

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР

А.А. Панфилов

« 17 » \_\_\_\_\_ 04 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Распределенная обработка информации**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Профиль/программа подготовки: \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения очно-заочная (ускоренное обучение на базе СПО)

Семестр	Трудоёмкость зач. ед./час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	6/216	18	18	36	108	Экзамен (36), КР
Итого	6/216	18	18	36	108	Экзамен (36), КР

Владимир, 2015 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение основных понятий и принципов распределенной обработки данных и высокопроизводительных вычислений.

Формирование практических навыков, необходимых для разработки параллельных программ с использованием стандартизированного интерфейса передачи сообщений MPI (Message Passing Interface) для систем с распределенной памятью.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Распределенная обработка информации» находится в вариативной части основной профессиональной образовательной программы и относится к дисциплинам по выбору.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения (Архитектура компьютеров, Алгоритмы и алгоритмические языки, Теория вычислительных процессов и структур, Структуры и алгоритмы компьютерной обработки данных, Системные и математические основы суперкомпьютерных технологий). Для успешного освоения курса студенты должны: знать устройство и принципы функционирования ЭВМ, иметь представление о базовых алгоритмах и структурах данных, уметь применять языки программирования высокого уровня.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие профессиональные компетенции:

- готовность анализировать проблемы и направления развития технологий программирования (ОПК-3);
- способность применять в профессиональной деятельности основные методы и средства автоматизации проектирования, производства, испытаний и оценки качества программного обеспечения (ОПК-4).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1. **Знать:** классификацию распределенных вычислительных систем, методы повышения производительности вычислительных систем, подходы к построению параллельных алгоритмов (ОПК-3, ОПК-4);

2. **Уметь:** самостоятельно извлекать полезную научно-техническую информацию из различных источников, применять изученные методы при проектировании распределенных алгоритмов (ОПК-3, ОПК-4);

3. **Владеть:** навыками использования современных средств решения вычислительных задач для систем с распределенной памятью (ОПК-3, ОПК-4).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	СРС	КП / КР			
1.	Введение	4	1-4	3	4	9	6		8/50%	Рейтинг-контроль №1	
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем	4	5-8	4	4	9	12		8/47%		
3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	4	9-12	5	5	9	12		9/47%		Рейтинг-контроль №2
4.	Стандарт MPI	4	13-18	6	5	9	78		10/50%		Рейтинг-контроль №3
<b>Всего:</b>		4	1-18	18	18	36	108	КР	35/48%	Экзамен(36)	

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### ЛЕКЦИИ

##### 1. Введение

Распределенные системы и распределенные вычисления. Предпосылки развития высокопроизводительных вычислений и современные достижения. Области использования распределенных вычислений.

##### 2. Архитектура распределенных вычислительных систем

Методы и единицы оценки производительности вычислительных систем.

Основные направления развития высокопроизводительных компьютеров. Параллельная обработка. Конвейерная обработка.

Классификация Флинна. SISD-, SIMD-, MISD-, MIMD-системы. Мультипроцессоры и мультикомпьютеры. Системы с общей и распределенной памятью. NUMA- архитектуры. MPP-системы. Кластерные системы. Мета-компьютинг.

##### 3. Основные понятия параллельных алгоритмов

Распараллеливание алгоритмов на основе данных. Распараллеливание алгоритмов на основе задач. Автоматическое распараллеливание и границы применимости.

Степень параллелизма численного алгоритма. Алгоритм сдваивания. Зернистость. Ускорение и эффективность параллельного алгоритма.

Закон Амдала и его практический смысл.

#### **4. Стандарт MPI**

Назначение и история развития стандарта. Мультиплатформенность и независимость от языка.

Классификация функций MPI. Базовые типы данных.

Инициализации и закрытие MPI-процессов.

Коммуникационные операции типа «точка-точка».

Коллективные операции передачи данных в группе процессов.

Работа с группами процессов и коммутаторами.

Производные (пользовательские) типы данных. Упаковка и распаковка.

Формирование топологии процессов.

#### **Лабораторные и практические работы**

1. Знакомство с MPI. Настройка среды программирования. Написать программу для определения общего числа процессоров (MPI\_Comm\_Size), индивидуального номера процесса (MPI\_Comm\_Rank), вывода имен узлов кластера (MPI\_Get\_Processor\_Name).

2. Написать программу, используя блокирующие коммуникационные функции (MPI\_Send, MPI\_Recv), реализующую алгоритм передачи данных по двум кольцам: нечетные процессора образуют 1 кольцо, четные – второе.

Модифицировать программу, используя функцию MPI\_Sendrecv.

3. Используя функции MPI\_Bcast/ MPI\_Gather/ MPI\_Allgather/ MPI\_Scatter написать параллельную программу, реализующую параллельный алгоритм скалярного умножения векторов.

#### **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);
- обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
- мастер-классы (демонстрация на лабораторных занятиях принципов расчета и проектирования оптических деталей и оптических систем);
- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

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

##### **а) Вопросы к рейтинг-контролю:**

*Рейтинг-контроль №1*

1. Какие существуют единицы измерения производительности? Приведите известные Вам оценки производительности вычислительных систем.

