|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  Озерский технологический институт -  филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  (ОТИ НИЯУ МИФИ) | | | |
| Кафедра прикладной математики | | |
| УТВЕРЖДАЮ  ДИРЕКТОР  И. А. Иванов  « 24 » мая 2021 г. | | |
| РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ | | |
| Параллельное программирование | | |
| (наименование дисциплины ) | | |
|  | | |
| Направление подготовки (специальность): | 09.03.01 Информатика и вычислительная техника | |
|  |  | |
| Профиль подготовки: | Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем | |
|  |  | |
| Наименование образовательной программы: | Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем | |
|  |  | |
| Квалификация (степень) выпускника: | бакалавр |  |
| (бакалавр, магистр, специалист) |  |
|  |  | |
| Форма обучения: | очная |  |
| (очная, очно-заочная (вечерняя), заочная) |  |

г. Озёрск, 2021 г.

# ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Параллельное программирование» является изучение:

- структур параллельных вычислительных систем;

- общих методов распараллеливания задач;

- методы параллельных вычислений матричных операций.

# МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Параллельное программирование» входит Блок 1 «Дисциплины (модули)» в формируемую участниками образовательных отношений часть основной образовательной программы бакалавриата «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем».

# КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины студент должен ЗНАТЬ:

- структуру основных типов параллельных вычислительных систем;

- методы передачи данных в сети параллельных вычислителей;

- общие методы распараллеливания задач и алгоритмов;

В результате изучения дисциплины студент должен УМЕТЬ:

- распараллеливать циклические алгоритмы;

- распараллеливать решение систем уравнений;

В результате изучения дисциплины студент должен ВЛАДЕТЬ:

- методами распараллеливания циклических алгоритмов;

- методами распараллеливания решений систем уравнений;

В результате освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции и планируются следующие результаты обучения по дисциплине:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Компетенция / Индикатор** | **Содержание** | **Результаты обучения по дисциплине** |
|  | **ОПК-1** | **Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности** |  |
|  | ОПК-1.1 | З- ОПК- 1 Знать: основы математики, физики, вычислительной техники и программирования |  |
|  | ОПК-1.2 | У- ОПК- 1 Уметь: решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования |  |
|  | ОПК-1.3 | В- ОПК- 1 Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности |  |
|  | **ОПК-2** | **Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных** |  |
|  | ОПК-2.1 | З-ОПК-2 Знать: современные методы и средства обработки и представления данных экспериментальных исследований |  |
|  | ОПК-2.2 | У-ОПК-2 уметь: выбирать современные методы и средства обработки и представления данных экспериментальных исследований, составлять алгоритмы, писать и отлаживать коды на языке программирования, тестировать работоспособность программы, интегрировать программные модули |  |
|  | ОПК-2.3 | В-ОПК-2 владеть: навыками применения методов и средств обработки и представления данных экспериментальных исследований, языками программирования, навыками отладки и тестирования работоспособности программ, применяемых для решения профессиональных задач |  |
|  | **ОПК-3** | **Способен разрабатывать модели и компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии** |  |
|  | ОПК-3.1 | З-ПК-3 Знать: схемотехнику логических схем, цифровых и запоминающих устройств, принципы построения и элементы микропроцессоров и микроконтроллеров, принципы работы программируемых логических матриц и программируемой матричной логики, основы объектно- ориентированного подхода к программированию, базы данных и системы управления базами данных для информационных систем различного назначения, принципы построения современных операционных систем и особенности их применения |  |
|  | ОПК-3.2 | У-ПК-3 Уметь: строить логические схемы счетчиков, регистров, сумматоров и запоминающих устройств, строить временные диаграммы работы интерфейсов и контроллеров, сопрягать аппаратные и программные средства в составе аппаратно- программных комплексов, работать с современными системами программирования, включая объектно- ориентированные |  |
|  | ОПК-3.3 | В-ПК-3 Владеть: современными инструментальными средствами проектирования цифровых устройств, языками процедурного и объектно- ориентированного программирования, навыками разработки и отладки программ |  |
|  | **ОПК-5** | **Способен инсталлировать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем** |  |
|  | ОПК-5.1 | З-ОПК-5 Знать: основы системного администрирования, администрирования СУБД, современные стандарты информационного взаимодействия систем |  |
|  | ОПК-5.2 | У-ОПК-5 Уметь: выполнять параметрическую настройку информационных и автоматизированных систем |  |
|  | ОПК-5.3 | В-ОПК-5 Владеть: навыками инсталляции программного и аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем |  |

# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 кредита,

часов 108

в том числе: контактная работа 36, самостоятельная работа 36, контроль 36 (экзамен)

