

ВТ-335

Министерство образования и науки Российской Федерации  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Владимирский государственный университет  
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»



Проректор по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 16 » 02 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Вычислительные системы высокой производительности»

Направление подготовки: 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника»

Профиль подготовки: Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоём- кость зач. ед., час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контроля (экс/зачет)
7	7/252	36	18	36	117	Экзамен (45)
<b>Итого:</b>	<b>7/252</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>117</b>	<b>Экзамен (45)</b>

Владимир 2016

## ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является подробное изучение студентами основных принципов построения высокопроизводительных вычислительных систем, их архитектуры, математической, алгоритмической, программной, структурной и функциональной организации; а также инструментальных средств подготовки, сопровождения, контроля и анализа решений.

### 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Вычислительные системы высокой производительности» относится к вариативной части ОПОП подготовки бакалавров по направлению 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника». Дисциплина логически, содержательно и методически тесно связана с рядом теоретических дисциплин и практик ОПОП.

Для успешного изучения дисциплины «Вычислительные системы высокой производительности» студенты должны быть знакомы с дисциплинами «Математика», «Физика», «Информатика», «Вычислительная математика», «Схемотехническое проектирование средств вычислительной техники», «Электротехника, электроника и схемотехника», «Операционные системы».

Дисциплина «Вычислительные системы высокой производительности» является основой для изучения последующих дисциплин базовой части: «Микропроцессорные системы», «ПО распределенных ВС». «Нейронные сети», играет важную роль в подготовке студентов к предусмотренным ОПОП производственным практикам, а также в выборе тематики и выполнению выпускной квалификационной работы.

### 2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате изучения дисциплины «Вычислительные системы высокой производительности» студенты должны:

**ЗНАТЬ:** архитектуру, структурную и функциональную организацию высокопроизводительных вычислительных систем; математические методы и алгоритмы, используемые в этих структурах; программные продукты и технологию программирования, обеспечивающие весь процесс подготовки и управления решением; принципы проектирования ВСВП.

(ОПК-3, ОПК-4)

**УМЕТЬ:** строить математическую модель решаемой задачи; разрабатывать параллельные алгоритмы, оценивать их вычислительную сложность, исключать особые случаи; разрабатывать и отлаживать параллельные программы для ВСВП; получать и оценивать решения; выбирать, комплексировать, создавать высокопроизводительные вычислительные системы под заданные требования.

(ОПК-3, ОПК-4, ПК-1)

**ВЛАДЕТЬ:** навыками математической подготовки задач и разработки параллельных алгоритмов, навыками разработки параллельных программ на основе параллельного и распределенного программирования в базисе инструментальных средств ведущих мировых и отечественных производителей; навыками агрегатирования и проектирования высокопроизводительных вычислительных систем с использованием современной элементной базы.

(ОПК-3, ОПК-4)

Расшифровка компетенций:

- ОПК-3 способность разрабатывать бизнес планы и технические задания на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием.
- ОПК-4 способность участвовать в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов.
- ПК-1 способность разрабатывать модели компонентов информационных систем, включая модели баз данных и модели интерфейсов "человек - электронно-вычислительная машина"

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачётных единиц, 252 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной работы и трудоемкость (час)				Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах /%)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практ. занятия	Лаборат. работы	Самост. работа		
<b>1</b>	<b>Концептуальные принципы организации и развития ВСВП (математические модели, организация структуры и функционирования вычислительных систем)</b>								
1.1	Вычислительная система (ВС) принцип работы. Характеристики и требования высокоскоростной обработки. Понятия быстродействия и производительности ВС. Методы и средства их достижения. Принципы параллелизма. Взаимодействие алгоритмов и структур многоэлементной, многостадийной и совмещённой обработки. Ускорение выполнения программ, суперлинейное ускорение.	7	1	2	2		7	1/25	
1.2	Реализация принципов развития ВС в моделях вычислительных систем высокой производительности. Параллелизм по управлению, по структурной организации, по данным. Концепция неограниченного параллелизма.		2	2		4	6	2/33	
1.3	Концепция потоков и процессов в ВС: задания, задачи, процессы, потоки; структурная схема их реализации в ВС. Уровни параллелизма в ВС (крупнозернистый, среднезернистый, мелкозернистый/ уровни распараллеливания: I, II).		3	2	2		7	1/25	
1.4	Метрика параллелизма. Параметры метрики параллелизма. Пиковая и реальная производительность. Закон Амдала. Выводы. Закон Густафсона-Барсиса. Выводы.		4	2		4	6	2/33	
<b>2</b>	<b>Математические основы параллельных вычислений</b>								
2.1	Математическое моделирование		5	2	2		7	1/25	

