

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

« 07 » \_\_\_\_\_ 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**СИСТЕМНЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль/программа подготовки:

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
5	4 / 144	36	–	18	90	зачёт с оценкой, КР
Итого	4 / 144	36	–	18	90	зачёт с оценкой, КР

Владимир 2015

*Handwritten mark*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является приобретение студентами базовых знаний в области сверхпроизводительных вычислений – направления развития прикладной математики и информатики, не только обеспечивающего решение ресурсоёмких задач по разработке сложных систем, но и находящего применение в современной настольной и портативной компьютерной технике.

При освоении курса решаются следующие задачи:

- знакомство с архитектурами суперкомпьютерных систем;
- изучение методов оценки эффективности параллельных вычислений;
- знакомство с общими принципами разработки параллельных вычислительных процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Системные и математические основы суперкомпьютерных технологий» относится к дисциплинам по выбору студента вариативной части блока Б1 ОПОП подготовки бакалавров по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Дисциплина изучается в пятом семестре и требует освоения следующих курсов:

- Алгебра и геометрия;
- Вычислительная математика;
- Дискретная математика;
- Методы оптимизации;
- Теория конечных графов и её приложения;
- Алгоритмы и анализ сложности;
- Основы программирования;
- Архитектура компьютеров;
- Математическая логика и теория алгоритмов;
- Операционные системы;
- Базы данных;
- Иностранный язык.

В рамках перечисленных дисциплин студенты получают следующие знания и умения, необходимые для освоения курса «Системные и математические основы суперкомпьютерных технологий»:

- Знание математического аппарата булевой алгебры, теории множеств, теории графов, линейного программирования;
- Знание численных методов решения вычислительных задач;
- Умение применять методики алгоритмизации задач, выбирать наиболее эффективные алгоритмы;
- Знание и навыки использования современных средств разработки программных продуктов;
- Знание теоретических основ и технологий, навыки использования современных систем управления базами данных;
- Знание моделей компьютерных сетей, принципов их функционирования;
- Умение получать информацию из источников на иностранном языке.

Дисциплина формирует знания и навыки, необходимые в практической деятельности квалифицированного специалиста. В рамках учебного процесса может быть использована при подготовке выпускной квалификационной работы, а также при изучении дисциплин:

- Распределённая обработка информации / Параллельное программирование.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины студент должен частично овладеть следующими компетенциями:

- ОПК-3, способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям;
- ПК-3, способностью использовать современные инструментальные и вычислительные средства;
- ПК-6, способностью эффективно применять базовые математические знания и информационные технологии при решении проектно-технических и прикладных задач, связанных с развитием и использованием информационных технологий.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) Знать
  - предпосылки, историю и тенденции развития суперкомпьютерных технологий (ПК-3, ПК-6);
  - архитектуры параллельных вычислительных систем (ПК-3);
- 2) Уметь
  - анализировать необходимость и возможность решения вычислительных задач средствами суперкомпьютерной техники (ОПК-3);
  - анализировать и совершенствовать структуру конкретной высокопроизводительной системы (ПК-3, ПК-6);
- 3) Владеть
  - способами оценки сложности и эффективности алгоритмов и программного кода для последовательных и параллельных вычислений (ОПК-3, ПК-6).

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) 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	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС		
1	Основы высокопроизводительных вычислений	5	1-6	12	-	6	-	30	6 / 33%	Рейтинг-контроль №1
2	Архитектура параллельных вычислительных систем	5	7-12	12	-	6	-	30	6 / 33%	Рейтинг-контроль №2
3	Параллельные алгоритмы и программирование	5	13-18	12	-	6	-	30	6 / 33%	Рейтинг-контроль №3
Всего		5	18	36	-	18	-	90	18 / 33%	зачёт с оценкой, КР

