

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов»*

*Факультет физико-математических и естественных наук*

Рекомендовано МССН

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ТЕХНОЛОГИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности**

01.04.02 Прикладная математика и информатика

*(указываются код и наименование направления подготовки/специальности)*

**Направленность программы (профиль)**

магистратура «Математические модели в междисциплинарных исследованиях»

*(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))*

### 1. Цели и задачи дисциплины:

Изучить основы параллельного программирования, и особенности алгоритмизации задач связанных с параллельным программированием. Систематизация знаний о методах и алгоритмах параллельного программирования, моделях параллельных вычислений. Изучить и закрепить методы и способы распараллеливания и построения параллельных программ. Исследовать и реализовать набор параллельных алгоритмов для стандартных типовых задач. Реализация указанной цели включает последовательное изложение теоретического материала на лекциях, отработку приемов решения задач на практических занятиях; промежуточный и итоговый контроль выявляют степень усвоения полученных навыков.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП:

Математический и естественнонаучный цикл Б.1.Б.5, Базовая часть

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

#### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

| № п/п                        | Шифр и наименование компетенции  | Предшествующие дисциплины         | Последующие дисциплины (группы дисциплин)                                |
|------------------------------|--|-----------------------------------|--|
| Профессиональные компетенции |  |                                   |  |
| 1                            | ПК.2. способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач  | Непрерывные математические модели | Компьютерные технологии в науке и образовании, Междисциплинарный экзамен |
| 2                            | ПК.3. способностью разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности | Научное программирование          | Компьютерные технологии в науке и образовании, Междисциплинарный экзамен |

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** определение алгоритма (по Мальцеву), представление алгоритма, общее представление параллельного алгоритма, методы параллельного программирования с разделяемыми переменными, синхронизацию процессов через доступ к общим ресурсам, понятие о критических интервалах, семафорах, программирование параллельных алгоритмов с помощью критических интервалов и семафоров, методы распределенного параллельного

программирования, синхронизацию процессов, взаимодействие распределенных процессов, модели асинхронных вычислений: Э.Дейкстры и Ч.Хоара, что такое ускорение и эффективность параллельных программ. Закон Амдала, основы нейронных сетей, системы параллельного программирования MPI, OpenMP, Intel PVB, CUDA, OpenCL.

**Уметь:** создавать параллельные программы для алгоритмов матричных задач параллельное умножение матрицы на вектор и матрицы на матрицу несколькими способами, создавать параллельные программы для задач решения систем линейных уравнений, создавать параллельные программы для задач сортировок разными методами, создавать параллельные программы для алгоритмов матричных задач на вычислительных системах с топологией двух и трех мерных решеток, создавать параллельные программы для задач, решаемых сеточными методами, создавать параллельные программы, реализующие многослойные нейронные сети.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                        | Всего часов | Модули |   |     |   |
|---|-------------|--------|---|-----|---|
|   |             | 1      | 2 | 3   | 4 |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>         | 36          |        |   | 36  |   |
| В том числе:                              |             |        |   |     |   |
| Лекции                                    |             |        |   |     |   |
| Практические занятия (ПЗ)                 |             |        |   |     |   |
| Семинары (С)                              | 18          |        |   | 18  |   |
| Лабораторные работы (ЛР)                  | 18          |        |   | 18  |   |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>     | 100         |        |   | 108 |   |
| В том числе:                              |             |        |   |     |   |
| Курсовой проект (работа)                  |             |        |   |     |   |
| Расчетно-графические работы               |             |        |   |     |   |
| Реферат                                   |             |        |   |     |   |
| <i>Другие виды самостоятельной работы</i> | 100         |        |   | 108 |   |
|   |             |        |   |     |   |
| Промежуточная аттестация                  |             |        |   |     |   |
| Общая трудоемкость                        | час         | 136    |   | 144 |   |
|   | зач. Ед.    | 4      |   | 4   |   |

