

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Параллельное и распределенное программирование М2.ДВ.2

Направление подготовки: 010400.68 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Кадыров Р.Ф.

**Рецензент(ы):**

-

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 9125914

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) ассистент, к.н. Кадыров Р.Ф. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики ,  
Rafael.Kadyrov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины является практическое введение студентов в разработку прикладного программного обеспечения параллельных многопроцессорных систем. Приводятся сведения об архитектуре высокопроизводительных систем параллельного программирования, таких как MPI, PVM, OpenMP. Рассмотренные системы применяются для численного решения нестационарной задачи теплопроводности с использованием схемы метода конечных элементов.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 010400.68 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

"Параллельное и распределенное программирование" входит в состав профессиональных дисциплин. Читается на 2 курсе, в 3 семестре

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|---|---|
| ПК-10<br>(профессиональные компетенции) | способностью применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии                                    |
| ПК-11<br>(профессиональные компетенции) | способностью приобретать и использовать организационно-управленческие навыки в профессиональной и социальной деятельности   |
| ПК-8<br>(профессиональные компетенции)  | способностью разрабатывать наукоемкое программное обеспечение работы конкретного предприятия  |
| ПК-9<br>(профессиональные компетенции)  | способностью и готовностью проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований  |
| ОК-6<br>(общекультурные компетенции)    | способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки   |
| ОК-7<br>(общекультурные компетенции)    | способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, расширять и углублять свое научное мировоззрение |
| ОК-8<br>(общекультурные компетенции)    | способностью ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения   |

| Шифр компетенции                     | Расшифровка приобретаемой компетенции  |
|--------------------------------------|--|
| ОК-9<br>(общекультурные компетенции) | способностью анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

различия архитектур вычислительных систем;

2. должен уметь:

уметь выбрать подходящий инструмент для каждой из них;

3. должен владеть:

навыками разработки и программирования для многопроцессорных вычислительных систем;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- ориентироваться в различных классификациях многопроцессорных вычислительных систем;
- ориентироваться в средствах и библиотеках параллельного программирования, иметь практические навыки работы с некоторыми из них.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел Дисциплины/ Модуля                  | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) |                      |                     | Текущие формы контроля |
|----|--|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
|    |  |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы |                        |
| 1. | Тема 1. Параллелизм и его использование    | 3       | 1-3             | 3  | 3                    | 0                   | домашнее задание       |
| 2. | Тема 2. Технология программирования OpenMP | 3       | 4-6             | 3  | 3                    | 0                   | домашнее задание       |
| 3. | Тема 3. Технология программирования MPI    | 3       | 7-10            | 4  | 4                    | 0                   | домашнее задание       |

| N  | Раздел Дисциплины/ Модуля                               | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) |                      |                     | Текущие формы контроля                 |
|----|---|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|--|
|    |   |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы |  |
| 4. | Тема 4. Гибридная модель параллельного программирования | 3       | 11-14           | 6  | 6                    | 0                   | контрольная работа<br>домашнее задание |
|    | Тема . Итоговая форма контроля                          | 3       |                 | 0  | 0                    | 0                   | экзамен                                |
|    | Итого   |         |                 | 16   | 16                   | 0                   |  |

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Параллелизм и его использование

###### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Графы информационных зависимостей. Концепция неограниченного параллелизма. Крупноблочное распараллеливание. Низкоуровневое распараллеливание. Оценка эффективности параллельных вычислений.

###### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Уравнение теплопроводности

##### Тема 2. Технология программирования OpenMP

###### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Основные конструкции, работа с переменными, распараллеливание циклов, параллельные секции, критические секции, атомарные операции, операции синхронизации.

###### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Метод конечных элементов.

##### Тема 3. Технология программирования MPI

###### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Общие функции, функции приема/передачи сообщений между процессами. Функции коллективного взаимодействия процессов, создания пользовательских операций, работа с группами процессов. Пересылка разнотипных данных, производные типы данных, упаковка данных.

###### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Явная и неявная схемы Эйлера.

##### Тема 4. Гибридная модель параллельного программирования

###### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Совместное использование технологий программирования MPI, OpenMP

###### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Свойства матриц МКЭ. Разреженные матрицы.

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

| N  | Раздел Дисциплины                       | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|---|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Тема 1. Параллелизм и его использование | 3       | 1-3             | подготовка домашнего задания          | 8                      | домашнее задание                      |

| N  | Раздел Дисциплины                                       | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|---|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 2. | Тема 2. Технология программирования OpenMP              | 3       | 4-6             | подготовка домашнего задания          | 8                      | домашнее задание                      |
| 3. | Тема 3. Технология программирования MPI                 | 3       | 7-10            | подготовка домашнего задания          | 12                     | домашнее задание                      |
| 4. | Тема 4. Гибридная модель параллельного программирования | 3       | 11-14           | подготовка домашнего задания          | 9                      | домашнее задание                      |
|    |   |         |                 | подготовка к контрольной работе       | 3                      | контрольная работа                    |
|    | Итого   |         |                 |                                       | 40                     |                                       |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов.