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Темы лекций

- 1) *История и перспективы развития суперкомпьютерной техники. Обзор задач большой вычислительной ёмкости. Научные исследования и информационные ресурсы в области высокопроизводительных вычислений.*
- 2) *Классы сложности вычислительных задач. Проблемы определения класса сложности задачи.*
- 3) *Способы повышения производительности компьютеров. Развитие аппаратного и системного программного обеспечения.*
- 4) *Основные меры оценки эффективности вычислительных систем.*
- 5) *Проблемы эффективного использования параллельных вычислительных систем.*
- 6) *Рейтинг-контроль №1.*
- 7) *Классификация параллельных компьютеров и систем. Векторно-конвейерные компьютеры.*
- 8) *Архитектура с общей памятью.*
- 9) *Архитектура с распределённой памятью.*
- 10) *GRID-системы и метакомпьютинг.*
- 11) *Способы оценки производительности суперкомпьютеров.*
- 12) *Рейтинг-контроль №2.*
- 13) *Математический аппарат для описания параллельных алгоритмов и программ.*
- 14) *Неограниченный и внутренний параллелизм.*
- 15) *Языки и средства программирования параллельных вычислений.*
- 16) *Эквивалентные преобразования программ.*
- 17) *Примеры параллельных алгоритмов и программ.*
- 18) *Рейтинг-контроль №3.*

### Лабораторный практикум

Список тем лабораторных занятий:

- 1) *Последовательная программная реализация задачи о коммивояжёре. Оценка сложности и эффективности. (6 ч.)*
- 2) *Моделирование архитектуры с общей памятью (6 ч.)*
- 3) *Параллельная программная реализация задачи о коммивояжёре. (6 ч.)*

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках лекционного курса и лабораторных занятий:

- Технология проблемного обучения (case study). При рассмотрении вопросов практического применения рассмотренного теоретического материала, используется диалог со студентами на предмет возможных способов решения поставленной задачи.
- Встречи с представителями фирм-разработчиков ресурсов для сети Интернет при изучении заключительного раздела дисциплины.

В рамках самостоятельной работы и курсового проектирования:

- Технология проблемного обучения (case study).

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

Зачёт с оценкой (контроль освоения всех разделов курса)

Промежуточная аттестация выполняется на основе рейтинговой системы по результатам работы студента в семестре. Оценка выставляется в соответствии с

действующим положением о рейтинговом контроле знаний студентов в соответствии с набранным за семестр количеством баллов. Распределение баллов по контрольным мероприятиям текущего контроля успеваемости определяется ведущим преподавателем по согласованию с учебно-методической комиссией направления. Обязательным требованием для получения зачёта является успешное выполнение лабораторного практикума. В случае, если студентом в течение семестра не набрано количество баллов, достаточное для получения зачёта, для него проводится дополнительное контрольное мероприятие в форме устного собеседования. Список вопросов для собеседования состоит из вопросов текущей аттестации (рейтинг-контроль №№1–3, см. ниже).

### **Рейтинг-контроль №1 (контроль освоения раздела 1)**

Проводится в письменной форме.

Список заданий:

- 1) Предпосылки создания суперкомпьютерной техники. Классические задачи большой вычислительной ёмкости.
- 2) Перспективы развития суперкомпьютерной техники. Актуальные и потенциальные задачи большой вычислительной ёмкости.
- 3) Актуальные и перспективные направления научных исследований в области суперкомпьютерных технологий.
- 4) Классы сложности алгоритмов. Проблема эквивалентности  $P$  и  $NP$ -классов.
- 5) Примеры задач, эффективная реализация которых возможна с использованием параллельных вычислений.
- 6) Скалярная, конвейерная и параллельная обработка данных.
- 7) Специпроцессоры. Суперскалярные и VLIW-архитектуры.
- 8) Коммутационные схемы и технологии в суперкомпьютерной технике.
- 9) Меры оценки эффективности вычислительных систем (производительность пиковая и реальная, загрузка, ускорение).
- 10) Закон Мура. Законы Амдала. Закон Густавсона-Барсиса.
- 11) Методика исследования эффективности программы.

### **Рейтинг-контроль №2 (контроль освоения раздела 2)**

Проводится в письменной форме.

