Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга»

|  |
| --- |
| Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры математики и физики |
| «12» апреля 2022 г., протокол № 07 |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**2.1.5.2 ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ**

**Область науки:** 1. Естественные науки

**Группа научных специальностей:** 1.2. Компьютерные науки и информатика

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

**Форма обучения:** очная

**Курс** 1 **Семестр** 1-2

**Зачет:** 2 семестр

Петропавловск-Камчатский 2022 г.

Рабочая программа составлена с учетом федеральных государственных требований 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) (утв. приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 951).

Разработчик:

доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры математики и физики

Р.И. Паровик

СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. | Цели и задачи освоения дисциплины……………………………………………….. | 4 |
| 2. | Место дисциплины в структуре ОП ВО…………………………………………….. | 4 |
| 3. | Планируемые результаты обучения по дисциплине……………………………….. | 4 |
| 4. | Содержание дисциплины…………………………………………………………….. | 4 |
| 5. | Тематическое планирование…………………………………………………………. | 5 |
| 6. | Самостоятельная работа……………………………………………………………… | 7 |
| 7. | Перечень вопросов к зачету………...……………………………………………….. | 10 |
| 8. | Учебно-методическое и информационное обеспечение…………………………... | 11 |
| 9. | Формы и критерии оценивания учебной деятельности аспиранта……………….. | 13 |
| 10. | Материально-техническая база……………………………………………………… | 17 |

**1. Цель и задачи освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций выполнения высокопроизводительных вычислений математических моделей с помощью суперкомпьютеров.

Для усвоения дисциплины «Высокопроизводительные вычисления» обучаемый должен обладать навыками специалиста или магистра.

**2. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Место дисциплины в структуре ОП ВО 2. Образовательный компонент.

Содержание дисциплины 2.1.5.2 «Высокопроизводительные вычисления» опирается на содержание дисциплин: 2.1.3 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»2.1.1 «История и философия науки».

Содержание дисциплины «Суперкомпьютерное моделирование и технологии» выступает опорой для освоения содержания следующих дисциплин: «Нелинейные математические модели», «Жесткие системы дифференциальных уравнений», «Математические модели и методы в гидродинамике».

Содержание дисциплины выступает опорой для прохождения научно-исследовательской практики, для подготовки диссертационного исследования; осуществления научной деятельности, направленной на подготовку диссертации к защите.

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

|  |  |
| --- | --- |
| **Код****компетенции** | **Содержание** |
| ПК-2 | Способность разработки новых математических моделей объектов и явлений |
|  |  |

**4. Содержание дисциплины**

Высокопроизводительные вычисления. Основные характеристики высокопроизводительных систем. Архитектуры современных вычислительных систем и их классификации. Список суперкомпьютеров TOP-500, GRAPH-500, GREEN-500. Повышение производительности вычислительных систем. Конвейерная обработка. Параллельная обработка. Введение в технологию OpenMP. Директивы и функции OpenMP. Директива parallel, single, master, for, sections, task, barrier, ordered, critical, atomic, flush. Барьерная синхронизация. Низкоуровневое распараллеливание. Библиотечные функции omp\_set\_num\_threads, omp\_get\_numthreads, omp\_set\_\*, omp\_get\_\*. Функции блокировки. Функции замера времени выполнения программы. Переменные окружения OMP\_\*. Параметры настройки параллельной программы. Алгоритм перемножения матриц и его реализация с помощью технологии OpenMP. Алгоритм вычисления числа Pi с помощью технологии OpenMP.

Введение в технологию MPI. Принципы организации параллельных вычислений с помощью MPI. Основные функции распараллеливания программ. Пересылка сообщений. Асинхронная система обмена сообщениями. Передача сообщений с блокировкой. Передача сообщений без блокировки. Ситуации deadlock. Коллективная передача сообщений. Группы процессов. Коммуникаторы процессов. Задание топологий. Топология графа. Декартова топология. Синхронизация в MPI.

Примеры параллельных алгоритмов для задач математической физики. Решение задачи теплопроводности в ограниченной области с помощью технологии OpenMP+MPI. Замер времени выполнения алгоритма в зависимости от числа нитей. Примеры параллельных алгоритмов в задачах линейной алгебры. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса с помощью технологии OpenMP+MPI. Зависимость времени выполнения программы.

