

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

Архитектура многопроцессорных комплексов М2.ДВ.3

Направление подготовки: 231300.68 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Кадыров Р.Ф.

**Рецензент(ы):**

Федотов Е.М.

### **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 9118514

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](mailto:Rafael.Kadyrov@kpfu.ru)

### 1. Цели освоения дисциплины

В рамках курса "Архитектура многопроцессорных комплексов" предлагается изучение аппаратной и программной частей многопроцессорных и многомашинных вычислительных систем, их классификация. Изучение общих подходов к построению параллельных алгоритмов и программных комплексов.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 231300.68 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам.

Читается на 1 курсе во 2 семестре для студентов-магистрантов обучающихся по направлению "Прикладная математика и информатика".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность использовать нормативные правовые документы в своей деятельности, проявлять настойчивость в достижении цели с учетом моральных и правовых норм и обязанностей;
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность владеть одним из иностранных языков на уровне, не ниже разговорного;
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способность самостоятельно, методически правильно использовать методы физического воспитания и укрепления здоровья, готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности;
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способность осознать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности;
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

принципы построения и функционирования аппаратно-программных комплексов, предназначенных для проведения параллельных вычислений; различия основных архитектур многопроцессорных вычислительных систем; типы гибридных архитектур; принципы функционирования различных сред и топологий передачи данных

2. должен уметь:

ориентироваться в аппаратном и программном обеспечении параллельных систем; знать основные концепции проектирования программных комплексов, предназначенных для работы на различных типах многопроцессорных вычислительных систем

3. должен владеть:

теоретическими знаниями о принципах построения различных параллельных вычислительных архитектур, предназначенных для решения того или иного класса задач

4. должен демонстрировать способность и готовность:

.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен во 2 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. Общий обзор архитектур компьютеров параллельного действия.	2		0	0	0	коллоквиум

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. "Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы" классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с кооперируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA	2		0	0	0	коллоквиум
3.	Тема 3. Программное обеспечение для многопроцессорных систем. C++11, OpenMP, Cilk. Введение в программную модель CUDA.	2		0	4	4	коллоквиум
4.	Тема 4. "Программное обеспечение" способы построения параллельного ПО, модели управления, вычислительные парадигмы, методы коммуникации, синхронизация	2		0	4	4	домашнее задание
5.	Тема 5. Производительность системы параллельных вычислений СПВ. Оценка пиковой производительности параллельной системы, методы достижения пиковой производительности	2		0	6	6	домашнее задание контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. "Сети межсоединений" построение эффективных сетей передачи данных для осуществления взаимодействия вычислительных устройств и памяти СПВ	2		0	6	6	домашнее задание
7.	Тема 7. "Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы" Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, ПО для управления многомашинными системами, коммерческие сети межсоединений	2		0	6	6	домашнее задание
8.	Тема 8. "ПО для многомашинных систем" связанное ПО для MMS, системы PVM и MPI, совместно используемая память, распределённая совместно используемая память, системы "Linda" и "Orca". Поддержка параллелизации в среде Matlab.	2		0	6	6	домашнее задание контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	экзамен
	Итого			0	32	32	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Общий обзор архитектур компьютеров параллельного действия.**

**Тема 2. "Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы" классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с коопируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA**

**Тема 3. Программное обеспечение для многопроцессорных систем. C++11, OpenMP, Cilk. Введение в программную модель CUDA.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

C++ примеры с использованием WinAPI C++ примеры с использованием OpenMP

*лабораторная работа (4 часа(ов)):*

C++11 std::thread, std::atomic Настройка стека технологий CUDA для MS Visual Studio

**Тема 4. "Программное обеспечение" способы построения параллельного ПО, модели управления, вычислительные парадигмы, методы коммуникации, синхронизация**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

Реализация паттерна reduce

*лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Сравнение собственной реализации паттерна reduce с реализацией OpenMP.

**Тема 5. Производительность системы параллельных вычислений СПВ. Оценка пиковой производительности параллельной системы, методы достижения пиковой производительности**

*практическое занятие (6 часа(ов)):*

Практическая оценка накладных расходов на барьерную синхронизацию.

*лабораторная работа (6 часа(ов)):*

Практическая оценка накладных расходов на синхронизацию с использованием мьютекса

**Тема 6. "Сети межсоединений" построение эффективных сетей передачи данных для осуществления взаимодействия вычислительных устройств и памяти СПВ**

*практическое занятие (6 часа(ов)):*

Настройка локальной сети в компьютерном классе.