Список заданий:

- 1) Способы классификации высокопроизводительных систем (обзорно). Их взаимосвязь.
- 2) Классификации Флинна, Хокни.
- 3) Классификации Фенга, Хендлера.
- 4) Классификация Шнайдера.
- 5) Классификация Скилликорна.
- 6) Общие принципы организации векторно-конвейерных компьютеров.
- 7) Архитектура параллельных компьютеров с общей памятью.
- 8) Архитектура вычислительных систем с распределённой памятью.
- 9) Коммуникационная среда вычислительных систем с распределённой памятью.
- 10) Архитектура GRID-систем.
- 11) Аппаратные и программные аспекты организации GRID-систем.
- 12) Метакомпьютинг.
- 13) Тесты для оценки производительности суперкомпьютерных систем.

### **Рейтинг-контроль №3 (контроль освоения раздела 3)**

Проводится в письменной форме.

Список вопросов:

- 1) Описание алгоритмов с помощью графов.
- 2) Специфика графового описания параллельных алгоритмов.
- 3) Принцип сдвигания. Алгоритмы малой высоты. Проблемы неограниченного параллелизма.
- 4) Преимущества и примеры внутреннего параллелизма.
- 5) Декомпозиция алгоритмов с внутренним параллелизмом. Использование медленной памяти.

- 6) Средства организации параллельных вычислений с помощью традиционных последовательных языков.
- 7) Параллельные языки программирования. Преимущества и проблемы.
- 8) Развёртки графа.
- 9) Эквивалентность программ. Способы оценки эквивалентности.
- 10) Распространённые способы преобразования программ.

### Самостоятельная работа студента (контроль освоения всех разделов курса)

Самостоятельная работа студентов включает освоение материалов, слабо освещённых в рамках лекционного курса, подготовку к лабораторным занятиям, подготовку к рейтинговому контролю. Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе защиты лабораторных работ в виде дополнительных вопросов (связанных с озвучиваемой на лекциях тематикой самостоятельной работы). Открытый список вопросов:

- 1) Система с общей памятью и универсальными процессорами. Какие особенности проявятся в организации вычислительных процессов для задачи о коммивояжёре при максимальном увеличении числа узлов и необходимости по возможности быстрого решения задачи?
- 2) Система с общей памятью и конвейерными вычислительными элементами. Какие особенности проявятся в организации вычислительных процессов для задачи о коммивояжёре при максимальном увеличении числа узлов и необходимости по возможности быстрого решения задачи?
- 3) Система с распределённой памятью и универсальными процессорами. Какие особенности проявятся в организации вычислительных процессов для задачи о коммивояжёре при максимальном увеличении числа узлов и необходимости по возможности быстрого решения задачи?
- 4) Система с распределённой памятью и конвейерными вычислительными элементами. Какие особенности проявятся в организации вычислительных процессов для задачи о коммивояжёре при максимальном увеличении числа узлов и необходимости по возможности быстрого решения задачи?
- 5) Конвейерное устройство состоит из  $k$  ступеней, срабатывающих за  $n_1, n_2, \dots, n_k$  тактов соответственно. За какое минимальное число тактов может быть выполнено  $m$  операций на таком устройстве?
- 6) Каким соотношением связаны между собой время такта и тактовая частота компьютера?
- 7) Почему пиковой производительности конвейерного компьютера нельзя точно достичь на практике?
- 8) Может ли быть полезной на практике классификация компьютеров по их пиковой производительности? Если да, то для какого класса пользователей?
- 9) Опишите с помощью метрики Фенга первые 10 компьютеров из списка Top500.
- 10) Опишите с помощью метрики Хендлера первые 10 компьютеров из списка Top500.
- 11) Зачем нужно зацепление векторных операций?
- 12) Что мешает векторизации цикла, содержащего вызов подпрограммы?
- 13) Может ли некоторый одномерный векторизуемый цикл в скалярном режиме исполняться быстрее, чем в векторном режиме?
- 14) Сколько процессоров содержат современные SMP-компьютеры, имеющие наилучшее соотношение цена/производительность?
- 15) Каковы слабые стороны вычислительных кластеров по сравнению с традиционными суперкомпьютерами?
- 16) Имеется ли смысл в одном кластере использовать несколько различных сетевых технологий?
- 17) Если на множестве операций меняется частичный порядок, то может ли новый алгоритм быть эквивалентным исходному?
- 18) Может ли минимальное значение числа ярусов обобщённой параллельной формы характеризовать структуру алгоритма?