Работа в командной строке Linux. Установка компиляторов с поддержкой технологии OpenMP. Установка дистрибутива OpenMP. Директивы OpenMP для языка программирования C. Функции OpenMP. Библиотека omp.h. Технологии программирования в системах с распределенной памятью. Технология MPI. Применение OpenMP в решении систем линейных алгебраических уравнений. Применение MPI в нахождении собственных значений квадратных матриц.

**5. Тематическое планирование**

Дисциплина

Шифр по учебному плану, наименование: 2.1.5.2 «Высокопроизводительные вычисления».

Научная специальность

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Группа

Шифр группы, курс, семестр: Ма, 1 курс, 1-2 семестр.

Фамилия Имя Отчество, должность, кафедра: Паровик Роман Иванович, профессор кафедры математики и информатики.

**Модули дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Наименование модуля** | **Лекции** | **Практические занятия** | **Сам. работа** | **Всего, часов** |
| 1 | Высокопроизводительные вычисления | 20 | 20 | 248 | **288** |
| **Всего** | **20** | **20** | **248** | **288** |

**Тематический план**

**Модуль 1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ темы** | **Тема** | **Кол-во часов** | **Компетенции по теме** |
|  | **Лекции** | **20** |  |
| 1 | Высокопроизводительные вычисления | 4 | ПК-2 |
| 2 | Основные характеристики высокопроизводительных систем | 4 | ПК-2 |
| 3 | Архитектуры современных вычислительных систем и их классификации | 2 | ПК-2 |
| 4 | Повышение производительности вычислительных систем | 2 | ПК-2 |
| 5 | Введение в технологию OpenMP | 2 | ПК-2 |
| 6 | Директивы и функции OpenMP  | 2 | ПК-2 |
| 7 | Введение в технологию MPI | 2 | ПК-2 |
| 8 | Принципы организации параллельных вычислений с помощью MPI | 2 | ПК-2 |
|  | **Практические занятия**  | **20** |  |
| 1 | Работа в командной строке Linux | 4 | ПК-2 |
| 2 | Установка дистрибутива OpenMP | 4 | ПК-2 |
| 3 | Директивы OpenMP для языка программирования C  | 2 | ПК-2 |
| 4 | Функции OpenMP. Библиотека omp.h  | 2 | ПК-2 |
| 5 | Технологии программирования в системах с распределенной памятью | 2 | ПК-2 |
| 6 | Технология MPI  | 2 | ПК-2 |
| 7 | Применение OpenMP в решении систем линейных алгебраических уравнений | 2 | ПК-2 |
| 8 | Применение MPI в нахождении собственных значений квадратных матриц | 2 | ПК-2 |
|  | **Самостоятельная работа** | **248** |  |
| 1 | Технология OpenCL | 12 | ПК-2 |
| 2 | Технология CUDA | 12 | ПК-2 |
| 3 | Решение математических задач с помощью OpenCL | 14 | ПК-2 |
| 4 | Быстрое преобразование Фурье в технологии CUDA | 14 | ПК-2 |
| 5 | Реализация алгоритма обращения матриц с помощью технологии CUDA | 14 | ПК-2 |
| 6 | Специфика разработки ПО с помощью технологии CUDA | 14 | ПК-2 |
| 7 | Архитектура графических процессоров G80, G100 | 14 | ПК-2 |
| 8 | Алгоритмы обработки цифровых сигналов геофизических рядов данных с помощью CUDA | 14 | ПК-2 |
| 9 | Алгоритмы распознавания изображений в технологии CUDA | 14 | ПК-2 |
| 10 | Реализация первой краевой задачи теплопроводности стержня с помощью CUDA | 14 | ПК-2 |
| 11 | Приведение системы линейных уравнений к треугольному виду в CUDA | 14 | ПК-2 |
| 12 | Задача нахождения собственных значений с помощью CUDA | 14 | ПК-2 |
| 13 | Замеры скорости работы алгоритмов быстрого преобразования Фурье в зависимости от числа процессоров | 14 | ПК-2 |
| 14 | Решение СЛАУ в CUDA | 14 | ПК-2 |
| 15 | Алгоритмы распознавания изображений в технологии OpenCL | 14 | ПК-2 |
| 16 | Приведение системы линейных уравнений к треугольному виду в OpenCL | 14 | ПК-2 |
| 17 | Задача нахождения собственных значений с помощью OpenCL | 14 | ПК-2 |
| 18 | Алгоритмы обработки цифровых сигналов геофизических рядов данных с помощью CUDA | 14 | ПК-2 |

**6. Самостоятельная работа**

Самостоятельная работа включает две составные части: аудиторная самостоятельная работа и внеаудиторная.

