Параллельное программирование мультимедийных компьютеров. Изд-во НГТУ, 2006 г. 4. С. Немнюгин, О. Стесик. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. БХВ – Петербург, 2002. – 400 с. 5. Стулов В.П. Лекции по газовой динамике. Изд-во Физматлит, 2004 г. 6. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. – М.: Мир, 1991. 7. Джордж А., Лю Дж. Численное решение больших разреженных систем уравнений. – М., Мир, 1984. 8. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2007. 9. Лисейкин В.Д., Шокин Ю.И., Васева И.А., Лиханова Ю.В. Технология построения разностных сеток. – Новосибирск: Наука, 2009. 10. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1980. 11. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. – М., Мир, 1988. 12. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия. – Введение: Мир, 1980. 13. Яненко Н.Н., Коновалов А.Н. Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. – Новосибирск: Наука, 1982. 		

3. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов. Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИВМиМГ СО РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИВМиМГ СО РАН по программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в обсуждениях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем дисциплины.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;

- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по четырехбалльной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

Промежуточная аттестация аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме *экзамена* в соответствии с локальным актом ИВМиМГ СО РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИВМиМГ СО РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме *экзамена* в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса. Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и/или невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок по четырехбалльной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценка экзамена (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Отлично</i>	Аспирант демонстрирует всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, а также умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой; в полном объеме усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии.
<i>Хорошо</i>	Аспирант демонстрирует полное знание учебно-программного материала; успешно выполнил предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; показал систематический характер знаний в области методологии научных исследований и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний.
<i>Удовлетворительно</i>	Аспирант демонстрирует знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для предстоящей работы; в целом справился с выполнением заданий, предусмотренных программой; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. При этом, хотя аспирант допускает погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, у него есть необходимые знания для их устранения под руководством преподавателя.
<i>Неудовлетворительно</i>	Аспирант при ответе обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Форма контроля знаний	Вид аттестации	Примечание
Опрос, Дискуссия	Текущая	Подготовка и ответ на семинарском занятии по заданным вопросам Обсуждение проблематики предмета
Домашнее задание: проверочные работы	Текущая	Домашнее задание: подготовка тезисов прошедшего занятия в виде «опорный вопрос – краткий ответ» Контрольная работа: изложение пройденного материала в краткой форме
Экзамен	Промежуточная	Вопросы к экзамену

Промежуточный контроль. Вопросы к экзамену

1. Основные понятия и терминология математического моделирования.
2. Понятие вычислительного эксперимента.
3. Операторные постановки краевых задач.
4. Обобщенные решения и вариационные формулировки краевых задач.
5. Оптимизационные постановки обратных задач
6. Геометрические объекты, операции и структуры данных.
7. Функциональные объекты и их представления.
8. Математические основы САПР.
9. Классификация и критерии качества сеток.
10. Методы построения двумерных сеток.
11. Принципы генерации трехмерных сеток.
12. Сеточные структуры данных и операции над сетками.
13. Технологии подвижных сеток.
14. Конечно-разностные схемы.
15. Методы конечных объемов.
16. Методы конечных элементов.
17. Методы Годуновского типа.
18. Построение решение задачи Римана для различных гиперболических уравнений.
19. Гарантированная оценка точности арифметических операций.
20. Точность операции скалярного произведения.
21. Решение систем линейных алгебраических уравнений с гарантированной оценкой точности.
22. Ортогональные отражения Хаусхолдера.
23. Двухдиганализация матрицы.
24. Сингулярное разложение.
25. Симметричные спектральные задачи.
26. Последовательности Штурма.
27. Вычисление собственного значения и собственного вектора симметричной матрицы.
28. Несимметричные спектральные задачи.
29. Некорректность постановки задачи численного нахождения собственных чисел несимметричной матрицы.
30. Понятие эpsilon-спектра.
31. Двумерные спектральные портреты.
32. Задача о дихотомии спектра.
33. Понятие сплошной среды.
34. Законы сохранения.
35. Вывод уравнений идеальной газовой динамики.
36. Одномерные нестационарные течения газа.
37. Характеристики. Инварианты Римана.
38. Акустическая волна.
39. Теория ударных волн.

40. Соотношения на разрыве.
41. Адиабата Гюгонио.
42. Задача о распаде произвольного разрыва (задача Римана).
43. Метод Годунова для решения задач нестационарной газовой динамики.
44. Численные методы, основанные на приближенном решении задачи Римана.
45. Схемы Роу, Ошера, HLL, HLLC.
46. Бессеточный лагранжевый метод сглаженных частиц (SPH-метод).
47. Эйлерово-лагранжевы методы: ALE-метод; FIC-метод; методы, основанные на подвижных сетках.
48. Численные методы молекулярной динамики.
49. Задача гравитационного взаимодействия N тел.
50. Методы решения жёстких обыкновенных уравнений.
51. Particles-In-Cells метод.
52. Методы решения уравнения Пуассона.
53. Метод, основанный на преобразовании Фурье.
54. Многосеточный метод.

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Вабищевич П.Н. Численное моделирование. – М.:Изд-во МГУ, 1993.
2. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. – М., Мир, 1999.
3. Малышкин В.Э., Корнеев В.Д. Параллельное программирование мультикомпьютеров. Изд-во НГТУ, 2006 г.
4. С. Немнюгин, О. Стесик. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. БХВ – Петербург, 2002. – 400 с.
5. Стулов В.П. Лекции по газовой динамике. Изд-во Физматлит, 2004 г.
6. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. – М.: Мир, 1991.
7. Джордж А., Лю Дж. Численное решение больших разреженных систем уравнений. – М., Мир, 1984.
8. Ильин В.П. Методы конечных разностей и конечных объемов для эллиптических уравнений. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СОРАН, 2001.
9. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов. – Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2007.
10. Лаевский Ю.М. Метод конечных элементов (основы теории, задачи). – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1999.
11. Лисейкин В.Д., Шокин Ю.И., Васева И.А., Лиханова Ю.В. Технология построения разностных сеток. – Новосибирск: Наука, 2009.
12. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1980.
13. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. – М., Мир, 1988.
14. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия. – Введение: Мир, 1980.
15. Ушаков Д.М. Введение в математические основы САПР. – Новосибирск: Изд-во “Азия”, 2006.

16. Яненко Н.Н., Коновалов А.Н. Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. – Новосибирск: Наука, 1982.

5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения интерактивных методов обучения для чтения лекций требуется аудитория с мультимедиа проектором для обсуждения подготовленных презентаций и доска (для мела или маркеров).

6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения реализации дисциплины используются стандартный комплект программного обеспечения (ПО) Windows, MS Office или свободно-распространяемые аналоги (Linux, OpenOffice).

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные занятия (в контактной форме и в on-line режиме). Материалы лекционного курса увязываются с передовыми исследованиями везде, где это допускается уровнем знаний и подготовки аспирантов. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей научной литературе. По темам, рассматриваемым на лекции и изучаемым самостоятельно, проводятся семинары, обсуждение в виде дискуссии, проводятся консультации.

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИВМиМГ СО РАН, протокол № 10 от «06» июня 2022 г.

Председатель Ученого совета _____ М.А. Марченко

Исполнитель: Берендеев Евгений Андреевич, кандидат физико-математических наук, н.с. лаборатории суперкомпьютерного моделирования

Согласовано:

Зам. директора по научной работе _____ А.В. Пененко