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

| Название разделов (тем) дисциплины | Краткое содержание разделов (тем) дисциплины: |
|------------------------------------|---|
|------------------------------------|---|

|  |  |
|--|--|
| <b>Основные понятия вычислительных методов</b>             | Проблемы больших задач. Примеры. Принципы построения параллельных вычислительных систем. Анализ сложности вычислений и оценка возможности распараллеливания. Архитектура параллельных вычислительных систем.   |
| <b>Принципы разработки параллельных методов</b>            | Механизм передачи данных. Анализ трудоемкости. Представление топологии коммуникационной среды. Оценка трудоемкости для передачи данных для кластерных систем. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов.  |
| <b>Моделирование параллельных программ</b>                 | Этапы разработки параллельных алгоритмов. Графовые модели программ. Графы зависимостей и минимальные графы. Простые и элементарные графы. Построение минимальных графов зависимостей. Эквивалентные преобразования программ. Наиболее распространенные преобразования программ. Развертка графов. Макрографы и укрупненное представление зависимостей. |
| <b>Параллельные алгоритмы</b>                              | Параллельные методы умножения матрицы на вектор, методы матричного умножения, решение систем линейных уравнений. Параллельные методы сортировки. Параллельные методы на графах. Параллельные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Нейронные сети.  |
| <b>Программирование высокопроизводительных вычислений.</b> | Параллельное программирование с использованием технологии MPI. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP. Параллельное программирование с использованием технологии CUDA. Параллельное программирование с использованием математических пакетов.  |

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                     | Лекц. | Практические занятия |    |             |
|-------|---|-------|----------------------|----|-------------|
|       |   |       | ИЗ/С                 | ЛР | из них в ИФ |
| 1     | Высокопроизводительные вычисление: основные понятия |       | 4                    | 4  |             |
| 2     | Принципы разработки параллельных методов            |       | 4                    | 4  |             |
| 3     | Моделирование параллельных программ                 |       | 4                    | 4  |             |
| 4     | Параллельные алгоритмы                              |       | 4                    | 4  |             |

|   |   |  |   |   |  |
|---|---|--|---|---|--|
| 5 | Программирование высокопроизводительных вычислений. |  | 2 | 2 |  |
|---|---|--|---|---|--|

### 5. Лабораторный практикум

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                     | ПЗ |
|-------|---|----|
| 1.    | Высокопроизводительные вычисление основные понятия. | 4  |
| 2.    | Принципы разработки параллельных методов            | 4  |
| 3.    | Моделирование параллельных программ.                | 4  |
| 4     | Параллельные алгоритмы                              | 4  |
| 5     | Программирование высокопроизводительных вычислений. | 2  |

### 6. Практические занятия (семинары)

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                     | ПЗ |
|-------|---|----|
| 1.    | Высокопроизводительные вычисление основные понятия. | 4  |
| 2.    | Принципы разработки параллельных методов            | 4  |
| 3.    | Моделирование параллельных программ.                | 4  |
| 4     | Параллельные алгоритмы                              | 4  |
| 5     | Программирование высокопроизводительных вычислений. | 2  |

### 7. Курсовые работы – не предусмотрены.

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

Илья Федотов «Модели параллельного программирования», 2012, Солон-Пресс.

Валентин Воеводин «Параллельные вычисления», ВHV, 2004

Александр Старченко, Евгений Данилкин, Валентина Николаева, Сергей Проханов Практикум по методам параллельных вычислений, издательство МГУ, 2010

Джейсон Сандерс, Эдвард Кэндрот. «Технология CUDA в примерах. Введение в программирование графических процессоров», ДМК Пресс, 2015

б) дополнительная литература:

1. Snir M., Otto S. W., Huss-Lederman S., Walker D., and Dongarra J.. MPI: The Complete Reference. MIT Press. Boston, 1996.

2. В.Э.Малышкин, В.А..Вшивков, М.А.Краева. О реализации метода частиц на мультипроцессорах. – Новосибирск, 1995. – 37 с. – (Препринт / РАН. Сиб. отд-ние. ВЦ; 1052).

3. Евреинов Э.В., Косарев Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. – Новосибирск: Наука, 1966. – 308 с.

4. Миренков Н.Н. Параллельное программирование для многомодульных вычислительных систем. – Москва: Радио и связь, 1989. – 320 с.

5. Малышкин В.Э. Линеаризация массовых вычислений. //Системная информатика / Под ред. В.Е.Котова. – Новосибирск: Наука. – 1991, №1. – С. 229–259.