8 семестр: контактная работа 36 (лекции 18, практики 18), самостоятельная работа 36, контроль 36

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Раздел учебной дисциплины | Недели | Виды учебной деятельности, включая СРС, трудоемкость (в часах) | | | | Текущий контроль успеваемости (*неделя, форма*) | Аттестация раздела  (*неделя, форма*) | Макс. балл за раздел |
| Лекции | Практ. занятия/ семинары | Лаб. раб. | СРС |
|  | 9 семестр |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Параллельные вычислительные системы | 1-6 | 12 | 12 | 0 | 23 | 1ПР1  3ПР2  5ПР3 | 6КР1 | 14 |
| 2 | Технологии разработки параллельных программ | 7-11 | 10 | 14 | 0 | 27 | 7ПР4  8ПР5  9ПР6  10ПР7  11ПР8 | 11ДЗ1 | 21 |
| 3 | Параллельные алгоритмы | 12-17 | 12 | 8 | 0 | 26 | 12ПР9  14ПР10  16ПР11 | 16ДЗ2 | 15 |
|  | Всего часов: | 1-17 | 34 | 34 | 0 | 76 | 144 |  | 0 |
|  | Итого баллов за семестр: |  | 32 | 32 |  | 80 |  |  | 50 |
|  | Зачет: |  |  |  |  |  |  |  | 50 |
|  | Итого за 8 семестр: |  |  |  |  |  |  |  | 100 |

Обозначения оценочных средств: ПР - практическая работа, КР - контрольная работа, ДЗ - индивидуальное домашнее задание.

Содержание разделов учебной дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Раздел учебной дисциплины | Содержание раздела |
| 1 | Параллельные вычислительные системы | Важность проблематики параллельных вычислений. Обзор современных параллельных вычислительных систем. Мультипроцессоры и мультикомпьютеры. Типовые топологии сети передачи данных. Классификация и оценка производительности. Понятие кластерных систем. Показатели эффективности параллельных вычислений: ускорение, эффективность, масштабируемость. Модель вычислений в виде графа "операции-операнды". Анализ модели: определение времени выполнения параллельного метода, оценка максимально достижимого распараллеливания, выбор вариантов распределения вычислительной нагрузки. Законы Амдаля и Густавсона-Барсиса. Агрегация модели вычислений. Критерии оценки топологии сети. Алгоритмы маршрутизации и методы передачи данных. Типовые операции взаимодействия. Методы логического представления топологии сети. Оценка времени передачи данных для кластерных систем. |
| 2 | Технологии разработки параллельных программ | Общая характеристика стандарта MPI. Режимы передачи данных. Коллективные операции. Конструирование производных типов данных. Управление процессами. Создание логических топологий. Примеры: матричные вычисления, решение уравнений в частных производных. Общая характеристика стандарта OpenMP. Создание параллельных областей. Разделение вычислительной нагрузки между потоками. Работа с данными. Синхронизация. Функции и переменные окружения. Сравнительная характеристика подходов параллельного программирования для систем с распределенной и общей памятью. |
| 3 | Методы распараллеливания | Моделирование параллельных программ. Этапы разработки: разделение вычислений, выделение информационных зависимостей, масштабирование и распределение вычислений между процессорами. Демонстрация на примере решения гравитационной задачи *N*-тел. Матричные вычисления: матрично-векторное умножение, умножение матриц, решение систем линейных уравнений, сортировка, обработка графов, решение уравнений в частных производных, оптимизация. |

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательный процесс по дисциплине строится на основе комбинации образовательных технологий. При освоении разделов дисциплины используется сочетание видов учебной деятельности (лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента) с использованием интерактивных форм проведения занятий в аудитории.

Используемые образовательные технологии при изучении данной дисциплины:

- контекстное обучение;

- метод проектов;

- работа в команде;

- дискуссия;

- тренинг;

Интерактивные формы проведения занятий составляют 34 часа или 50% от общего объема аудиторных занятий.

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

## Текущий контроль проводится в виде контроля выполнения практических работ.

Примерные темы практических работ

1. Разработка параллельных программ для вычислительных систем с распределенной памятью с использованием интерфейса передачи сообщений MPI
2. Разработка параллельных программ для вычислительных систем с общей памятью с использованием технологии ОреnМР
3. Практикум по оценке эффективности параллельных методов с использованием системы ПараЛаб
4. Распараллеливание матрично-векторного умножения
5. Распараллеливание матричного умножения
6. Решение системы линейных уравнений
7. Распараллеливание алгоритмов сортировки
8. Распараллеливание вычислений на графах
9. Методы параллельных вычислений для решения дифференциальных уравнений в частных производных
10. Система управления кластером Microsoft Compute Cluster
11. Библиотеки параллельных методов

## Рубежный контроль (аттестация раздела) проводится в виде контрольных работ и индивидуальных домашних заданий.

### Контрольная работа № 1

Тема: Параллельные вычислительные системы

Время проведения - 6 неделя.