*Самостоятельная аудиторная работа* включает выступление по вопросам практических занятий, выполнение практических заданий.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* аспирантов заключается в следующих формах:

* проработка (изучение) материалов лекций;
* чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
* поиск и проработка материалов из ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», периодической печати;
* выполнение домашних заданий в форме докладов;
* подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине.

**6.1. Планы практических занятий**

**Практическое занятие № 1.**

Работа в командной строке Linux.

**План.**

1. Психологическое преимущество интерфейса командной строки.
2. Консоль и терминал.
3. Работа с нескольких терминалах и вход в систему.
4. Структура приглашения и текущий каталог.
5. Примеры простейших команд.

**Практическое занятие № 2.**

Установка дистрибутива OpenMP.

**План.**

1. [Вычислительные системы. Идеология OpenMP](https://pro-prof.com/archives/4335#page_1).
2. [Синхронизация — критические секции, atomic, barrier](https://pro-prof.com/archives/4335#page_2).
3. [Разделение задач между потоками](https://pro-prof.com/archives/4335#page_3).
4. [Параллельный цикл](https://pro-prof.com/archives/4335#page_3_1).
5. [Параллельные задачи (parallel tasks)](https://pro-prof.com/archives/4335#page_3_2).
6. [Параллельные секции](https://pro-prof.com/archives/4335#page_3_3).

**Практическое занятие № 3.**

Директивы OpenMP для языка программирования C.

**План.**

1. Основные принципы OpenMP.
2. Принципиальная схема программирования в OpenMP.
3. Синтаксис директив в OpenMP.

**Практическое занятие № 4.**

Функции OpenMP. Библиотека omp.h.

**План.**

1. Основные понятия.
2. Базовые функции MPI.
3. Типы данных.
4. Процедуры передачи/приема сообщений между отдельными процессами.

**Практическое занятие № 5.**

Технологии программирования в системах с распределенной памятью.

**План.**

1. Компонентные технологии и разработка распределенного ПО.
2. Основные понятия компонентных технологий.
3. Общие принципы построения распределенных систем.
4. Синхронное и асинхронное взаимодействие.
5. Транзакции.

**Практическое занятие № 6.**

Технология MPI.

**План.**

1. Краткое описание MPI.
2. Составляющая программы на MPI.
3. Сообщения в MPI.
4. Способы отправки данных.

**Практическое занятие № 7.**

Применение OpenMP в решении систем линейных алгебраических уравнений.

**План.**

1. Основные типы вычислительных операций.
2. Гибридная модель MPI+Posix ShM для многоядерных процессоров.
3. Применение графических ускорителей для задач линейной алгебры.
4. CSR формат.
5. ELLPACK формат.
6. HYB формат.

**Практическое занятие № 8.**

Применение MPI в нахождении собственных значений квадратных матриц.

**План.**

1. [Собственные значения и собственные векторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%A1%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B8_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B).
2. [Нормальные, эрмитовы и вещественные симметричные матрицы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5,_%D1%8D%D1%80%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B_%D0%B8_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%).
3. Число обусловленности.
4. [Алгоритмы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%D1%8B).
5. [Матрицы Хессенберга и трёхдиагональные матрицы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%9C%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D1%8B_%D0%A5%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B0_%D0%B8_%D1%82%D1%80%D1%91%D1%85%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D1%8).
6. [Итеративные алгоритмы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%98%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%D1%8B).
7. [Прямое вычисление](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%9F%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5).
8. [Треугольные матрицы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%A2%D1%80%D0%B5%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D1%8B).
9. [Разложимые полиномиальные уравнения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D0%BC%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F).
10. [Матрицы 2×2](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9#%D0%9C%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D1%8B_2%C3%972).
11. Матрицы 3×3.