	(ММ) в основе ВСВП. Методы параллельных вычислений. Математические эквивалентные преобразования Принципы выбора параллельных методов и разработки параллельных алгоритмов.							
2.2	Методы интегрирования. Формальные методы перехода от произвольной математической зависимости к дифференциальным уравнениям К. Шеннона. Пример.	6	2		4	6	2/33	1-й рейтинг-контроль.
2.3	Построение математических моделей и параллельных структур на основе дифференциальных уравнений К. Шеннона.	7	2	2		7	1/25	
2.4	Теоретические основы расчёта параметров решения задачи и цифровой интегрирующей системы. Последовательные, параллельные и комбинированные методы реализации ММ в ВСВП.	8	2		6	6	2/25	
2.5	Математические модели и методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.	9	2	2		7	1/25	
2.6	Построение математических моделей и параллельных структур на основе систем счисления остаточных классов.	10	2		4	6	2/33	
2.7	Вычислительные методы и алгоритмы решения типовых задач вычислительной математики. (На примере: решения систем линейных алгебраических уравнений, умножения матрицы на вектор, матричного умножения, сортировки данных, графовых и комбинаторных задач).	11	2	2		7	1/25	
<b>3</b>	<b>Структурная организация ВСВП</b>							
3.1	Классификация ВС по Флину. Принцип программного управления. Сокращение времени цикла работы процессора, элементы параллелизма в архитектуре компьютеров (разрядно-параллельная обработка, независимый ввод/вывод, опережающий просмотр вперед, расслоение памяти, гипертрейдинг, мультитрейдовость, SSE/Altivec инструкции...).	12	2		4	6	2/33	2-й рейтинг-контроль.
3.2	Вычислительные системы с общей памятью. SMP архитектура. Многопроцессорные ВС. Основные способы реализации. Увеличение числа активных процессоров в ВС (расши-	13	2	2		7	1/25	

	рение границы наступления насыщения). Схемы коммутации, топология связи процессоров. SMP-узлы на основе многоядерных процессоров. Вычислительные ускорители систем с общей памятью. Архитектура MPP, NUMA. PVP систем.								
3.3	Конвейерные вычислительные системы. Типы систем. Массово-параллельные вычислительные системы Cray. Сверхвысокопроизводительные вычислительные системы семейства Cray X. Матричные вычислительные системы. Вычислительные системы ILLIAC IV, DAP, Семейства вычислительных систем Connection Machine, nCube.	7	14	2	4	6	2/33		
3.4	Мультипроцессорные вычислительные системы. Семейства вычислительных систем Burroughs, Эльбрус. Мультипроцессорные системы со структурно-процедурной организацией вычислений. Реконфигурируемые мультikonвейерные вычислительные структуры.		15	2	2	7	1/25		
3.5	Вычислительные системы с программируемой структурой. Вычислительные системы Минск-222, МИНИМАКС, СУММА. Вычислительные системы семейства МИКРОС, МВС.		16	2	6	6	2/25		
3.6	Высокопроизводительные вычислительные кластеры. Проблемная ориентация. Структурная организация вычислительного кластера. Процессоры, аппаратные ускорители вычислений, подсистема памяти, выбор топологии компонентов, сетевая инфраструктура вычислительной системы, Согласование характеристик сети и интенсивности передачи данных.		17	2	2	7	1/25		
3.7	Технологии производства. Вычислительные кластеры компаний РСК и Т-Платформы.		18	2		6	1/50	3-й рейтинг-контроль.	
	<b>Всего за 7 семестр:</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>117</b>	<b>26/29%</b>	<b>Экзамен</b>
	<b>Всего по дисциплине:</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>117</b>	<b>26/29%</b>	<b>Экзамен (45)</b>

## **4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **4.1. Активные и интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий и организации внеаудиторной работы.

На практических занятиях преподавателем задается одна из тем и в интерактивной форме со студентами проводится обсуждение данной проблемы. На большинстве практических занятиях преподавателем заранее задается тематика следующих практических занятий. В этом случае студенты готовят сообщение (самостоятельная работа), а на практических занятиях идет групповое интерактивное обсуждение, где преподаватель направляет тематику обсуждения в русло самых передовых технологий на данный момент времени. Каждое практическое занятие чаще всего включает две части, первая имеет форму семинарских занятий, а вторая - форму круглого стола, на котором тема занятия обсуждается в виде дискуссии.

Объем аудиторных занятий, проводимых с использованием интерактивных форм, составляет 29%.

### **4.2 Самостоятельная работа студентов**

**Целью самостоятельной работы** являются формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Насыщенность курса новыми для студента материалами предполагает интенсивную самостоятельную работу, эффективному характеру которой способствуют еженедельные консультации. Самостоятельная работа включает домашнюю работу с лекционными материалами с целью расширения и углубления теоретических знаний, выполнение заданий и самостоятельных изысканий, предусмотренных контрольными работами и курсовым проектированием. В основе самостоятельной работы лежит изучение рекомендованной основной и дополнительной литературы, а также выполнение самостоятельных изысканий, включенных в учебно-методический макет по дисциплине.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к практическим занятиям, к зачету.