Написать и оценить параллельную программу

Варианты:

1) MPI

2) OpenMP

### Индивидуальное домашнее задание № 1.

Тема: Параллельное программирование на основе MPI

Задание выдается на 7 неделе. Срок сдачи задания - 11 неделя.

Разработать параллельный алгоритм и программу для вычисления разложения в ряд Тейлора.

Варианты:

1) *sin* x

2) *cos* x

3) *ln* x

4) *e*x

### Индивидуальное домашнее задание № 2.

Тема: Параллельные алгоритмы

Задание выдается на 12 неделе. Срок сдачи задания - 17 неделя.

Разработать параллельную программу о построить необходимые оценки

Варианты:

1) Выполните реализацию параллельного алгоритма пузырьковой сортировки. Проведите эксперименты. Постройте теоретические оценки с учетом тех операций пересылок данных, которые использовались при реализации, и параметров вычислительной системы. Сравните получаемые теоретические оценки с результатами экспериментов.

2) Выполните реализацию параллельного алгоритма быстрой. Определите значения параметров латентности, пропускной способности и времени выполнения базовой операции для используемой вычислительной системы и получите оценки показателей ускорения и эффективности для реализованного метода параллельных вычислений.

3) Разработайте параллельную схему вычислений для широко известного алгоритма сортировки слиянием. Выполните реализацию разработанного алгоритма и постройте все необходимые теоретические оценки сложности метода.

4) Выполните реализацию параллельного алгоритма Прима. Проведите вычислительные эксперименты. Постройте теоретические оценки с учетом параметров используемой вычислительной системы. Сравните полученные оценки с экспериментальными данными.

## Промежуточная аттестация выполняется в виде зачета.

Примерный перечень вопросов к зачету:

1) Основные способы достижения параллелизма.

2) Классификация параллельных вычислительных систем по Флинну.

3) Различие между мультипроцессорами и мультикомпьютерами.

4) Топологии сетей передачи данных.

5) Модель «Операция-операнд».

6) Распределение вычислений между процессорами.

7) Расчет времени выполнения параллельного алгоритма.

8) Определение понятий «ускорение», «эффективность», «стоимость вычислений».

9) Масштабируемость параллельных алгоритмов.

10) Распараллеливание последовательного алгоритма суммирования числовых значений.

11) Каскадная схема суммирования.

12) Алгоритм вычисления операции циклического сдвига.

13) Основные операции передачи данных.

14) Алгоритм редукции.

15) Модель «Подзадача-сообщение».

16) Модель «Процесс-канал».

17) Время выполнения MPI программы.

## Самостоятельная работа студента

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Раздел учебной дисциплины | Виды СРС | Часов |
| 8 семестр |  |  |
| Все | ПЛ1-17, ПП1-11 | 20 |
| Параллельные вычислительные системы | ПК1 | 17 |
| Технологии разработки параллельных программ | ДЗ1 | 17 |
| Параллельные алгоритмы | ДЗ2 | 22 |
|  | Всего часов: | 76 |

ДЗ — индивидуальное домашнее задание, ПЛ — подготовка к лекциям, ПП — подготовка к практическим занятиям, ПК — подготовка к контрольной работе.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## Основная литература:

Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений : учебное пособие / В.П. Гергель. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ) : Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 424 с. : ил.,табл. – (Основы информационных технологий). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233067.

## Дополнительная литература:

"http://www.intuit.ru/studies/courses/1110/153/info" (Национальный открытый университет «Интуит», курс «Параллельное программирование», автор А. Барский).

Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002, - 608 с.: ил.

# МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## Лекции проводятся в аудиторном классе, оборудованном доской.

## Практические занятия проводятся в компьютерном классе (11 компьютеров).

Требуемое программное обеспечение

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Программный продукт | Количество |
| 1 | Операционная система Microsoft Windows 10 | 1 шт. на компьютер |
| 2 | Среда программирования Microsoft Visual Studio .NET | 1 шт. на компьютер |

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки (специальности):

|  |  |
| --- | --- |
| 09.03.01 Информатика и вычислительная техника | |
| Автор | Зубаиров А. Ф. |
| Рецензент(ы) | Синяков В.Е., начальник СИТ ФГУП «ПО «МАЯК» |
| Программа одобрена на заседании  методического совета кафедры | 24.05.2021 протокол №5 |