

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

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

### КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

Рекомендуется для направления (ий) подготовки (специальности (ей))

01.04.01 «Математика»

специализация «Неклассические задачи анализа и дифференциальных уравнений, математическое моделирование и машинное обучение»

Квалификация (степень) выпускника

**магистр**

(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ОС ВО РУДН)

**1. Цели и задачи дисциплины:** Целью курса является углубленное изучение технологии параллельного программирования в системах с разделенной памятью по технологии MPI и параллельных методов вычислений. Задача курса состоит в изучении современных высокопроизводительных методов решения ресурсоемких вычислительных научных и инженерных задач.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Компьютерные технологии в науке и образовании» относится к базовой компоненте учебного плана. В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

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

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общепрофессиональные компетенции			
1.	УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	-	Государственный экзамен

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (для направления «Математика и компьютерные науки актуальна только первая компетенция):  
УК-2

УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** расширенные возможности технологии параллельного программирования.

**Уметь:** применять средства параллельного программирования для решения научных задач.

**Владеть:** современными средствами разработки программных комплексов с использованием параллельных технологий.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		1	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	128	36	32	36	24
В том числе:					

Лекции					
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	128	36	32	36	24
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>304</b>	<b>36</b>	<b>76</b>	<b>108</b>	<b>84</b>
В том числе:					
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	268	36	76	108	48
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36				36
Общая трудоемкость	час	72	108	144	108
	зач. Ед.	2	3	4	3

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Принципы построения параллельных вычислительных систем	Раздел посвящен рассмотрению принципов построения параллельных вычислительных систем (ПВС). Дана краткая характеристика способов достижения параллелизма, приведены примеры ПВС. Приводится классификация параллельных вычислительных систем, рассматриваются типовые топологии сетей передачи данных в ПВС
2.	Моделирование и анализ параллельных вычислений	Раздел описывает модель вычислений в виде графа "операции – операнды". Приводятся основные показатели качества параллельных методов — ускорение (speedup), эффективность (efficiency), стоимость (cost) и масштабируемость (scalability) вычислений. Введенные понятия демонстрируются на примере учебной задачи нахождения частных сумм последовательности числовых значений
3.	Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов	Раздел посвящен вопросам анализа информационных потоков, возникающих при выполнении параллельных алгоритмов. Дается общая характеристика механизмов передачи данных, проводится анализ трудоемкости основных операций обмена информацией, рассматриваются методы логического представления структуры многопроцессорных вычислительных систем
4.	Принципы разработки параллельных методов	В разделе рассматриваются базовые принципы разработки параллельных алгоритмов. Описываются основные понятия, подробно разбираются все этапы

		создания и анализа параллельных алгоритмов. Приводится пример применения обсуждаемых методов
5.	Параллельное программирование на основе MPI. Дополнительные возможности	В разделе рассматривается новый стандарт для программирования в системах с распределенной памятью MPI. Дается обзор истории возникновения и развития стандарта, а также перечисляются его дополнительные возможности. Приводятся примеры программ, использующих рассматриваемый стандарт
6.	Параллельные методы умножения матрицы на вектор	В разделе рассматривается задача умножения матрицы на вектор. Приводится постановка задачи и последовательный алгоритм ее решения. Описываются методы разделения матрицы между процессорами вычислительной системы, которые необходимы для параллельной реализации матричных операций. Далее излагаются три возможных подхода к параллельной реализации алгоритма умножения матрицы на вектор
7.	Параллельные методы матричного умножения	В разделе рассматривается одна из основных задач матричных вычислений — умножение матриц. Приводится постановка задачи и дается последовательный алгоритм ее решения. Далее описываются возможные подходы к параллельной реализации алгоритма и подробно рассматриваются наиболее широко известные алгоритмы: алгоритм, основанный на ленточной схеме разделения данных, алгоритм Фокса (Fox) и алгоритм Кэннона (Cannon)
8.	Решение систем линейных уравнений	В разделе рассматривается задача решения систем линейных уравнений. Приводятся необходимые определения и постановка задачи. Описываются последовательный и параллельный варианты одного из прямых методов решения линейных систем общего вида — метода Гаусса. Далее дается описание последовательного и параллельного алгоритмов, реализующих итерационный метод сопряженных градиентов
9.	Параллельные методы сортировки	В разделе рассматриваются различные алгоритмы сортировки данных. Излагаются как общие принципы, применяемые при распараллеливании, так и конкретные алгоритмы. Теоретически оценивается эффективность рассматриваемых алгоритмов. Приводятся и анализируются результаты вычислительных экспериментов
10.	Параллельные методы на графах	В разделе рассматриваются различные типовые задачи, возникающие при обработке графов. Приводятся алгоритмы, применяемые для решения этих задач, и обсуждаются пути их распараллеливания. Дается теоретическая оценка эффективности рассматриваемых алгоритмов. Анализируются результаты вычислительных экспериментов
11.	Параллельные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных	В разделе рассматриваются вопросы организации параллельных вычислений для решения задач, в которых при математическом моделировании используются дифференциальные уравнения в частных производных. Для численного решения подобных задач обычно