**6.2 Внеаудиторная самостоятельная работа**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование раздела** | **Наименование темы** | **Вид СР** | **Трудоемкость (час.)** |
| 1. | Высокопроизводительные вычисления | Технология OpenCL | * изучение литературы; осмысление изучаемой литературы;
* работа в информационно-справочных системах;
* аналитическая обработка текста (конспектирование, реферирование);
* составление плана и тезисов ответа в процессе подготовки к занятию;
* решение задач;
* подготовка сообщений по вопросам семинарских занятий
 | 12 |
| Технология CUDA | 12 |
| Решение математических задач с помощью OpenCL | 14 |
| Быстрое преобразование Фурье в технологии CUDA | 14 |
| Реализация алгоритма обращения матриц с помощью технологии CUDA | 14 |
| Специфика разработки ПО с помощью технологии CUDA | 14 |
| Архитектура графических процессоров G80, G100 | 14 |
| Алгоритмы обработки цифровых сигналов геофизических рядов данных с помощью CUDA | 14 |
| Алгоритмы распознавания изображений в технологии CUDA | 14 |
| Реализация первой краевой задачи теплопроводности стержня с помощью CUDA | 14 |
| Приведение системы линейных уравнений к треугольному виду в CUDA | 14 |
| Задача нахождения собственных значений с помощью CUDA | 14 |
| Замеры скорости работы алгоритмов быстрого преобразования Фурье в зависимости от числа процессоров | 14 |
| Решение СЛАУ в CUDA | 14 |
| Алгоритмы распознавания изображений в технологии OpenCL | 14 |
| Приведение системы линейных уравнений к треугольному виду в OpenCL | 14 |
| Задача нахождения собственных значений с помощью OpenCL | 14 |
| Алгоритмы обработки цифровых сигналов геофизических рядов данных с помощью CUDA | 14 |

**7. Перечень вопросов к зачету**

1. Высокопроизводительные вычисления.
2. Архитектуры современных вычислительных систем и их классификации.
3. Повышение производительности вычислительных систем.
4. Введение в технологию OpenMP.
5. Директивы и функции OpenMP.
6. Введение в технологию MPI.
7. Принципы организации параллельных вычислений с помощью MPI.
8. Примеры параллельных алгоритмов для задач математической физики и линейной алгебры.
9. Работа в командной строке Linux. Установка дистрибутива OpenMP.
10. Директивы OpenMP для языка программирования C.
11. Функции OpenMP. Библиотека omp.h.
12. Технологии программирования в системах с распределенной памятью.
13. Технологии MPI.
14. Применение OpenMP в решении систем линейных алгебраических уравнений.
15. Применение MPI в нахождении собственных значений квадратных матриц.
16. Методы распараллеливания компьютерных программ.
17. Концепция неограниченного параллелизма.
18. Изучение параметров СУПЕР-ЭВМ по рейтингу ТОП-500.
19. Программирование параллельных алгоритмов вычисления норм матриц.
20. Программирование решения задач математической физики на примере уравнения теплопроводности.
21. Распараллеливание численного метода решения уравнения Пуассона в прямоугольной области. Параллельный алгоритм решения систем линейных уравнений по методу Гаусса.

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

8.1. Основная учебная литература:

1. Паровик, Р. И. [Хаотические и регулярные режимы дробных осцилляторов](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41653839) – Петропавловск-Камчатский: издательство: Камчатпресс, 2019. – 132 с.

2. Паровик, Р. И. Математическое моделирование нелинейных эредитарных осцилляторов : – Петропавловск-Камчатский : КамГУ им. Витуса Беринга, 2017. – 132 с.

3. Паровик, Р. И. Математическое моделирование линейных эредитарных осцилляторов – Петропавловск-Камчатский : КамГУ им. Витуса Беринга, 2015. – 175 с.

4. Лобанов, А. И. Математическое моделирование нелинейных процессов : учебник для вузов / А. И. Лобанов, И. Б. Петров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 255 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8897-0. — URL : <https://urait.ru/bcode/452200>

5. Зализняк, В. Е. Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 133 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12249-7. — URL : <https://urait.ru/bcode/447100>

6. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. И. Рейзлин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 126 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08475-7. — URL : <https://urait.ru/bcode/451402>

8.2. Дополнительная учебная литература:

1. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учебник для вузов / В. Д. Мятлев, Л. А. Панченко, Г. Ю. Ризниченко, А. Т. Терехин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 321 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01698-7. — URL : <https://urait.ru/bcode/451559>
2. Моделирование систем и процессов. Практикум : учебное пособие для вузов / В. Н. Волкова [и др.] ; под редакцией В. Н. Волковой. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 295 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01442-6. — URL : <https://urait.ru/bcode/451288>
3. Моделирование систем и процессов : учебник для вузов / В. Н. Волкова [и др.] ; под редакцией В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 450 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7322-8. — URL : <https://urait.ru/bcode/450218>
4. *Древс, Ю. Г.*Имитационное моделирование : учебное пособие для вузов / Ю. Г. Древс, В. В. Золотарёв. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 142 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11385-3. — URL : <https://urait.ru/bcode/456381>
5. *Орел, Е. Н.*Непрерывные математические модели : учебное пособие для вузов / Е. Н. Орел, О. Е. Орел. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08079-7. — URL : <https://urait.ru/bcode/455111>
6. *Стружкин, Н. П.*Базы данных: проектирование. Практикум : учебное пособие для вузов / Н. П. Стружкин, В. В. Годин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00739-8. — URL : <https://urait.ru/bcode/451246>
7. *Гостев, И. М.*Операционные системы : учебник и практикум для вузов / И. М. Гостев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 164 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04520-8. — URL : <https://urait.ru/bcode/451231>
8. *Емельянов, В. Н.*Численные методы: введение в теорию разностных схем : учебное пособие для вузов / В. Н. Емельянов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 188 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06617-3. — URL : <https://urait.ru/bcode/453264>
9. *Мойзес, О. Е.*Информатика. Углубленный курс : учебное пособие для вузов / О. Е. Мойзес, Е. А. Кузьменко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 157 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7051-7. — URL : <https://urait.ru/bcode/451401>

8.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название электронного ресурса** | **Описание электронного ресурса** | **Используемый для работы адрес** |
| eLibrary – Научная электронная библиотека  | Полные тексты журналов более 40 издательств (ИНИОН РАН, Elsevier Science, Academic Press, Kluwer, Springer, Birkhauser Publishing, Blackwell Science, Pergamon и др.) | [www.elibrary.ru](http://fulltext/fulltextdb_redirect.php?fulltextdb_id=10) |
| ЭБС Юрайт | Ресурс для поиска изданий и доступа к тексту издания в отсутствие традиционной печатной книги.Для удобства навигации по электронной библиотеке издания сгруппированы в каталог по тематическому принципу. Пользователям доступны различные сервисы для отбора изданий и обеспечения с их помощью комфортного учебного процесса.В электронной библиотеке представлены все книги издательства Юрайт. Некоторые издания и дополнительные материалы доступны только в электронной библиотеке | https://urait.ru |
| ЭБС IPR BOOKS | Важнейший ресурс для получения качественного образования, предоставляющий доступ к учебным и научным изданиям, необходимым для обучения и организации учебного процесса в нашем учебном заведении. Объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу, предназначенную для разных направлений обучения, с помощью которого вы сможете получить необходимые знания, подготовиться к семинарам, зачетам и экзаменам, выполнить необходимые работы и проекты | http://www.iprbookshop.ru |

8.4. Информационные технологии:

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе и к электронной информационно-образовательной среде организации.

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий и квалификацией работников, ее использующих и поддерживающих. Функционирование электронной информационно-образовательной среды соответствует законодательству Российской Федерации.

**9. Формы и критерии оценивания учебной деятельности аспиранта**

На основании разработанной компетентностной модели выпускника образовательные цели представлены в виде набора компетенций как планируемых результатов освоения образовательной программы. Определение уровня достижения планируемых результатов освоения образовательной программы осуществляется посредством оценки уровня сформированности компетенции и оценки уровня успеваемости обучающегося по пятибалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено»).

Основными критериями оценки в зависимости от вида работы обучающегося являются: сформированность компетенций (знаний, умений и владений), степень владения профессиональной терминологией, логичность, обоснованность, четкость изложения материала, ориентирование в научной и специальной литературе.