2. Приведите классификацию высокопроизводительных вычислительных систем по организации оперативной памяти. Укажите достоинства и недостатки каждого класса систем.

3. Перечислите архитектуры вычислительных систем согласно классификации Флинна.

4. Дайте сравнительную характеристику моделям параллелизма данных и параллелизма задач.

5. Сформулируйте определение степени параллелизма алгоритма, ускорения и эффективности параллельного алгоритма.

6. Определите среднюю степень параллелизма алгоритма сдваивания, скалярного умножения векторов, умножения матрицы на вектор.

7. Приведите примеры алгоритмов, обладающих идеальной степенью параллелизма.

8. Выведите формулу закона Амдаля и поясните ее практический смысл.

#### *Рейтинг-контроль №2*

9. Приведите примеры локальных и глобальных коммуникационных функций MPI. Отличие блокирующихся и неблокирующихся вызовов

10. Функции инициализации и завершения MPI программ. Определение количества и ранга процессов. Пример.

11. Функции приема/передачи сообщений между отдельными процессами.

12. Групповые (коллективные) взаимодействия. Рассылка целого сообщения процессам. Сборка данных от процессов.

13. Групповые (коллективные) взаимодействия: Рассылка частей сообщения процессам. Сборка частей сообщения с процессов.

14. Функции поддержки распределенных операций: выполнение глобальных операций с возвратом результатов в главный процесс, выполнение глобальных операций с возвратом результатов во все процессы. Синхронизация процессов.

#### *Рейтинг-контроль №3*

15. Типы данных в MPI: базовые и производные. Способы конструирования производных типов. Примеры.

16. Упаковка и распаковка данных в MPI. Пример.

17. Группы процессов. Создание новых групп. Получение информации о группах. Примеры.

18. Коммуникаторы. Понятие интракоммуникатора и интеркоммуникатора. Создание коммуникаторов, удаление коммуникаторов, операции над коммуникаторами. Функции для интеркоммуникаторов. Примеры.

19. Топологии процессов. Декартова топология. Функция сдвига. Функция разбиения. Примеры.

20. Топологии процессов. Топология графа. Функции для работы с топологией графа. Функция определения типа топологии.

**б) Вопросы к экзамену:**

21. Какие существуют единицы измерения производительности? Приведите известные Вам оценки производительности вычислительных систем.

22. Приведите классификацию высокопроизводительных вычислительных систем по организации оперативной памяти. Укажите достоинства и недостатки каждого класса систем.

23. Перечислите архитектуры вычислительных систем согласно классификации Флинна.

24. Дайте сравнительную характеристику моделям параллелизма данных и параллелизма задач.

25. Сформулируйте определение степени параллелизма алгоритма, ускорения и эффективности параллельного алгоритма.

26. Определите среднюю степень параллелизма алгоритма сдваивания, скалярного умножения векторов, умножения матрицы на вектор.

27. Приведите примеры алгоритмов, обладающих идеальной степенью параллелизма.

28. Выведите формулу закона Амдаля и поясните ее практический смысл.

29. Приведите примеры локальных и глобальных коммуникационных функций MPI. Отличие блокирующихся и неблокирующихся вызовов

30. Функции инициализации и завершения MPI программ. Определение количества и ранга процессов. Пример.

31. Функции приема/передачи сообщений между отдельными процессами.

32. Групповые (коллективные) взаимодействия. Рассылка целого сообщения процессам. Сборка данных от процессов.

33. Групповые (коллективные) взаимодействия: Рассылка частей сообщения процессам. Сборка частей сообщения с процессов.

34. Функции поддержки распределенных операций: выполнение глобальных операций с возвратом результатов в главный процесс, выполнение глобальных операций с возвратом результатов во все процессы. Синхронизация процессов.

35. Типы данных в MPI: базовые и производные. Способы конструирования производных типов. Примеры.

36. Упаковка и распаковка данных в MPI. Пример.

37. Группы процессов. Создание новых групп. Получение информации о группах. Примеры.

38. Коммуникаторы. Понятие интракоммуникатора и интеркоммуникатора. Создание коммуникаторов, удаление коммуникаторов, операции над коммуникаторами. Функции для интеркоммуникаторов. Примеры.

39. Топологии процессов. Декартова топология. Функция сдвига. Функция разбиения. Примеры.

40. Топологии процессов. Топология графа. Функции для работы с топологией графа. Функция определения типа топологии.

**в) Экзаменационные задачи:**

1. Напишите программу, используя блокирующие коммуникационные функции (MPI\_Send, MPI\_Recv), реализующую следующий алгоритм: на нулевом процессоре инициализируется переменная (float a); нулевой процессор рассылает переменную a всем процессорам, включая самого себя; после получения переменной a все процессоры прибавляют к ней свой индивидуальный номер и передают на нулевой процессор; нулевой процессор получает от всех процессоров данные и выводит на экран в формате: номер процессора, пересланное им значение переменной a.

2. Напишите программу, используя блокирующие коммуникационные функции (MPI\_Send, MPI\_Recv), реализующую алгоритм передачи данных по кольцу: очередной процессор дожидается сообщения от предыдущего и потом посылает следующему процессу.