6. Корнеев В.Д. Система и методы программирования мультикомпьютеров на примере вычислительного комплекса PowrXplorer. – Новосибирск, 1998. – 56 с. – (Препринт / РАН. Сиб. отд-ние. ИВМиМГ; 1123)
7. Корнеев В.Д. Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры – Новосибирск, 1998. – 27 с. – (Препринт / РАН. Сиб. отд-ние. ИВМиМГ; 1124)
8. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. - 220 с.
9. Дейкстра Э. Дисциплина программирования: Пер. с англ. –М.:Мир,1978 –247 с.
10. Петерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. – М.:Мир,1984 –264 с.
11. Джоунз Г. Программирование на языке Оккам: Пер. с англ. – М.:Мир,1989 –208
12. Кук С. Матричные процессоры на СБИС: Пер. с англ. –М.:Мир,1991 –672 с.
13. В.Е. Котов. Сети Петри. Наука, Сибирское отделение, 1991.
14. Корнеев В.Д. Краткое руководство по параллельному программированию на вычислительной системе POWERXPLOER. – Новосибирск, 1997. – (Методическое пособие, Изд-во НГТУ; 1521) – 72 с.
15. Малышкин В.Э. Основы параллельных вычислений. – Новосибирск, 1999. – (Методическое пособие, Изд-во НГТУ; ) – 55 с.

**Вся литература есть в библиотеке РУДН и в электронном виде на кафедре.**

**Программное обеспечение** – Windows, Microsoft Office, Qt, TeX, WinEdt.

**Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы** – Yandex, Google, MathNet.

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

учебная аудитория для проведения семинарских занятий, аудитория для чтения лекций, ноутбук - 1шт., проектор - 1шт., экран - 1шт., ксерокс - 1 шт., принтер - 1шт., сканер - 1 шт. Компьютерный класс с установленным ПО (Windows, Qt )

#### **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

Курс изучается в форме лекций и практических занятий. Базой для данного курса является курс численных методов, методов математической физики, алгоритмические языки и программирование. За семестр проводятся лабораторные занятия в компьютерном классе, результаты которых учитываются при выставлении оценок, и один коллоквиум. На коллоквиуме требуется знание основных понятий и определений. Итоговый контроль знаний предполагает более углублённое знание и понимание теории численных методов и их приложения для вычислительных экспериментов.

#### **Разработчик:**

Старший преподаватель  
Математического института



Н.П. Аносова

Руководитель программы:  
Директор Математического института



А.Л.Скубачевский

**Приложение 1.**  
(обязательное)

**Математический институт им. С.М. Никольского**  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН

на заседании института

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол №\_\_

Директор института

\_\_\_\_\_ А.Л. Скубачевский

(подпись)

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

## ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Технологии вычислительного эксперимента  
(наименование дисциплины)

01.04.02 «Прикладная математика и информатика»\_

\_\_\_\_\_ магистр \_\_\_\_\_

Квалификация (степень) выпускника

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Программные математические пакеты и системы»

Направление/Специальность: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

| Код контролируемой компетенции или ее части | Контролируемый раздел дисциплины  | Контролируемая тема дисциплины  | Наименование оценочного средства |      |            |         |               |               |                |               |               |                   |                          |         | Баллы темы          | Баллы раздела |    |
|---|-----------------------------------|---|----------------------------------|------|------------|---------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------|---------------------|---------------|----|
|   |                                   |   | Текущий контроль                 |      |            |         |               |               |                |               |               |                   | Промежуточная аттестация |         |                     |               |    |
|   |                                   |   | Опрос                            | Тест | Коллоквиум | Реферат | Выполнение ЛР | Выполнение ДЗ | Выполнение РГР | Выполнение КР | Выполнение КП | Работа на занятии | Работа на инд. занятии   | Экзамен | Прочие формы контр. | ...           |    |
| ПК-2,3                                      | 1. Основы работы с Maple и MatLab | Основные функции интерфейса. Работа с файловой системой, редактирование и выполнение расчетов.  |                                  |      |            |         |               |               |                |               | 1             |                   |                          | 1       |                     |               | 2  |
|   | 2. Типы данных и работа с ними    | использование переменных простого типа, символьные и численные вычисления. Точность вычислений, преобразование различных типов данных. Сложные типы |                                  |      |            |         | 5             |               |                |               | 2             |                   |                          | 4       |                     |               | 11 |

|  |                                       |   |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |  |  |    |
|--|---------------------------------------|---|--|--|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|--|--|----|
|  |                                       | данных (наборы, списки, массивы, вектора, матрицы).<br>Запись данных в файл и чтение из файла. Элементы графического представления данных.                                |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |  |  |    |
|  | 3. Математические выражения и функции | Операторы и операнды. Их применение к различным типам данных. Операции над сложными типами данных. Работа с математическими функциями и выражениями<br>Подстановки.       |  |  |  |  | 5 |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  | 11 |
|  | 4. Математический анализ              | Сумма и произведение членов последовательности.<br>Вычисление производной функции.<br>Вычисление интеграла функции.<br>Вычисление пределов.<br>Разложение функций в ряды. |  |  |  |  | 5 |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  | 11 |