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности магистров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций:

- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- самостоятельная работа студента, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в работе магистров с материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме, выполнении домашних заданий, переводе материалов из тематических информационных ресурсов с иностранных языков, изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку, изучении теоретического материала к практическим занятиям, подготовке к контрольным мероприятиям и экзамену.

- Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов заключается в поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по определенной теме, анализе статистических и фактических материалов по заданной теме, исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях и семинарах.

#### **4.3 Лекции приглашённых специалистов**

В рамках курса «ВСВП» предусмотрены встречи со специалистами и потенциальными работодателями.

В частности, предполагаются встречи:

- с начальником отдела ОАО «КОБРА», г. Владимир к.т.н. Лобачевым Г.К.
- с начальником отдела информатизации Администрации г. Владимира, к.т.н. Черниковым С.В.

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

#### **5.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

а) Анализ и оценка результатов выполняемых заданий и работы студента на практических занятиях.

б) Формирование отчетов и обоснование полученных значений, а также способов измерений в лабораторных работах.

#### **5.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины**

Для промежуточной аттестации предлагается использование рейтинговой системы оценки, которая носит интегрированный характер и учитывает успешность студента в различных видах учебной деятельности, степень сформированности у студента общекультурных и профессиональных компетенций.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине преподавателю рекомендуется использовать следующие ее формы:

1. Решение студентом самостоятельных задач обычной сложности, направленных на закрепление знаний и умений;
2. Выполнение индивидуальных заданий повышенной сложности, направленных на развитие у студентов научного мышления и инициативы;
3. Подбор иллюстративного и описательного материала по отдельным разделам курса в сети Интернет.

#### **ЗАДАНИЯ ДЛЯ РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЯ.**

Для проведения рейтинг-контроля могут быть использованы тесты, размещенные на сайте УМК кафедры ВТ, а также задания для проведения рейтинг-контроля в традиционной форме.

#### **Контрольные задания к рейтинг-контролю.**

Рейтинг-контроль проводится в седьмом семестре по лекционному курсу и по результатам выполнения практических занятий и лабораторных работ.

В таблице приведены баллы рейтинговой аттестации студентов в седьмом семестре:

Вид занятий	Рейтинг (7 семестр)			Баллы (макс)
	1	2	3	
Посещение занятий	1	1	1	<b>3</b>
Лекции	9	9	9	<b>27</b>
Лабораторные работы	4	4	4	<b>12</b>
Практические занятия	3	3	3	<b>9</b>
Выполнение СРС	1	2	2	<b>5</b>
Дополнит. бонусы	-	-	5	<b>4</b>
Всего	20	20	20	<b>60</b>

### Вопросы к рейтинг-контролю знаний студентов

#### ВОПРОСЫ

#### к рейтинг-контролю знаний студентов № 1

1. Что лежит в основе требования высокоскоростной обработки?
2. Понятия быстродействия и производительности вычислительных систем?
3. Методы и средства достижения быстродействия и производительности вычислительных систем.
4. В чем заключаются основные способы достижения параллелизма?
5. Какая взаимосвязь между алгоритмами и структурами вычислительных систем с многоэлементной, многостадийной и совмещенной обработкой?
6. За счёт чего достигается ускорение выполнения программ в высокопроизводительных вычислительных системах?
7. Что такое суперлинейное ускорение?
8. Как формируются потоки команд выполнения заданий в вычислительных системах с разными способами достижения параллелизма?
9. От чего зависит уровень параллелизма выполнения задания в вычислительной системе?
10. В чём заключается достижение параллелизма по управлению, по структурной организации, по данным?
11. На чём основана концепция неограниченного параллелизма?
12. Как оценивается параллелизм в вычислительных системах?
13. Какие предположения используются для обоснования закона Густавсона-Барсиса?
14. Как формулируется закон Амдала? Какой аспект параллельных вычислений позволяет учесть данный закон?
15. В чём отличие и где граница применения законов Амдала и Густавсона-Барсиса?
16. Какой алгоритм является масштабируемым? Приведите примеры алгоритмов с разным уровнем масштабируемости.
17. Что понимается под принципом математического моделирования в высокопроизводительных вычислительных системах?
18. Какие вычислительные методы решения прикладных задач для параллельных вычислительных систем считаются эквивалентными?
19. На чём основан выбор параллельных вычислительных методов и параллельных алгоритмов в высокопроизводительных системах?
20. Какие математические методы необходимы для построения параллельных алгоритмов на основе цифровых интеграторов?
21. Что лежит в основе формальных методов перехода от произвольной математической зависимости к системе дифференциальных уравнений К. Шеннона?



