

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

» 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Введение в параллельное программирование, технологии CUDA Б1.В.ДВ.17

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Системное программирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Данилова А.В. , Тумаков Д.Н.

**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 994519

## **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, б.с. Данилова А.В. Кафедра прикладной математики отделение прикладной математики и информатики , AVAnufrieva@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Тумаков Д.Н. Кафедра прикладной математики отделение прикладной математики и информатики , Dmitri.Tumakov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины - познакомить студентов с технологиями параллельного программирования, разобрать архитектуру параллельных вычислительных систем, познакомить студентов с основными принципами распараллеливания программ, привить студентам навыки программирования с использованием технологии MPI, OpenMP.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.17 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5, 6 семестры.

Дисциплина по выбору Б3.ДВ.2 "Введение в параллельное программирование" относится к профессиональному циклу дисциплин, предназначена для студентов 4 курса (7 семестр). Опирается на знания, полученные студентами по программированию, численным методам, операционным системам. Считается, что студент хорошо владеет языком программирования C++, умеет разрабатывать алгоритмы для решения простейших математических задач, знаком с технологией CUDA.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам
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:  
архитектуру параллельных компьютеров
2. должен уметь:

разбивать программу на независимые процессы

3. должен владеть:

технологиями параллельного программирования MPI и OpenMP.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

разработки эффективных программ для выполнения на многопроцессорных системах; адаптации готовых программ под многопроцессорные системы.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: отсутствует в 5 семестре; экзамен в 6 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	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Архитектура параллельных компьютеров	5	1-6	0	0	12	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Параллелизм и его использование	5	7-12	0	0	12	Контрольная работа Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Технология программирования OpenMP	5	13-18	0	0	12	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
4.	Тема 4. Технология программирования MPI	6	1-9	0	0	18	Контрольная работа Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Гибридная модель параллельного программирования	6	10-18	0	0	18	Письменное домашнее задание
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			0	0	72	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Архитектура параллельных компьютеров

#### *лабораторная работа (12 часа(ов)):*

Обзор современных вычислительных систем для параллельных вычислений. Способы параллельной обработки данных. Компьютеры с общей памятью, компьютеры с распределенной памятью

### Тема 2. Параллелизм и его использование

#### *лабораторная работа (12 часа(ов)):*

Графы информационных зависимостей. Концепция неограниченного параллелизма. Крупноблочное распараллеливание. Низкоуровневое распараллеливание. Оценка эффективности параллельных вычислений. Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры.

### Тема 3. Технология программирования OpenMP

#### *лабораторная работа (12 часа(ов)):*

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

### Тема 4. Технология программирования MPI

#### *лабораторная работа (18 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.

### Тема 5. Гибридная модель параллельного программирования

#### *лабораторная работа (18 часа(ов)):*

Совместное использование технологий программирования MPI, OpenMP и CUDA

## 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. Архитектура параллельных компьютеров	5	1-6	подготовка домашнего задания	27	домашнее задание
2.	Тема 2. Параллелизм и его использование	5	7-12	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	19	контрольная работа
3.	Тема 3. Технология программирования OpenMP	5	13-18	подготовка домашнего задания	27	домашнее задание

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Технология программирования MPI	6	1-9	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	3	контрольная работа
5.	Тема 5. Гибридная модель параллельного программирования	6	10-18	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
	Итого				90	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой

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

### Тема 1. Архитектура параллельных компьютеров

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа с литературой, изучение команд `linux` для работы на кластере Архитектуры SIMD, MIMD и SISD. Технология CUDA.

### Тема 2. Параллелизм и его использование

домашнее задание , примерные вопросы:

Построение графа информационных зависимостей Параллельные алгоритмы вычисления определенных интегралов

контрольная работа , примерные вопросы:

Параллельный алгоритм умножения двух матриц, алгоритм Фокса

### Тема 3. 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 4. Технология программирования MPI**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

контрольная работа , примерные вопросы:

Написание параллельных программ с использованием технологии OpenMP/MPI, реализующий квадратурную формулы вычисления определенного интеграла. Решение системы линейных алгебраических уравнений.

#### **Тема 5. Гибридная модель параллельного программирования**

домашнее задание , примерные вопросы:

Численное решение двумерного уравнения Лапласа методом Якоби

#### **Итоговая форма контроля**

экзамен (в 6 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

1. Способы параллельной обработки данных.
2. Закон Амдала, гипотеза Минского.
3. Ускорение и эффективность.
4. Компьютеры с общей памятью.
5. Компьютеры с распределенной памятью.
6. Векторно-конвейерные компьютеры.
7. Grid-системы и метакомпьютинг.
8. Информационная зависимость. Граф информационных зависимостей.
9. Концепция неограниченного параллелизма.
10. Крупноблочное распараллеливание.
11. Низкоуровневое распараллеливание. Разбиение итераций цикла.
12. Технологии параллельного программирования. Использование традиционных последовательных языков. Технологии программирования на основе передачи сообщений.
13. Технология программирования OpenMP.
14. Распараллеливание циклов в OpenMP.
15. Система программирования MPI. (Общие функции. Функции передачи сообщений. Тупиковые ситуации. Коллективные взаимодействия процессов. Пересылка разнотипных данных.)
16. Технология CUDA.
17. Параллельные вычисления на графических процессорах.
18. Архитектура GP GPU.
19. Константная память.
20. Текстурированная память.

#### **7.1. Основная литература:**

1. Малявко А.А., Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Малявко А.А. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 116 с. - ISBN 978-5-7782-2614-2 - Режим доступа:  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226142.html>



2. Мищенко В.К., Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Мищенко В.К. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. - 40 с. - ISBN 978-5-7782-2365-3 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778223653.html>
3. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования: Практическое пособие / Федотов И.Е. - М.: СОЛОН-Пр., 2017. - 392 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=858609>

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. Колдаев В.Д. Основы алгоритмизации и программирования: Учебное пособие / Колдаев В.Д.; Под ред. проф. Л.Г. Гагариной - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 416 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=537513>
2. Ролдугин С.В. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие / Ролдугин С.В., Паринов А.В., Голубинский А.Н. - Воронеж: Научная книга, 2016. - 144 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=923327>
3. Богачёв, К.Ю. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.Ю. Богачёв. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 345 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70745>

## **7.3. Интернет-ресурсы:**

CUDA developer zone - <http://developer.nvidia.com/category/zone/cuda-zone>  
MPI Documents, user's guide - <http://www.mpi-forum.org/docs/docs.html>  
OpenMP Specifications - <http://openmp.org/>  
The Message Passing Interface (MPI) standard - <http://www.mcs.anl.gov/mpi/index.html>  
Портал по параллельным вычислениям - <http://parallel.ru/>  
Суперкомпьютеры - <http://supercomputers.ru/>

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

Освоение дисциплины "Введение в параллельное программирование, технологии CUDA" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Наличие в компьютерном классе среды разработки программ на языке C/C++.

Наличие в компьютерном классе установленного пакета mpich или HPC Pack.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.02 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки Системное программирование .

Автор(ы):

Тумаков Д.Н. \_\_\_\_\_

Данилова А.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Бахтиева Л.У. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.