*лабораторная работа (6 часа(ов)):*

Топология сети. Настройка сети с древовидной топологией.

**Тема 7. "Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы" Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, ПО для управления многомашинными системами, коммерческие сети межсоединений**

*практическое занятие (6 часа(ов)):*

Настройка системы MPI в компьютерном классе для работы в связке с MS Visual Studio

*лабораторная работа (6 часа(ов)):*

Установка и настройка POSIX-окружения под ОС MS Windows

**Тема 8. "ПО для многомашинных систем" связанное ПО для ММС, системы PVM и MPI, совместно используемая память, распределённая совместно используемая память, системы "Linda" и "Orca". Поддержка параллелизации в среде Matlab.**

*практическое занятие (6 часа(ов)):*

Настройка системы MPI в компьютерном классе для работы в связке с GNU GCC / clang

*лабораторная работа (6 часа(ов)):*

Реализация распределенного умножения матрицы на вектор в среде Matlab. Параллельная реализация итерационного процесса для решения СЛАУ в среде Matlab.

**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. Общий обзор архитектур компьютеров					

параллельного действия.

2		
---	--	--

	подготовка к	
--	--------------	--



КОЛЛОКВИУМУ

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. "Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы" классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с кооперируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA	2		подготовка к коллоквиуму	4	коллоквиум
3.	Тема 3. Программное обеспечение для многопроцессорных систем. C++11, OpenMP, Cilk. Введение в программную модель CUDA.	2		подготовка к коллоквиуму	6	коллоквиум
4.	Тема 4. "Программное обеспечение" способы построения параллельного ПО, модели управления, вычислительные парадигмы, методы коммуникации, синхронизация	2		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
5.	Тема 5. Производительность системы параллельных вычислений СПВ. Оценка пиковой производительности параллельной системы, методы достижения пиковой производительности	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. "Сети межсоединений" построение эффективных сетей передачи данных для осуществления взаимодействия вычислительных устройств и памяти СПВ	2		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
7.	Тема 7. "Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы" Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, ПО для управления многомашинными системами, коммерческие сети межсоединений	2		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
8.	Тема 8. "ПО для многомашинных систем" связанное ПО для MMS, системы PVM и MPI, совместно используемая память, распределённая совместно используемая память, системы "Linda" и "Orca". Поддержка параллелизации в среде Matlab.	2		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				44	

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

Обучение происходит в форме лекционных, лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Изучение курса подразумевает получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные 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 экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда 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. Общий обзор архитектур компьютеров параллельного действия.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Эволюция параллельных архитектур. Основные классы: многопроцессорные и многомашинные системы, математические и графические сопроцессоры. Принципы конструирования и функционирования.

### **Тема 2. "Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы" классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с комутируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA**

коллоквиум , примерные вопросы:

Классификация многопроцессорных систем с общей памятью. Особенности таких архитектур, принципы разработки ПО для них.

### **Тема 3. Программное обеспечение для многопроцессорных систем. C++11, OpenMP, Cilk. Введение в программную модель CUDA.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Сравнение средств для разработки параллельных программ в стандартной библиотеке C++11 и в специализированных системах Cilk и OpenMP. Преимущества и недостатки каждой из них.

### **Тема 4. "Программное обеспечение" способы построения параллельного ПО, модели управления, вычислительные парадигмы, методы коммуникации, синхронизация**

домашнее задание , примерные вопросы:

Подготовка к коллоквиуму

### **Тема 5. Производительность системы параллельных вычислений СПВ. Оценка пиковой производительности параллельной системы, методы достижения пиковой производительности**

домашнее задание , примерные вопросы:

Структура web-сервера Apache. Оценка пиковой производительности этого сервера на многопроцессорной ЭВМ с общей памятью. Зависимость от производительности подсистемы ввода/вывода.

контрольная работа , примерные вопросы:

Классификация многопроцессорных систем. ПО, библиотеки и расширения компиляторов для многопроцессорных архитектур.

## **Тема 6. "Сети межсоединений" построение эффективных сетей передачи данных для осуществления взаимодействия вычислительных устройств и памяти СПВ**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение основных топологий компьютерных сетей. Оценка их пропускной способности, задержек, диаметра, отказоустойчивости.

## **Тема 7. "Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы" Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, ПО для управления многомашинными системами, коммерческие сети межсоединений**

домашнее задание , примерные вопросы:

Возможности реализации виртуальной общей памяти в распределенных системах.