## ВОПРОСЫ к рейтинг-контролю знаний студентов № 2

1. Покажите алгоритмы детализации системы дифференциальных уравнений К. Шеннона в вычислительной системе интегрирующего типа.
2. Какие параметры подлежат расчёту в цифровых интегрирующих системах?
3. Как последовательные, параллельные и комбинированные методы реализации ММ влияют на аппаратные затраты и быстродействие интегрирующей системы.
4. Какие математические модели и численные алгоритмы используются для решения типовых задач на основе дифференциальных уравнений в частных производных?
5. Что такое системы счисления остаточных классов, области применения и преимущества СОК-компьютеров?
6. Представление чисел в системах счисления остаточных классов, диапазон и точность представления. Основания (модули) системы счисления. Выполнение арифметических операций.
7. Что лежит в основе алгоритмов перевода чисел в системах счисления остаточных классов?
8. Что представляет собой система линейных уравнений? Какие типы систем вам известны? Чем отличаются методы решения систем линейных алгебраических уравнений с постоянными коэффициентами?
9. В чем состоит постановка задачи решения системы линейных уравнений?
10. В чем идея параллельной реализации метода Гаусса?
11. Какие информационные взаимодействия имеются между базовыми подзадачами для параллельного варианта метода Гаусса?
12. Какие показатели эффективности для параллельного варианта метода Гаусса?
13. В чем состоит схема программной реализации параллельного варианта метода Гаусса?
14. Назовите основные способы распределения элементов матрицы между процессорами вычислительной системы.
15. В чем состоит постановка задачи умножения матрицы на вектор?
16. Какова вычислительная сложность последовательного алгоритма умножения матрицы на вектор?
17. Почему при разработке параллельных алгоритмов умножения матрицы на вектор допустимо дублировать вектор-операнд на все процессоры?
18. Представьте общие схемы рассмотренных параллельных алгоритмов умножения матрицы на вектор.
19. Проведите анализ и получите показатели эффективности для одного из рассмотренных алгоритмов.
20. Какой из представленных алгоритмов умножения матрицы на вектор обладает лучшими показателями ускорения и эффективности?
21. Какие информационные взаимодействия выполняются для блочного алгоритма умножения матрицы на вектор?
22. Какая топология коммуникационной сети является целесообразной для каждого из рассмотренных алгоритмов?
23. Дайте общую характеристику программной реализации алгоритма умножения матрицы на вектор при разделении данных по строкам. В чем могут состоять различия в программной реализации других рассмотренных алгоритмов?
24. В чем состоит постановка задачи умножения матриц?
25. Приведите примеры задач, в которых используется операция умножения матриц.
26. Приведите примеры различных последовательных алгоритмов выполнения операции умножения матриц. Отличается ли их вычислительная трудоемкость?

27. Какие способы разделения данных используются при разработке параллельных алгоритмов матричного умножения?
28. Представьте общие схемы рассмотренных параллельных алгоритмов умножения матриц.
29. Проведите анализ и получите показатели эффективности ленточного алгоритма при горизонтальном разбиении перемножаемых матриц.
30. Какие информационные взаимодействия выполняются для алгоритмов при ленточной схеме разделения данных?
31. Какие информационные взаимодействия выполняются для блочных алгоритмов умножения матриц?
32. Какая топология коммуникационной сети является целесообразной для каждого из рассмотренных алгоритмов?
33. Какой из рассмотренных алгоритмов характеризуется наименьшими и наибольшими требованиями к объему необходимой памяти?
34. Какой из рассмотренных алгоритмов обладает наилучшими показателями ускорения и эффективности?
35. Оцените возможность выполнения матричного умножения как последовательности операций умножения матрицы на вектор.
36. В чем состоит постановка задачи сортировки данных?
37. Приведите несколько примеров алгоритмов сортировки? Какова вычислительная сложность приведенных алгоритмов?
38. Какая операция является базовой для задачи сортировки данных?
39. В чем суть параллельного обобщения базовой операции задачи сортировки данных?
40. Что представляет собой алгоритм чет-нечетной перестановки?
41. В чем состоит параллельный вариант алгоритма Шелла? Какие основные отличия этого варианта параллельного алгоритма сортировки от метода чет-нечетной перестановки?
42. Что представляет собой параллельный вариант алгоритма быстрой сортировки?
43. Что зависит от правильного выбора ведущего элемента для параллельного алгоритма быстрой сортировки?
44. Какие способы выбора ведущего элемента могут быть предложены?
45. Для каких топологий могут применяться рассмотренные алгоритмы сортировки?
46. В чем состоит алгоритм сортировки с использованием регулярного набора образцов?
47. Каким образом организация множественной волны вычислений позволяет повысить эффективность волновых вычислений в системах с распределенной памятью?
48. Классификация ВС по Флину и её отличие от других классификаций?
49. В чем состоит принцип разделения многопроцессорных систем на мультипроцессоры и мультикомпьютеры?
50. Чем достигается повышение производительности в однопроцессорной вычислительной системе?