- 19) Какие конструкции языка Си препятствуют автоматическому распараллеливанию программ?
- 20) Чем отличаются понятия «процесс» и «нить»?

### **Курсовая работа (контроль освоения всех разделов курса)**

Курсовая работа имеет целью овладение студентами умения анализировать и совершенствовать структуру конкретной высокопроизводительной системы. Для этого в ходе курсового проектирования необходимо выполнить приведённый ниже набор работ.

1. Получить у преподавателя вариант анализируемой высокопроизводительной системы и вариант вычислительной задачи.
2. Найти и проанализировать источники информации об архитектуре рассматриваемой системы.
3. Классифицировать систему по показателям Флинна, Хокни, Фенга, Хендлера, Шнайдера, Скилликорна.
4. Для полученной вычислительной задачи модифицировать характеристики заданной высокопроизводительной системы для нескольких критериев оптимальности (производительность, загруженность, ускорение, цена).
5. Оформить пояснительную записку к курсовой работе и защитить работу.

Открытый список высокопроизводительных систем:

1. Компьютер Cray C90.
2. Компьютер HP Superdome.
3. Компьютер Cray T3E.
4. Вычислительный кластер на базе персональных компьютеров и сети Ethernet.
5. Метакомпьютер.

Открытый список вычислительных задач:

1. Решение системы линейных алгебраических уравнений.
2. Вычисление градиента функции.
3. Вычисление определённого интеграла методом Монте-Карло.
4. Вычисление частных сумм арифметической последовательности.
5. Сортировка числовой последовательности.

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

а) основная литература:

1. Модели параллельного программирования. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. - 384 с.: ил. - (Серия "Библиотека профессионала") - ISBN 978-5-91359-102-9
2. Алексеев А.А. Основы параллельного программирования с использованием Visual Studio 2010 / Алексеев А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2013.— 138 с.
3. Соколинский, Леонид Борисович. Параллельные системы баз данных : учебное пособие для вузов / Л. Б. Соколинский ;— Москва : Московский университет (МГУ), 2013 .— 182 с. : ил. — (Суперкомпьютерное образование) .— Библиогр.: с. 175-176 .— Предм. указ.: с. 177-179 .— ISBN 978-5-211-06482-9

б) дополнительная литература:

1. Барский А.Б. Параллельные информационные технологии : учебное пособие / А. Б. Барский.— Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий: Бином. Лаборатория знаний, 2009 .— 502 с. : ил. — ISBN 978-5-94774-546-7
2. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: учебное пособие для вузов по направлениям 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / А. В. Боресков [и др.] ; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносов (МГУ) ; авт. предисл. В. А. Садовничий .— Москва :

Московский университет (МГУ), 2012 .— 333 с. : цв. ил. — (Суперкомпьютерное образование).— Библиогр.: с. 297-300 .— ISBN 978-5-211-06340-2

3. 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.

в) периодические издания:

1. Открытые системы. СУБД, ISSN: 1028-7493.
2. Computerworld Россия, ISSN: 1560-5213.
3. Мир ПК, ISSN: 0235-3520.

г) интернет-ресурсы:

1. Научно-исследовательский вычислительный центр Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова // Режим доступа: <http://www.srcc.msu.ru/>
2. Национальный открытый университет «ИНТУИТ»: <http://www.intuit.ru/>
3. Лаборатория Параллельных информационных технологий НИВЦ МГУ// Режим доступа: <https://parallel.ru/>

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

Компьютерные классы для проведения лабораторных занятий. Компьютеры должны:

- иметь многоядерную архитектуру;
- быть объединены в локальную сеть;
- иметь выход в Интернет для получения доступа к справочной информации Microsoft Developer Network.

Среда разработки Microsoft Visual Studio.



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Рабочую программу составил доцент каф. ФиПМ Лексин А.Ю.

(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

Квасов Д.С. и. директор ООО "Ф"Сервис"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

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 \_\_\_\_\_