		применяется метод конечных разностей (метод сеток), обладающий высокой вычислительной трудоемкостью. В лекции последовательно разбираются возможные способы распараллеливания сеточных методов на многопроцессорных вычислительных системах с общей и распределенной памятью. При этом большое внимание уделяется проблемам, возникающим при организации параллельных вычислений, анализу причин появления таких проблем и нахождению путей их преодоления. Для наглядной демонстрации излагаемого материала в качестве учебного примера рассматривается проблема численного решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона
12.	Обзорная лекция.	

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего час.
1.	Принципы построения параллельных вычислительных систем			12	18	30
2.	Моделирование и анализ параллельных вычислений			12	18	30
3.	Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов			12	25	27
4.	Принципы разработки параллельных методов			12	25	27
5.	Параллельное программирование на основе MPI. Дополнительные возможности.			12	26	38
6.	Параллельные методы умножения матрицы на вектор			10	36	46
7.	Параллельные методы матричного умножения			10	36	46
8.	Решение систем линейных уравнений			10	36	46
9.	Параллельные методы сортировки			10	28	38
10.	Параллельные методы на графах			10	28	38
11.	Параллельные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных			10	28	38
12.	Итоговый контроль знаний			8		8

## 6. Лабораторный практикум не предусмотрен

№ п/п	Темы лабораторных работ	Трудоемкость

		(час.)
1.	Программные библиотеки для работы с распределенной памятью	12
2.	Оценка показателей ускорения и эффективности параллельных вычислений	12
3.	Разработка алгоритмов для различных сетевых топологий	12
4.	Принципы декомпозиции задач	12
5.	Динамическая модель MPI.	12
6.	Параллельные численные методы линейной алгебры	10
7.	Параллельные численные методы линейной алгебры	10
8.	Параллельные численные методы линейной алгебры	10
9.	Параллельные численные методы сортировки	10
10.	Параллельные численные методы на графах	10
11.	Параллельные численные методы ДУЧП	10

**7. Практические занятия (семинары).** Не предусмотрены.

**8. Курсовые работы** не предусмотрены.

**9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

а) Основная литература:

1. Посыпкин М., Лупин С. Технологии параллельного программирования. М.: Инфра-М, 2008.
2. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
3. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
4. Немнюгин С., Стесик О. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
5. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2004.
6. Букатов А.А., Дацюк В.Н., Жегуло А.И. Программирование многопроцессорных вычислительных систем. Ростов-н/Д.: ООО «ЦВВР», 2003.

б) Дополнительная литература:

1. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.

**10. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Общий аудиторный фонд: поточные аудитории: зал № 1, зал № 2, 485, 495, 497 в учебном корпусе РУД, ул. Орджоникидзе, д. 3 (проекторы –3 шт., ксероксы – 2 шт., сканеры – 2 шт.); групповые аудитории в учебном корпусе РУДН, ул. Орджоникидзе, д. 3 на 3, 4 и 5 этажах, дисплей-классы в

учебном корпусе РУДН, ул. Орджоникидзе, д. 3 (ДК 1 (ауд. Б-35), ДК 2, ДК 3, ДК 4, ДК 5, ДК 6, ДК 7 (все компьютеры в ДК оснащены ОС Windows XP Professional SP3 и ОС Linux, включены в компьютерную сеть РУДН, имеют доступ в Интернет, подключены к сетевому принтеру и плоттеру).