## **ВОПРОСЫ**

### **к рейтинг-контролю знаний студентов № 3**

1. Какие классы систем известны для мультипроцессоров?
2. В чем состоят положительные и отрицательные стороны симметричных мультипроцессоров?
3. Какие классы систем известны для мультикомпьютеров?
4. Какие известны способы построения мультипроцессорных систем?
5. Какие известны способы увеличения числа активных процессоров в мультипроцессорных системах?
6. Что такое граница насыщения мультипроцессорной системы?
7. Как можно построить мультипроцессорную систему на основе многоядерных процессоров?

8. Что такое вычислительный ускоритель мультипроцессорной системы? Какие ускорители наиболее широко используются при построении многопроцессорных систем?
9. В чём отличие архитектур для известных классов мультикомпьютеров?
10. Какие известны типы конвейерных вычислительных систем?
11. В чём отличие сверхвысокопроизводительной вычислительной системы семейства Cray X от предыдущих моделей?
12. Как техническая реализация принципов: «параллельность выполнения операций», «программируемость структуры» и «конструктивная однородность» проявились в известных конвейерных системах?
13. Функциональная структура матричной вычислительной системы ILLACK IV. Структурная организация, возможности программного обеспечения, области эффективного использования.
14. Укажите архитектурные особенности: класс архитектуры, массовый параллелизм, число процессоров, однородность и программируемость структуры, масштабируемость семейства вычислительных систем с массовым параллелизмом Connection Machine.
15. Чем достигается высокая производительность MPP-систем, класса MIMD семейства вычислительных систем nCube?
16. Отметьте характерные особенности мультипроцессорных вычислительных систем.
17. Каноническая функциональная структура мультипроцессора.
18. Достоинства и недостатки семейства многопроцессорных вычислительных систем Burroughs.
19. Укажите характерные черты и функциональную структуру семейства вычислительных систем семейства «Эльбрус».
20. Развитие архитектуры мультипроцессорных систем со структурно-процедурной организацией вычислений.
21. В чём заключаются принципы организации реконфигурируемых мультиконвейерных вычислительных структур.
22. Мультимикронвейерные вычислительные структуры на однородных средах.
23. Структурно-процедурная организация вычислений в мультиконвейерных структурах
24. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры на основе ПЛИС
25. Вычислительные системы с программируемой структурой
26. Вычислительные системы Минск-222, МИНИМАКС, СУММА
27. Вычислительные системы семейства МИКРОС, МВС.
28. Поясните понятие вычислительных систем с программируемой структурой. Способы реализации.
29. Архитектурные особенности вычислительных систем с программируемой структурой. Вычислительные системы Минск-222, МИНИМАКС, СУММА.
30. Вычислительные системы с программируемой структурой семейства МИКРОС, МВС.
31. Транспьютерные вычислительные системы. Архитектура, параллельная обработка и коммуникации транспьютеров.
32. Высокопроизводительные вычислительные кластеры.
33. Проблемная ориентация кластерных систем высокой производительности
34. Структурная организация вычислительного кластера.
35. Процессоры, аппаратные ускорители вычислений, подсистема памяти, выбор топологии компонентов.
36. Какие топологии сетей передачи данных наиболее широко используются при построении многопроцессорных систем?
37. Сетевая инфраструктура вычислительной кластерной системы
38. В чем состоят особенности сетей передачи данных для кластеров?
39. Каковы основные характеристики сетей передачи данных?
40. Согласование характеристик сети и интенсивности передачи данных в кластерных системах.

41. Технологии производства. Какие системные платформы могут быть использованы для построения кластеров?
42. Вычислительные кластеры компаний РСК и Т-Платформы.

### **ЗАДАНИЯ НА СРС** (задачи и упражнения)

#### **Принципы построения параллельных вычислительных систем:**

1. Приведите дополнительные примеры параллельных вычислительных систем.
2. Выполните рассмотрение дополнительных способов классификации компьютерных систем.
3. Рассмотрите способы обеспечения когерентности кэшей в системах с общей разделяемой памятью.
4. Подготовьте обзор программных библиотек, обеспечивающих выполнение операций передачи данных для систем с распределенной памятью.
5. Рассмотрите топологию сети передачи данных в виде двоичного дерева.
6. Выделите эффективно реализуемые классы задач для каждого типа топологий сети передачи данных.

#### **Модели вычислений и методы анализа эффективности:**

1. Разработайте модель и выполните оценку показателей ускорения и эффективности параллельных вычислений:
  - для задачи скалярного произведения двух векторов,
  - для задачи поиска максимального и минимального значений для заданного набора числовых данных,
  - для задачи нахождения среднего значения для заданного набора числовых данных.
2. Выполните в соответствии с законом Амдаля оценку максимально достижимого ускорения для задач п. 1.
3. Выполните оценку ускорения масштабирования для задач п. 1.
4. Выполните построение функций изоэффективности для задач п. 1.
5. (\*) Разработайте модель и выполните полный анализ эффективности параллельных вычислений (ускорение, эффективность, максимально достижимое ускорение, ускорение масштабирования, функция изоэффективности) для задачи умножения матрицы на вектор.