Возникающие сложности в реализации и разработке ПО для таких систем.

## **Тема 8. "ПО для многомашинных систем" связанное ПО для MMS, системы PVM и MPI, совместно используемая память, распределённая совместно используемая память, системы "Linda" и "Orca". Поддержка параллелизации в среде Matlab.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Сходства и различия в разработке ПО для систем PVM и MPI.

контрольная работа , примерные вопросы:

Классификация многомашинных систем. Сети межвзаимодействия. ПО и прикладные библиотеки для программирования под такие системы.

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

1. Классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, UMA с коммутируемой сетью межсоединений, NUMA, ccNUMA, COMA. Способы обеспечения когерентности кешей.
2. Программное обеспечение для многопроцессорных систем. C++: POSIX threads и WinAPI. C++11, OpenMP, Cilk. Программная модель CUDA.
3. Способы построения параллельного ПО: модели управления, вычислительные парадигмы, методы коммуникации, синхронизация для многопроцессорных систем с общей памятью
4. Способы построения параллельного ПО: модели управления, вычислительные парадигмы, методы коммуникации, синхронизация для распределенных систем
5. Производительность системы параллельных вычислений СПВ. Оценка пиковой производительности параллельной системы, методы достижения пиковой производительности
6. Сети межсоединений: основные технологии, топологии. Характеристики сетей.
7. ПО и прикладные библиотеки для распределенных систем: особенности разработки ПО при использованием различных технологий.

### **7.1. Основная литература:**

1. Смелянский Р. Л. Компьютерные сети : учебник : в 2-х томах : для студентов высших учебных заведений, обучающихся на направлениях 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / Р. С. Смелянский .? Москва : Академия, 2011 .? ; 22 .? (Высшее профессиональное образование, Информатика и вычислительная техника) (Учебник) .? ISBN 978-5-7695-7152-7 ((в пер.)) , 2000.

Т. 1: Системы передачи данных .? 2011 .? 296, [1] с.

2. Смелянский, Руслан Леонидович.

Компьютерные сети : учебник : в 2-х томах : для студентов высших учебных заведений, обучающихся на направлениях 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / Р. С. Смелянский .? Москва : Академия, 2011 .? ; 22 .? (Высшее профессиональное образование, Информатика и вычислительная техника) (Учебник) .? ISBN 978-5-7695-7152-7 ((в пер.)) , 2000.

Т. 2: Сети ЭВМ .? 2011 .? 239, [1] с.

3. Сергеев С. Л. Архитектуры вычислительных систем: учебник. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2010. ? 238 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0575-8.

<http://www.znaniium.com/catalog.php?bookinfo=351260>

4. Информатика: программные средства персонального компьютера: Учебное пособие / В.Н. Яшин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 236 с.: 60x90 1/16 + (Доп. мат. znaniium.com). - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-006788-9, 500 экз.

<http://www.znaniium.com/bookread.php?book=407184>

5. Информатика: аппаратные средства персонального компьютера: Учебное пособие / В.М. Яшин. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 254 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-003190-3, 3000 экз. <http://znaniium.com/bookread.php?book=260728>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / А. В. Линева, Д. К. Боголепов, С. И. Бахраков ; под ред. В. П. Гергеля ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского .? Москва : Изд-во Московского университета, 2010 .? 148, [3] с. : ил., табл. ; 21 см .? (Серия "Суперкомпьютерное образование" : СКО / Суперкомпьютерный консорциум университетов России) .? Библиогр. в конце гл. ? ISBN 978-5-211-05962-7

2. 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. - ISBN 978-5-211-05937-5

3. Максимов Н. В. Технические средства информатизации: Учебник / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 608 с.:

<http://znaniium.com/bookread.php?book=410390>

## 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 "Архитектура многопроцессорных комплексов" 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.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом (маркером). Желательно наличие мультимедийного проектора.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе. ЭВМ должны иметь, как минимум, двухядерный процессор, оснащены графическими ускорителями nVidia с поддержкой технологии CUDA. Необходимо наличие локальной компьютерной сети. И следующего ПО:

- 1) MS Visual Studio >= 2012
- 2) Настроенный пакет MPI
- 3) Установленное CUDA SDK

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 231300.68 "Прикладная математика" и магистерской программе Математическое моделирование .

Автор(ы):

Кадыров Р.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Федотов Е.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.