**Критерии оценивания уровня сформированности компетенций и оценки уровня успеваемости обучающегося**

**Текущий контроль**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Уровень сформированности компетенции | Уровень освоения модулей дисциплины (оценка) | Критерии оценивания отдельных видов работ обучающихся |
| Устный опрос | Эссе | Работа в микрогруппе | Составление презентации  |
| Высокий | отлично | глубокое знание и понимание теоретического содержания дисциплины; использование новых ресурсов (технологий, средств) в решении профессиональных задач; увеличение доли собственного участия в профессиональных практических видах деятельности, не предусмотренных образовательной программой; расширение среды профессиональной деятельности, не предусмотренной образовательной программой; наличие навыков системной оценки качества своей профессиональной деятельности | глубокое знание и понимание теоретического содержания дисциплины; использование новых ресурсов (технологий, средств) в решении профессиональных задач; увеличение доли собственного участия в профессиональных практических видах деятельности, не предусмотренных образовательной программой; расширение среды профессиональной деятельности, не предусмотренной образовательной программой; наличие навыков системной оценки качества своей профессиональной деятельности | глубокое знание и понимание теоретического содержания дисциплины; использование новых ресурсов (технологий, средств) в решении профессиональных задач; увеличение доли собственного участия в профессиональных практических видах деятельности, не предусмотренных образовательной программой; расширение среды профессиональной деятельности, не предусмотренной образовательной программой; наличие навыков системной оценки качества своей профессиональной деятельности | глубокое знание и понимание теоретического содержания дисциплины; использование новых ресурсов (технологий, средств) в решении профессиональных задач; увеличение доли собственного участия в профессиональных практических видах деятельности, не предусмотренных образовательной программой; расширение среды профессиональной деятельности, не предусмотренной образовательной программой; наличие навыков системной оценки качества своей профессиональной деятельности |
| Базовый | хорошо | полное знание и понимание теоретического содержания дисциплины; достаточная сформированность практических умений, продемонстрированная в ходе осуществлении профессиональной деятельности как в учебной, так и реальной практик; наличие навыков оценивания собственных достижений, определения проблем и потребностей в конкретной области профессиональной деятельности | полное знание и понимание теоретического содержания дисциплины; достаточная сформированность практических умений, продемонстрированная в ходе осуществлении профессиональной деятельности как в учебной, так и реальной практик; наличие навыков оценивания собственных достижений, определения проблем и потребностей в конкретной области профессиональной деятельности | полное знание и понимание теоретического содержания дисциплины; достаточная сформированность практических умений, продемонстрированная в ходе осуществлении профессиональной деятельности как в учебной, так и реальной практик; наличие навыков оценивания собственных достижений, определения проблем и потребностей в конкретной области профессиональной деятельности | полное знание и понимание теоретического содержания дисциплины; достаточная сформированность практических умений, продемонстрированная в ходе осуществлении профессиональной деятельности как в учебной, так и реальной практик; наличие навыков оценивания собственных достижений, определения проблем и потребностей в конкретной области профессиональной деятельности |
| Пороговый | удовлетворительно | понимание теоретического содержания дисциплины с незначительными пробелами; несформированность некоторых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, наличие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию | понимание теоретического содержания дисциплины с незначительными пробелами; несформированность некоторых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, наличие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию | понимание теоретического содержания дисциплины с незначительными пробелами; несформированность некоторых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, наличие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию | понимание теоретического содержания дисциплины с незначительными пробелами; несформированность некоторых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, наличие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию |
| Компетенции не сформированы | неудовлетворительно | отсутствует понимание теоретического содержания дисциплины, несформированность практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, отсутствие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию | отсутствует понимание теоретического содержания дисциплины, несформированность практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, отсутствие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию | отсутствует понимание теоретического содержания дисциплины, несформированность практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, отсутствие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию | отсутствует понимание теоретического содержания дисциплины, несформированность практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, отсутствие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию |

**Промежуточная аттестация**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Уровень сформированности компетенции** | **Уровень освоения дисциплины** | **Критерии оценивания обучающихся**  |
| **ЗАЧЕТ** |
| высокий | зачтено | полное знание и понимание теоретического содержания дисциплины; достаточная сформированность практических умений, продемонстрированная в ходе осуществлении профессиональной деятельности как в учебной, так и реальной практик; наличие навыков оценивания собственных достижений, определения проблем и потребностей в конкретной области профессиональной деятельности |
| Низкий | не зачтено | отсутствует понимание теоретического содержания дисциплины, несформированность практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, отсутствие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию |

**10. Материально-техническая база**

Для реализации дисциплины оборудована учебная аудитория, укомплектованная учебной мебелью, мультимедийной техникой (проектор и ноутбук), экраном. Для самостоятельной подготовки аспирантов оборудовано помещение с учебной мебелью, компьютерами и подключением к сети Интернет и eLibrary – Научная электронная библиотека, ЭБС Юрайт, ЭБС IPR BOOKS.