#### **Анализ коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов:**

1. Разработайте алгоритмы выполнения основных операций передачи данных для топологии сети в виде 3-мерной решетки.
2. Разработайте алгоритмы выполнения основных операций передачи данных для топологии сети в виде двоичного дерева.
3. Примените модель В из подраздела 3.4 для оценки временной сложности операций передачи данных. Сравните получаемые показатели.
4. Примените модель С из подраздела 3.4 для оценки временной сложности операций передачи данных. Сравните получаемые показатели.
5. Разработайте алгоритмы логического представления двоичного дерева для различных физических топологий сети.

#### **Технология разработки параллельных программ для многопроцессорных систем с распределенной памятью (стандарт передачи сообщений MPI):**

1. Разработайте программу для нахождения минимального (максимального) значения среди элементов вектора.
2. Разработайте программу для вычисления скалярного произведения двух векторов.
3. Разработайте программу, в которой два процесса многократно обмениваются сообщениями длиной  $n$  байт. Выполните эксперименты и оцените зависимость времени выполнения операции данных от длины сообщения. Сравните с теоретическими оценками, построенными по модели Хокни.
4. Подготовьте варианты ранее разработанных программ с разными режимами выполнения операций передачи данных. Сравните времена выполнения операций передачи данных при разных режимах работы.
5. Подготовьте варианты ранее разработанных программ с использованием неблокирующего способа выполнения операций передачи данных. Оцените необходимое количество вычислительных операций, для того чтобы полностью совместить передачу данных и вычисления. Разработайте программу, в которой бы полностью отсутствовали задержки вычислений из-за ожидания передаваемых данных.
6. Выполните задание 3 с использованием операции одновременного выполнения передачи и приема данных. Сравните результаты вычислительных экспериментов.
7. Разработайте программу-пример для каждой имеющейся в MPI коллективной операции.
8. Разработайте реализации коллективных операций при помощи парных обменов между процессами. Выполните вычислительные эксперименты и сравните времена выполнения разработанных программ и функций MPI для коллективных операций.
9. Разработайте программу, выполните эксперименты и сравните результаты для разных алгоритмов реализации операции сбора, обработки и рассылки данных всем процессам (функция `MPI_Allreduce`).
10. Разработайте программу-пример для каждого имеющегося в MPI способа конструирования производных типов данных.
11. Разработайте программу-пример с использованием функций упаковки и распаковки данных. Выполните эксперименты и сравните с результатами при использовании производных типов данных.
12. Разработайте производные типы данных для строк, столбцов, диагоналей матриц.
13. Разработайте программу-пример для каждой из рассмотренных функций для управления процессами и коммутаторами.
14. Разработайте программу для представления множества процессов в виде прямоугольной решетки. Создайте коммутаторы для каждой строки и столбца процессов. Выполните коллективную операцию для всех процессов и для одного из созданных коммутаторов. Сравните время выполнения операции.
15. Изучите самостоятельно и разработайте программы-примеры для передачи данных между процессами разных коммутаторов.
16. Разработайте программу-пример для декартовой топологии.
17. Разработайте программу-пример для топологии графа.
18. Разработайте подпрограммы для создания некоторого набора дополнительных виртуальных топологий (звезда, дерево и др.).

**Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной математики (матрично-векторное умножение):**

1. Выполните реализацию параллельного алгоритма, основанного на ленточном разбиении матрицы на вертикальные полосы. Постройте теоретические оценки времени работы этого алгоритма с учетом параметров используемой вычислительной системы. Проведите вычислительные эксперименты. Сравните результаты реальных экспериментов с ранее подготовленными теоретическими оценками.

2. Выполните реализацию параллельного алгоритма, основанного на разбиении матрицы на блоки.
3. Постройте теоретические оценки времени работы алгоритма, основанного на разбиении матрицы на блоки, с учётом параметров используемой вычислительной системы.
4. Проведите вычислительные эксперименты. Сравните результаты реальных экспериментов с ранее подготовленными теоретическими оценками.

**Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной математики (матричное умножение):**

1. Выполните реализацию двух ленточных алгоритмов умножения матриц. Сравните времена выполнения этих алгоритмов.
2. Выполните реализацию алгоритма Кэннона. Постройте теоретические оценки времени работы этого алгоритма с учетом параметров используемой вычислительной системы. Проведите вычислительные эксперименты. Сравните результаты реальных экспериментов с ранее полученными теоретическими оценками.
3. Выполните реализацию блочных алгоритмов умножения матриц, которые могли бы быть выполнены для прямоугольных процессорных решеток общего вида.
4. Выполните реализацию матричного умножения с использованием ранее разработанных программ умножения матрицы на вектор.

**Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной математики (решение систем линейных уравнений):**

1. Выполните анализ эффективности параллельных вычислений в отдельности для прямого и обратного этапов метода Гаусса. Оцените, на каком этапе происходит большее снижение показателей.
2. Выполните разработку параллельного варианта метода Гаусса при вертикальном разбиении матрицы по столбцам. Постройте теоретические оценки времени работы этого алгоритма с учетом параметров используемой вычислительной системы. Проведите вычислительные эксперименты. Сравните результаты выполненных экспериментов с ранее полученными теоретическими оценками.
3. Выполните реализацию параллельного метода сопряженных градиентов. Постройте теоретические оценки времени работы этого алгоритма с учетом параметров используемой вычислительной системы. Проведите вычислительные эксперименты. Сравните результаты выполненных экспериментов с ранее полученными теоретическими оценками.
4. Выполните разработку параллельных вариантов методов Якоби и Зейделя решения систем линейных уравнений (см. например Бахвалова и др. Постройте теоретические оценки времени работы этого алгоритма с учетом параметров используемой вычислительной системы. Проведите вычислительные эксперименты. Сравните результаты выполненных экспериментов с ранее полученными теоретическими оценками.

**Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной математики (сортировка данных):**

1. Выполните реализацию параллельного алгоритма пузырьковой сортировки. Проведите эксперименты. Постройте теоретические оценки показателей эффективности параллельных вычислений. Сравните получаемые теоретические оценки с результатами экспериментов.
2. Выполните реализацию параллельного алгоритма быстрой сортировки по одной из приведенных схем. Определите значения параметров латентности, пропускной способности и времени выполнения базовой операции для используемой вычислительной системы.

темы и получите оценки показателей ускорения и эффективности для реализованного метода параллельных вычислений.

3. Разработайте параллельную схему вычислений для широко известного алгоритма сортировки слиянием (подробное описание метода может быть получено, например, в работах Кнута (1981) или Кормена, Лейзерсона и Ривеста (1999)). Выполните реализацию разработанного алгоритма и постройте все необходимые теоретические оценки сложности метода. Сравните получаемые теоретические оценки с результатами экспериментов.

#### **Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной математики (обработка графов):**

1. Используя приведенный программный код, выполните реализацию параллельного алгоритма Флойда. Проведите вычислительные эксперименты. Постройте теоретические оценки с учетом параметров используемой вычислительной системы. Сравните полученные оценки с экспериментальными данными.
2. Выполните реализацию параллельного алгоритма Прима. Проведите вычислительные эксперименты. Постройте теоретические оценки с учетом параметров используемой вычислительной системы. Сравните полученные оценки с экспериментальными данными.
3. Разработайте программную реализацию алгоритма Кернигана – Лина. Дайте оценку возможности распараллеливания этого алгоритма.

#### **Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной математики (уравнения в частных производных):**

1. Выполните реализацию первого и второго вариантов параллельного алгоритма Гаусса-Зейделя. Сравните время выполнения разработанных программ.
2. Выполните реализации параллельного алгоритма на основе волновой схемы вычислений и параллельного алгоритма, в котором реализуется блочный подход к методу волновой обработки данных. Сравните время выполнения разработанных программ.
3. Выполните реализацию очереди заданий параллельных вычислений для систем с общей памятью. При реализации необходимо обеспечить возможность обработки близких блоков на одних и тех же процессорах.

#### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ (7 семестр)**

1. Основной принцип работы вычислительной системы (ВС). Характеристики и требования высокоскоростной обработки. Понятия быстродействия и производительности ВС.
2. Методы и средства достижения быстродействия и производительности в вычислительных системах.
3. Математические модели производительности, как функция частотных характеристик вычислительной системы.
4. Формирование требований высокоскоростной обработки временными режимами работы системы.
5. Принципы параллелизма. Взаимодействие алгоритмов и структур многоэлементной, многостадийной и совмещённой обработки.
6. Ускорение выполнения программ, суперлинейное ускорение.
7. Реализация принципов развития ВС в моделях вычислительных систем высокой производительности. Однопроцессорные, мультипроцессорные и мэнипроцессорные вычислительные системы.
8. Многопроцессорные вычислительные системы с распределённой памятью. Многомашинные вычислительные комплексы.

