

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

Суперкомпьютерное моделирование Б1.В.ДВ.5

Направление подготовки: 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Плещинский Н.Б.

**Рецензент(ы):**

Бахтиева Л.У.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Плещинский Н. Б.

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 922515

Казань  
2015

## 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) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Плещинский Н.Б. Кафедра прикладной математики отделение прикладной математики и информатики , Nikolai.Pleshchinskii@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цель курса - познакомить с принципами работы на современной суперкомпьютерной технике, обсудить особенности архитектуры многопроцессорных вычислительных комплексов и принципы параллельного программирования на суперкомпьютерах, изучить основы наиболее распространенных технологий разработки параллельных приложений. Планируется показать слушателям многопроцессорные комплексы лаборатории суперкомпьютерного моделирования, провести на ней часть лабораторных занятий и сформировать навыки применения суперкомпьютерного моделирования при решении прикладных задач.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.04.02 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина "Многопроцессорные вычислительные" входит в базовую часть учебного плана подготовки магистров. Читается на 1 курсе, в 1 семестре.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;
ОК-3 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала;
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение;
ПК-12 (профессиональные компетенции)	способностью к взаимодействию в рамках международных проектов и сетевых сообществ;
ПК-13 (профессиональные компетенции)	социально-ориентированная деятельность: способностью осознавать корпоративную политику в области повышения социальной ответственности бизнеса перед обществом, принимать участие в ее развитии;
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать углублённые знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов;
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности;

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные принципы работы на многопроцессорных вычислительных комплексах;

2. должен уметь:

выбирать оптимальные способы решения задач суперкомпьютерного моделирования;

3. должен владеть:

навыками программирования с использованием современных технологий параллельного программирования;

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

разрабатывать параллельные алгоритмы решения задач вычислительной математики;

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет 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. Принципы построения MBK.	3	1-2	0	0	4	устный опрос
2.	Тема 2. Технология OpenMP.	3	3-4	0	0	4	устный опрос
3.	Тема 3. Суперкомпьютеры Tesla и АПК-1М.	3	5-6	0	0	4	устный опрос
4.	Тема 4. Технология CUDA.	3	7-8	0	0	4	устный опрос
5.	Тема 5. Организация памяти CUDA.	3	9-10	0	0	4	устный опрос
6.	Тема 6. Оптимизация параллельного кода.	3	11-12	0	0	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной электродинамики.	3	13-14	0	0	4	устный опрос
8.	Тема 8. Технология MPI.	3	15-18	0	0	8	устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	36	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Принципы построения MBK.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Классификация Флинна. Архитектура SIMD и MIMD. Модели памяти: общая и распределенная. Способы обмена данными. Проблема синхронизации. Соотношение стоимость /производительность.

### Тема 2. Технология OpenMP.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Разработка приложений в среде MS Visual Studio. Параллельные и последовательные секции кода. Синтаксис OpenMP-директив. Автоматическое и ручное распараллеливание циклов.

### Тема 3. Суперкомпьютеры Tesla и АПК-1М.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Графические многоядерные процессоры. Архитектура GPU. Характеристики аппаратно-программного комплекса АПК-1М. Запуск заданий в ОС Linux. Система управления заданиями. Средства отладки параллельных приложений.

### Тема 4. Технология CUDA.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Параллельные вычисления на GPU. Введение в CUDA C. Нити, блоки, решетки. Обработка массивов. Синхронизация вычислений.

### Тема 5. Организация памяти CUDA.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Глобальная память. Регистры. Локальная память. Разделяемая память. Константная память. Текстурированная память.

### Тема 6. Оптимизация параллельного кода.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Измерение времени выполнения. Оптимизация обращений к памяти. Отладка параллельного кода.

### Тема 7. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной электродинамики.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Задача дифракции электромагнитной волны на перегородке в плоском волноводе. Парное сумматорное уравнение и бесконечная система линейных алгебраических уравнений. Метод усечения и его программная реализация.

### Тема 8. Технология MPI.

#### *лабораторная работа (8 часа(ов)):*

Введение в MPI. Принципы работы с библиотекой MPICH. Протоколы обмена данными между процессами. Задача Дирихле для уравнения Лапласа. Коллективный обмен данными.