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

Студенту рекомендуется пользоваться литературой из списка основной литературы, приведённого выше, и время от времени, при необходимости, обращаться к дополнительной литературе. В процессе чтения математической литературы следует добиваться чёткого понимания каждого предложения. При необходимости следует возвращаться к уже, казалось бы, пройденному и повторять чтение ещё раз. Рекомендуется при этом восполнять все пропущенные автором (сочтённые им очевидными) рассуждения и решать (если таковые имеются) все сопровождающие текст книги или статьи упражнения. В случае особых затруднений, не решающихся повторным возвращением к прочитанному месту или невозможностью решить то или иное упражнение, студенту рекомендуется незамедлительно обратиться к преподавателю с соответствующим вопросом.

#### **Разработчик:**

**к.ф.-м.н., доц.  
Математического института**

**им. С.М. Никольского**



**В.А. Попов**

**Директор Математического института  
им. С.М. Никольского,**

**д.ф.-м.н., профессор**



**А.Л. Скубачевский**

**Математический институт им. С.М. Никольского**

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН

на заседании института

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

Директор Математического института

\_\_\_\_\_ А.Л. Скубачевский

(подпись)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Компьютерные технологии в науке и образовании

(наименование дисциплины)

01.04.01 «Математика»

специализация «Неклассические задачи анализа и дифференциальных уравнений, математическое моделирование и машинное обучение»



магистр

---

Квалификация (степень) выпускника











***ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО КУРСУ***

1. Принципы построения параллельных вычислительных систем
2. Моделирование и анализ параллельных вычислений
3. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов
4. Принципы разработки параллельных методов
5. Параллельное программирование на основе MPI. Дополнительные возможности
6. Параллельные методы умножения матрицы на вектор
7. Параллельные методы матричного умножения
8. Решение систем линейных уравнений
9. Параллельные методы сортировки
10. Параллельные методы на графах
11. Параллельные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных

## *ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ ДЛЯ СРС*

- Откомпилировать и проверить эффективность выполнения программы вычисления числа Пи на различном числе процессоров
- Определить максимально допустимую длину посылаемого сообщения в данной реализации MPI.
- Реализовать скалярное произведение распределенных между процессорами векторов.
- Сравнить эффективность реализации пересылок данных между двумя выделенными процессорами с блокировкой и без блокировки.
- Определить, возможно ли в данной реализации MPI совмещение асинхронных пересылок данных и выполнения арифметических операций.
- Исследовать эффективность коммуникационных схем из предыдущего задания в зависимости от числа использованных процессов и объема пересылаемых данных, изучить возможности оптимизации.
- Определить выигрыш, который можно получить при использовании отложенных запросов на взаимодействие.
- Сравнить эффективность реализации функции MPI\_SENDRECV с моделированием той же функциональности при помощи неблокирующих операций.
- Смоделировать барьерную синхронизацию при помощи пересылок точка-точка и сравнить эффективность такой реализации и стандартной процедуры MPI\_BARRIER.
- Смоделировать глобальное суммирование методом сдваивания и сравнить эффективность такой реализации с использованием стандартной процедуры MPI\_REDUCE.
- Смоделировать процедуру MPI\_ALLREDUCE при помощи процедур MPI\_REDUCE И MPI\_BCAST.
- Напишите свой вариант процедуры MPI\_GATHER, используя функции отправки сообщений типа точка-точка.
- Подумайте, как организовать коллективный асинхронный обмен данными, аналогичный функции: а) MPI\_REDUCE; б) MPI\_ALLTOALL.
- Исследовать масштабируемость (зависимость времени выполнения от числа процессов) различных коллективных операций на конкретной системе.
- Реализовать разбиение процессов на две группы, в одной из которых осуществляется обмен данными по кольцу, а в другой - коммуникации по схеме master-slave.
- Реализовать разбиение процессов на две группы, в одной из которых осуществляется обмен по кольцу при помощи сдвига в одномерной декартовой топологии, а в другой - коммуникации по схеме master-slave, реализованной при помощи топологии графа.
- Использовать двумерную декартову топологию процессов при реализации параллельной программы перемножения матриц.
- Написать программу транспонирования матрицы с использованием производных типов данных.