3. Напишите программу, используя коммуникационные функции (MPI\_Isend, MPI\_Irecv), передающую двумерный массив между двумя процессорами.

1. Напишите программу, используя коммуникационную функцию (MPI\_Sendrecv), реализующую алгоритм передачи данных по кольцу: очередной процессор дожидается сообщения от предыдущего и потом посылает следующему процессу.

**г) Самостоятельная работа студентов:**

1. Работа с материалами, вынесенными на самостоятельное изучение; подготовка к промежуточной аттестации.

2. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по результатам их выполнения. Контроль осуществляется на занятиях в виде устных ответов на вопросы преподавателя по содержанию отчета.

3. Выполнение задания курсовой работы и подготовка отчета. Защита курсовой работы (зачет/незачет) осуществляется в конце семестра в форме демонстрационного запуска на ЭВМ реализованной программы и ответов на вопросы по содержанию отчета.

1) Достоинства и недостатки SMP- и MPP- архитектур вычислительных систем.

2) Отличие понятий процесса и потока в операционных системах.

3) Проблемы синхронизации задач при параллельном программировании.

4) Стандарт OpenMP. Назначение.

5) Существующие реализации стандарта MPI.

6) Протоколы обмена данными между процессами.

7) Использование утилиты MPIRun.

8) Отладка параллельных приложений.

9) Методика оценки эффективности вычислений.

- 10) Реализация матричных алгоритмов средствами MPI
- 11) Распределенное решение дифференциальных уравнений.

Распределение видов самостоятельной работы по разделам дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины	Вид СРС		
		(1)	(2)	(3)
1.	Введение	6	—	—
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем	12	—	—
3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	12	—	—
4.	Стандарт MPI	40	14	24
	Всего	70 ч.	14 ч.	24 ч.

**д) Задание к курсовой работе:**

1) Реализовать последовательный алгоритм умножения матрицы на вектор, получить зависимость времени реализации алгоритма от размера матрицы.

2) Реализовать параллельный строчно-ориентированный алгоритм умножения матрицы на вектор, вычислить время реализации алгоритма на 2, 4, 8 процессорах для размера матрицы от 100x100 до 1000x1000.

3) Вычислить ускорение и эффективность параллельного алгоритма по сравнению с последовательным в зависимости от размера матрицы.

Примерные темы курсовых работ:

1) Численное решение средствами MPI двумерного нелинейного уравнения теплопроводности методом продольно-поперечной прогонки

2) Численное решение средствами MPI двумерного нелинейного уравнения теплопроводности с помощью схемы расщепления

3) Численное решение средствами MPI двумерного нелинейного уравнения теплопроводности с помощью схемы предиктор-корректор

4) Численное решение средствами MPI трехмерного линейного уравнения теплопроводности с помощью явной разностной схемы

5) Численное решение средствами MPI двумерного уравнения Пуассона итерационным методом Зейделя

6) Численное решение средствами MPI двумерного уравнения Пуассона методом блочных итераций

7) Моделирование средствами MPI процесса взаимодействия твердых частиц с потоком газа

8) Численное решение средствами MPI двумерного уравнения переноса

9) Вычисление ранга произвольной матрицы средствами MPI

10) Моделирование средствами MPI процесса прохождения нейтронов через пластину



## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература**

1. Антонов, Александр Сергеевич. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP : учебное пособие для вузов по направлениям 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / А. С. Антонов ; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ) ; авт. предисл. В. А. Садовничий.— Москва : Московский университет (МГУ), 2012 .— 339 с.: ил. — (Суперкомпьютерное образование) .— Библиогр.: с. 333-334 .— ISBN 978-5-211-06343-3.

2. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс] / Богачёв К.Ю. - М.: БИНОМ, 2013.

3. Модели параллельного программирования [Электронный ресурс] / Федотов И.Е. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012.

4. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования [Электронный ресурс]/ Федотов И.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. — 384 с

### **5. б) дополнительная литература:**

1. . Куликов И.М. Технологии разработки программного обеспечения для математического моделирования физических процессов. Часть 1. Использование суперкомпьютеров, оснащенных графическими ускорителями [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Куликов И.М.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 40 с

2. Модели распределенных вычислений [Электронный ресурс] / Топорков В.В. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011.

3. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богачёв К.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 343 с.

### **в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Лаборатория Параллельных информационных технологий Научно-исследовательского вычислительного центра МГУ <http://parallel.ru>

2. MPICH: a high performance and widely portable implementation of the Message Passing Interface (MPI) standard. <https://www.mpich.org/>

3. Оригиналы стандарта MPI: <http://www.mpi-forum.org/docs/docs.html>.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные аудитории, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Рабочую программу составил: доцент кафедры ФиПМ  А.С. Голубев

Рецензент (представитель работодателя)  Квасов Д.С.

Исполнитель директор ООО "Фе Сервис"

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ протокол № 11А от « 17 » 04 201 5 года.

Заведующий кафедрой  С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

протокол № 11А от « 17 » 04 201 5 года.

Председатель комиссии  С.М. Аракелян

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_