

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

« 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**\_\_\_СИСТЕМНЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ\_\_\_**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

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 (экз./зачет)
7	3 / 108	36	—	18	54	зачёт с оценкой
Итого	3 / 108	36	—	18	54	зачёт с оценкой

Владимир 2015

## 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 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

Дисциплина изучается в седьмом семестре и требует освоения следующих курсов:

- Численные методы;
- Дискретная математика;
- Методы оптимизации;
- Алгоритмы и анализ сложности;
- Архитектура компьютеров;
- Языки и методы программирования;
- 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-1, способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой;
- 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-5, способностью осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") и в других источниках.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать

- предпосылки, историю и тенденции развития суперкомпьютерных технологий (ОПК-1, ПК-5);
- архитектуры параллельных вычислительных систем (ОПК-1);

2) Уметь

- анализировать необходимость и возможность решения вычислительных задач средствами суперкомпьютерной техники (ОПК-3);

3) Владеть

- способами оценки сложности и эффективности алгоритмов и программного кода для последовательных и параллельных вычислений (ОПК-3).

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	КП / КР		
1	Основы высокопроизводительных вычислений	7	1-6	12	-	6	-	18	-	6 / 33,3%	Рейтинг-контроль №1
2	Архитектура параллельных вычислительных систем	7	7-12	12	-	6	-	18	-	6 / 33,3%	Рейтинг-контроль №2
3	Параллельные алгоритмы и программирование	7	13-18	12	-	6	-	18	-	6 / 33,3%	Рейтинг-контроль №3
Всего		7	18	36	-	18	-	54	-	18 / 33,3%	зачёт с оценкой

## 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:

- 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

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

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) Спецпроцессоры. 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

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

Проводится в письменной форме.

Список вопросов:

- 1) Описание алгоритмов с помощью графов.
- 2) Специфика графового описания параллельных алгоритмов.
- 3) Принцип сдваивания. 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

Самостоятельная работа студентов включает освоение материалов, слабо освещённых в рамках лекционного курса, подготовку к лабораторным занятиям, подготовку к рейтинг-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 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 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 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  $t$  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»?

## 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 01.03.02 Прикладная математика и информатика

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

(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

Квасов Д.Р. Ведущий инженер ООО "С" Сервис  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_

Протокол № 11А от 17.04.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Протокол № 11А от 17.04.15 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

(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 \_\_\_\_\_