9. Реализация принципов развития ВС в моделях вычислительных систем высокой производительности. Концепция неограниченного параллелизма.
10. Концепция потоков и процессов в ВС (задания, задачи, процессы, потоки, ..., структурная схема их реализации в ВС).
11. Уровни параллелизма в ВС (крупнозернистый, среднезернистый, мелкозернистый; уровни распараллеливания).
12. Параллелизм по управлению, по структурной организации, по данным.
13. Метрика параллелизма. Параметры метрики параллелизма. Пиковая и реальная производительность. Закон Амдала. Границы применимости. Выводы.
14. Метрика параллелизма. Параметры метрики параллелизма. Пиковая и реальная производительность. Закон Густафсона-Барсиса. Границы применимости. Выводы.
15. Методы параллельных вычислений. Математические эквивалентные преобразования. Принципы выбора параллельных методов и разработки параллельных алгоритмов.
16. Методы интегрирования. Формальные методы перехода от произвольной математической зависимости к дифференциальным уравнениям К. Шеннона. Пример.
17. Построение математических моделей и параллельных структур на основе дифференциальных уравнений К. Шеннона.
18. Теоретические основы расчёта параметров решения задачи и цифровой интегрирующей системы.
19. Последовательные, параллельные и комбинированные методы реализации математического моделирования в вычислительных системах высокой производительности.
20. Математические модели и методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.
21. Математические модели и параллельные структуры на основе систем счисления остаточных классов.
22. Вычислительные методы и алгоритмы решения типовых задач вычислительной математики. (Решение систем линейных алгебраических уравнений).
23. Мультипроцессорные вычислительные системы. Семейства вычислительных систем Burroughs, Эльбрус.
24. Мультипроцессорные системы со структурно-процедурной организацией вычислений.
25. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры.
26. Вычислительные системы с программируемой структурой.
27. Высокопроизводительные вычислительные кластеры. Структура кластера. Проблемная ориентация вычислительных кластеров. Кластеры I и II рода.
28. Структурная организация вычислительного кластера I-го рода. Настройка аппаратного и программного обеспечения.
29. Структурная организация, процессоры, аппаратные ускорители вычислений, подсистема памяти, выбор топологии компонентов, сетевая инфраструктура вычислительной системы кластеров II-го рода.
30. Технологии производства и особенности реализаций вычислительных кластеров на примере компании РСК.
31. Технологии производства и особенности реализаций вычислительных кластеров на примере компании Т-Платформы.



## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Вычислительные системы высокой производительности»**

### **6.1. Основная литература**

1. "Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Электронный ресурс]: учебник / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко; под ред. А.П. Пятибратова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Финансы и статистика, 2014." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785279032853.html>

2. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс] / Богачёв К.Ю. - М. : БИНОМ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996309399.html>

3. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / Богачёв К. Ю. - 3-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015. - (Математика). - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329953.html>

### **6.2. Дополнительная литература**

1. Модели параллельного программирования [Электронный ресурс] / Федотов И.Е. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913591029.html>

2. Базисные методы проектирования и анализа сетей ЭВМ [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.И. Абросимов. - М. : Логос, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785986991535.html>

3. Параллельные алгоритмы для решения задач защиты информации [Электронный ресурс] / Бабенко Л.К., Ищукова Е.А., Сидоров И.Д. - 2-е изд., стереотип. - М. : Горячая линия - Телеком, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991204392.html>

4. Модели распределенных вычислений [Электронный ресурс] / Топорков В.В. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922104950.html>

5. Информатика [Электронный ресурс] : учебник / Под ред. проф. Н.В. Макаровой. - 3-е перераб. изд. - М. : Финансы и статистика, 2009. -

### **6.3. Программное и коммуникационное обеспечение**

Операционные системы Windows и Linux, стандартные офисные программы MS Office и Libre Office, Интернет-ресурсы.

Средства разработки программ и оптимизированные библиотеки компаний Microsoft, Intel,


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

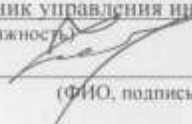
Средства вычислительной техники, программное обеспечение и демонстрационное оборудование.


При проведении практических и лабораторных занятий используются специализированные аудитории кафедры вычислительной техники и вычислительного центра.


ВТ-115

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Рабочую программу составил к.т.н. доцент кафедры ВТ  Буланкин В.Б.  
(ФИО, подпись)

Рецензент Администрация г. Владимира, Начальник управления информатизации,  
(представитель работодателя: место работы, должность)  
телекоммуникации и делопроизводства, к.т.н.  Черников С.В.  
(ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Вычислительная техника»  
Протокол № 06 от 15.02.2016 года  
Заведующий кафедрой  Ланцов В.Н.  
(ФИО, подпись)

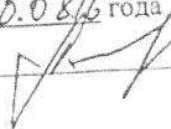
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Протокол № 04 от 15.02.2016 года  
Председатель комиссии  Ланцов В.Н.  
(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 10 от 30.08.16 года

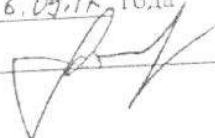
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 2017/18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 6.09.17 года

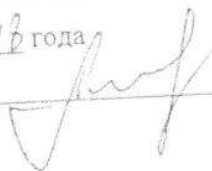
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 2018/19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 14.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 2019/20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 10.09.19 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.20 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