Список литературы разделен на две категории: необходимый для сдачи зачета минимум и дополнительная литература.

Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для более глубокого понимания разделов на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать утверждения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к зачету. При подготовке к сдаче зачета весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к зачету, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда будет резерв времени.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Параллелизм и его использование

домашнее задание , примерные вопросы:

Построение графа информационных зависимостей Параллельный алгоритм умножения двух матриц

### Тема 2. Технология программирования OpenMP

домашнее задание , примерные вопросы:

Задания на общие и защищенные переменные, разграничение доступа к переменным, конструкции разделения работ не итерационного типа, конструкции разделения работ итерационного типа, операции синхронизации работ.

### Тема 3. Технология программирования MPI

домашнее задание , примерные вопросы:

Задания на взаимодействие процессов типа "точка-точка", коллективное взаимодействие процессов, группы коммутаторов, пересылку разнотипных данных



## Тема 4. Гибридная модель параллельного программирования

домашнее задание , примерные вопросы:

Параллельная программа решения СЛАУ одним из предложенных итерационных методов с использованием всех изученных возможностей технологий OpenMP и MPI. Сравнить время работы последовательной и параллельной программы, найти ускорение, эффективность. Подготовить отчет.

контрольная работа , примерные вопросы:

Параллельная программа вычисления определенного интеграла по заданной квадратурной формуле с использованием всех изученных возможностей технологии OpenMP

### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Список вопросов:

1. Способы параллельной обработки данных.
2. Закон Амдала, гипотеза Минского.
3. Ускорение и эффективность.
4. Информационная зависимость. Граф информационных зависимостей.
5. Концепция неограниченного параллелизма.
6. Крупноблочное распараллеливание.
7. Низкоуровневое распараллеливание. Разбиение итераций цикла.
8. Технология программирования OpenMP.
9. Система программирования MPI. (Общие функции. Функции передачи сообщений. Тупиковые ситуации. Коллективные взаимодействия процессов. Пересылка разнотипных данных.)
10. Гибридная модель параллельного программирования.

### 7.1. Основная литература:

1. Антонов, А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / А. С. Антонов; МГУ им. М. В. Ломоносова. - Москва: Изд-во Московского университета, 2012. - 339 с.

2. Кепнер, Джереми. Параллельное программирование в среде MATLAB для многоядерных и многоузловых вычислительных машин: [учебное пособие] / Джереми Кепнер; науч. ред. Д. В. Дубров. - Москва: Изд-во Московского университета, 2013. - 292, [2] с.: ил.; 25. - (Серия "Суперкомпьютерное образование"). - (Суперкомпьютерный консорциум университетов России). - Библиогр. в конце гл. - Указ.: с. 290-292. - ISBN 978-5-211-06428-7 ((в пер.)), 1800.

3. INMOST- программная платформа и графическая среда для разработки параллельных численных моделей на сетках общего вида: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / Ю. В. Василевский [и др.]; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва: Изд-во Московского университета, 2013. - 138, [2] с.: ил., цв. ил.; 21. - (Серия "Суперкомпьютерное образование"). - (Суперкомпьютерный консорциум университетов России). - Содерж., рез. парал. рус., англ. - Библиогр.: с. 132-137. - Предм. указ.: с. 138. - ISBN 978-5-211-06480-5 ((в пер.)), 2000.

4. Демидович Б.П. Марон И.А. Основы вычислительной математики. - СПб.: Лань, 2011. - 672 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/2025/>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования: учебное пособие. - 2-е (эл.). - СПб.: Бинум. Лаборатория знаний, 2013. - 342 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=42626](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42626)
2. Ефимов, С. С. Параллельное программирование: учебное пособие / С. С. Ефимов; Федер. агентство по образованию, ОмГУ, Фак. компьютер. наук. ?Омск: [УниПак], 2009. ?397 с.
3. Линеv, А. В. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур: учебник для студентов высших учебных заведений/ А. В. Линеv, Д. К. Боголепов, С. И. Баcтраков; под ред. В. П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2010. ?148 с.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>  
Интернет-портал по математическим наукам - <http://www.allmath.com/>  
Интернет-портал по математическим наукам - <http://www.math.ru/>  
Интернет-портал по параллельному программированию - <http://www.parallel.ru/>  
Электронная библиотека по техническим наукам - <http://techlibrary.ru>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Параллельное и распределенное программирование" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.



Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом (маркером)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010400.68 "Прикладная математика и информатика" и магистерской программе Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности .

Автор(ы):

Кадыров Р.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.