|  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|--|--|----|
|  |  | Визуализация результатов.<br>Решение уравнений и неравенств  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |  |  |    |
|  | 5. Анализ функциональных зависимостей и обработка данных | Поиск экстремумов. Анализ функции на непрерывность. Кусочные функции и работа с ними. Операции с полиномами. Интерполяция и аппроксимация функций. Интегральные преобразования функций. Регрессионный анализ |  |  |  |  | 5 |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  | 11 |
|  | 6. Линейная алгебра, оптимизация и регрессии             | Основные операции линейной алгебры. Пакеты линейной алгебры в Maple и MatLab. Линейная оптимизация и линейное программирование.  |  |  |  |  | 5 |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  | 11 |
|  | 7. Решение дифференциальных уравнений                    | Решение ОДУ первого порядка. Инструментальные пакеты для решения дифференциальных уравнений.   |  |  |  |  | 5 |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  | 11 |
|  | 8. Графические   | Двумерная графика.   |  |  |  |  |   |  |  | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  | 6  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|-----|
|  | возможности Maple и MatLab                                     | Построение трехмерных графиков и поверхностей. Динамическая графика                                |  |  |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |     |
|  | 9. Основы программирования в пакетах Maple и MatLab            | Операторы циклов и ветвления. Задание пользовательских процедур и функций. Средства отладки        |  |  |  |  |  | 10 |  |  |  | 4  |  |  |  | 6  |  |  | 20  |
|  | 10. Интеграция мат. пакетов с приложениям и написанными на C++ | Создание интерфейса на C++. Вызов встроенных функций MatLab. Вызов пользовательских функций MatLab |  |  |  |  |  |    |  |  |  | 2  |  |  |  | 4  |  |  | 6   |
|  |  | <b>ИТОГО:</b>  |  |  |  |  |  | 40 |  |  |  | 21 |  |  |  | 39 |  |  | 100 |

## Приложение 3

Дисциплина «Технологии вычислительного эксперимента»

### Темы лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 Знакомство с мат. пакетами.

- 1) Основные функции интерфейса. Работа с файловой системой, редактирование и выполнение расчетов.

Лабораторная работа № 2 Начало работы с мат. пакетами.

- 1) использование переменных простого типа, символьные и численные вычисления.
- 2) Точность вычислений, преобразование различных типов данных.

Лабораторная работа № 3 Сложные типы данных.

- 1) Сложные типы данных (наборы, списки, массивы, вектора, матрицы).
- 2) Запись данных в файл и чтение из файла. Элементы графического представления данных.

Лабораторная работа № 4 Математические выражения и функции.

- 1) Операторы и операнды. Их применение к различным типам данных. Операции над сложными типами данных.
- 2) Работа с математическими функциями и выражениями
- 3) Подстановки.
- 4) Графики функций

Лабораторная работа № 5 Решение задач математического анализа.

- 1) Сумма и произведение членов последовательности
- 2) Вычисление производной функции
- 3) Вычисление интеграла функции
- 4) Вычисление пределов
- 5) Разложение функций в ряды
- 6) Визуализация результатов
- 7) Решение уравнений и неравенств

## Лабораторная работа № 6 Анализ функциональных зависимостей

- 1) Поиск экстремумов
- 2) Анализ функции на непрерывность
- 3) Кусочные функции и работа с ними
- 4) Операции с полиномами
- 5) Интерполяция и аппроксимация функций
- 6) Интегральные преобразования функций
- 7) Регрессионный анализ

## Лабораторная работа № 7 Линейная алгебра

- 1) Основные операции линейной алгебры
- 2) Пакеты линейной алгебры в Maple и MatLab.
- 3) Линейная оптимизация и линейное программирование.

## Лабораторная работа № 8 Решение дифференциальных уравнений

- 1) Решение ОДУ первого порядка.
- 2) Инструментальные пакеты для решения дифференциальных уравнений.
- 3) Графическая визуализация решения дифференциальных уравнений.

## Лабораторная работа № 9 Графика системы Maple и MatLab

- 1) Двумерная графика
- 2) Построение трехмерных графиков и поверхностей
- 3) Динамическая графика

## Лабораторная работа № 10 Основы программирования в Maple и MatLab

- 1) Операторы циклов и ветвления
- 2) Задание пользовательских процедур и функций.
- 3) Средства отладки