### 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. Принципы построения MBK.	3	1-2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Технология OpenMP.	3	3-4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
3.	Тема 3. Суперкомпьютеры Tesla и АПК-1М.	3	5-6	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Технология CUDA.	3	7-8	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Организация памяти CUDA.	3	9-10	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
6.	Тема 6. Оптимизация параллельного кода.	3	11-12	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной электродинамики.	3	13-14	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Технология MPI.	3	15-18	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лекционных и лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов. Теоретический материал излагается на лекциях. Причем конспект лекций, который остается у студента в результате прослушивания лекции не может заменить учебник. Его цель - формулировка основных утверждений и определений. Прослушав лекцию, полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике. 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.

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

#### Тема 1. Принципы построения MBK.

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы и дискуссия по темам: 1. Классификация Флинна. Отличия SIMD и MIMD архитектур. 2. Нити, блоки, решетки (CUDA).

### **Тема 2. Технология OpenMP.**

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы и дискуссия по темам: 1. Оформление и запуск ядра. 2. Обработка двумерных массивов.

### **Тема 3. Суперкомпьютеры Tesla и АПК-1М.**

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы и дискуссия по темам: 1. Разделяемая память. 2. Константная память.

### **Тема 4. Технология CUDA.**

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы и дискуссия по темам: 1. Обработка ошибок. 2. Измерение времени выполнения.

### **Тема 5. Организация памяти CUDA.**

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы и дискуссия по темам: 1. Выравнивание при обращении к памяти. 2. Редукция при вычислении сумм.

### **Тема 6. Оптимизация параллельного кода.**

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы и дискуссия по темам: 1. Технология MPI: число процессов и номер процесса. 2. Блокированный обмен сообщениями.

### **Тема 7. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной электродинамики.**

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы и дискуссия по темам: 1. Задача Дирихле для уравнения Лапласа. 2. Коллективный обмен данными.

### **Тема 8. Технология MPI.**

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы и дискуссия по темам: 1. Организация параллельных процессов в OpenMP. 2. Распараллеливание циклов в OpenMP.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету

1. Классификация Флинна. Отличия SIMD и MIMD архитектур.
2. Нити, блоки, решетки (CUDA).
3. Оформление и запуск ядра.
4. Обработка двумерных массивов.
5. Разделяемая память.
6. Константная память.
7. Обработка ошибок.
8. Измерение времени выполнения.
9. Выравнивание при обращении к памяти.
10. Редукция при вычислении сумм.
11. Технология MPI: число процессов и номер процесса.
12. Блокированный обмен сообщениями.
13. Задача Дирихле для уравнения Лапласа.
14. Коллективный обмен данными.
15. Организация параллельных процессов в OpenMP.

## 16. Распараллеливание циклов в OpenMP.

### 7.1. Основная литература:

1. Линев, Алексей Владимирович. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур: учебник для студентов высших учебных заведений/ А. В. Линев, Д. К. Боголепов, С. И. Бастраков; под ред. В. П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2010. ?148 с.
2. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью: учебник для студентов высших учебных заведений/ К.В. Корняков, В.Д. Кустикова, И.Б. Мееров [и др.]; под ред. проф. В.П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, Координац. совет Системы науч.-образоват. центров суперкомпьютер. технологий. ?2-е изд., испр. и доп.. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2010. ?262 с.
3. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / В. П. Гергель; Б-ка Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского. ?Москва: Изд-во Московского университета [и др.], 2010. ?539, [4] с
4. Богачёв К. Ю. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. 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)
5. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. ? 3-е изд. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2011. ? 768 с.  
ЭБС <http://znanium.com/bookread.php?book=354905>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Боресков А.В. Параллельные вычисления на GPU: архитектура и программная модель CUDA: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / [А. В. Боресков и др.; предисл. В. А. Садовничий]; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова.-Москва: Изд-во Московского университета, 2012.-332 с.
2. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования / К.Ю.Богачев.-М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2003.-342с.
3. Федотова Е. Л. Прикладные информационные технологии: Учебное пособие / Е.Л. Федотова, Е.М. Портнов. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 336 с.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=392462>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- Википедия - <http://ru.wikipedia.org>  
Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>  
Интернет--портал ресурсов по математическим наукам - <http://www.math.ru/>  
Интернет-портал со статьями по алгоритмике и программированию - <http://algotlist.manual.ru/>  
Интернет-ресурс по истории компьютеров - <http://www.computer-museum.ru>

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

Освоение дисциплины "Суперкомпьютерное моделирование" 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 "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.

Лекции и 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 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" и магистерской программе Математическое моделирование .

Автор(ы):

Плещинский Н.Б. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Бахтиева Л.У. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.