

Минобрнауки России

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Программирования и информационных технологий  
*проф. Махортов С.Д.*  
03.05.2023



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.01 Параллельные алгоритмы для многоядерных систем

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

09.04.04 Программная инженерия

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Системное программирование

**3. Квалификация (степень) выпускника: Магистратура**

**4. Форма обучения: Очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра программирования и информационных технологий

**6. Составители программы: ассистент каф. ПиИТ Тарасов Вячеслав Сергеевич**

**7. Рекомендована: НМС ФКН, протокол № 7 от 03.05.2023**

**8. Учебный год: 2024-2025**

**семестр: 3**

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель изучения дисциплины - содействие дальнейшему развитию специальной профессиональной компетентности магистра путем овладения методами разработки параллельных алгоритмов для многоядерных систем.

### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-4 Способен выполнять экспертную поддержку разработку прототипов ИС	ПК-4.1 Умеет выработать варианты реализации прототипов ИС на основе накопленного опыта	
	ПК-4.2 Умеет делать экспертную оценку предложенного варианта реализации прототипа ИС	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час: 4/144

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 3	Всего
Аудиторные занятия	48	48

Лекционные занятия	14	14
Практические занятия		0
Лабораторные занятия	28	28
Самостоятельная работа	102	102
Промежуточная аттестация	0	0
Всего	144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение в основы параллелизма	Математические основы параллельных вычислений Архитектуры – аспекты параллелизма Операционные системы – аспекты параллелизма
1.2	Введение в OpenMP	Введение в параллельное программирование

		<p>Принципы организации параллелизма с использованием технологии OpenMP</p> <p>Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP</p>
1.3	Введение в MPP	<p>Принципы организации параллелизма с использованием MPI</p> <p>Передача данных средствами MPI</p> <p>Типы данных MPI. Виртуальные топологии</p>
1.4	Введение в TBB	Создание параллельных программ с использованием библиотеки TBB
1.5	Знакомство с Cilk Plus	.Создание параллельных программ с использованием технологии Cilk Plus
1.6	Введение в использование инструментов для параллельного программирования на примере Intel Parallel Studio	<p>Обзор возможностей пакета инструментов Intel Parallel Studio XE</p> <p>Лабораторные работы по использованию инструментов Intel Parallel Studio XE для решения модельных задач</p> <p>Библиотека MKL</p> <p>Библиотека IPP</p>
1.7	Введение в параллельные алгоритмы на примере классических разделов численных методов	<p>Плотные и разреженные матрицы.</p> <p>Форматы хранения.</p> <p>Типовые алгоритмы (матричное умножение).</p>

		<p>Методы решения систем линейных уравнений</p> <p>Методы Монте-Карло</p>
1.8	Принципы архитектуры параллельных вычислительных систем.	<p>Проблемы организации параллельных вычислений</p> <p>Классы архитектур</p> <p>Структуры классов</p>
1.9	Моделирование параллельных программ.	<p>Граф “подзадачи-сообщения”</p> <p>Граф “процессы-каналы”</p>
1.10	Реализация различных типов параллелизма.	<p>Параллелизм на уровне битов</p> <p>Параллелизм на уровне инструкций</p> <p>Параллелизм данных</p> <p>Параллелизм задач</p> <p>Распределенные операционные системы</p>
<b>2. Лабораторные работы</b>		
3.1	Вычисление определенного интеграла	Использование инструментов Intel Parallel Studio XE для решения модельных задач
3.2	Поиск простых чисел	Использование инструментов Intel Parallel Studio XE для решения модельных задач
3.3	Сортировки	Использование инструментов Intel Parallel Studio XE для решения модельных задач

3.4	Поиск путей на графе	Использование инструментов Intel Parallel Studio XE для решения модельных задач
3.5	Умножение разреженных матриц	Использование инструментов Intel Parallel Studio XE для разработки и анализа алгоритмов
3.6	Параллельные методы Монте-Карло	Использование параллельных методов Монте-Карло
3.7	СЛАУ с ленточной матрицей	Методы прогонки и циклической редукции
3.8	Дифференциальные уравнения в частных производных	Методы прогонки и циклической редукции

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные принципы создания параллельных вычислительных систем.	2	0	4	21	27

2	Моделирование параллельных программ. Реализация параллелизма. Разработка параллельных алгоритмов.	4	0	6	19	29
3	Высокопроизводительные вычисления с применением графических процессоров (GPU).	3	0	6	13	22
4	Паттерны параллельного программирования	2	0	6	23	31
5	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью. Библиотека Intel Threading building blocks	4	0	6	26	36
	Итого:	14	0	28	102	144

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Гергель, В.П., Стронгин, Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. - Н.Новгород, ННГУ (2 изд., 2003), 2001.
2	Демьянович, Бурова, Евдокимова: Параллельные алгоритмы. Разработка и реализация. Учебное пособие

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости):**

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины: Промежуточная аттестация



Форма контроля - Зачет с оценкой

Оценочные средства для промежуточной аттестации

**19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-4.1	уметь реализовывать известные методы вычислительной математики, анализа и обработки данных	Высокопроизводительные вычисления с применением графических процессоров (GPU).	Устный опрос
	знать: базовую информацию об	Моделирование	Тест

	<p>архитектуре многопроцессорных вычислительных систем с параллельной обработкой данных.</p>	<p>параллельных программ. Реализация параллелизма. Разработка параллельных алгоритмов.</p>	
	<p>владеть навыками реализации параллелизма различного вида; навыками использования базовых средств параллельного программирования систем с общей памятью</p>	<p>Высокопроизводительные вычисления с применением графических процессоров (GPU).</p>	<p>Лабораторная работа</p>
ПК-4.2	<p>уметь выполнять моделирование параллельных программ ; строить параллельных алгоритмы информационных систем</p>	<p>Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью. Библиотека Intel Threading building blocks</p>	<p>Устный опрос</p>
	<p>владеть навыками реализации параллелизма различного вида; навыками использования базовых средств параллельного программирования систем с общей памятью</p>	<p>Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью. Библиотека Intel Threading building blocks</p>	<p>Лабораторная работа</p>

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Достаточное владение материалом: правильные и конкретные, без грубых ошибок ответы на основные вопросы, с возможными неточностями в отдельных ответах;	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Достаточное владение материалом: правильные и конкретные, без грубых ошибок ответы на основные вопросы, две или три негрубые ошибки.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
В ответе учащегося присутствует некоторое количество ошибок, но ориентация в предмете есть	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Плохое владение материалом: ответ неверен, отсутствие ориентации в предмете	<i>Ниже порогового</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

### 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

1. Цели и задачи введения параллельной обработки данных.
2. Основные способы достижения параллелизма.
3. Классификация параллельных вычислительных систем по типу строения памяти.
4. Классификация Флинна.
5. Классификация по способу использования вычислительных ресурсов.
6. Топологии сетей передачи данных для построения многопроцессорных систем.
7. Способы оценки производительности многопроцессорных систем.
8. Пиковая и реальная производительность.
9. Системы тестирования производительности.

10. Понятия ускорения и эффективности параллельного алгоритма.
11. Достижимость линейных и сверхлинейных значений ускорения и эффективности.
12. Понятие стоимости параллельных вычислений, способы оценки ее компонентов.
13. Закон Амдаля.
14. Масштабируемые алгоритмы.
15. Средства автоматического распараллеливания программ.
16. Способы реализации операционных систем параллельных вычислительных систем.
17. Функции многопроцессорной операционной системы.
18. DSM-модель организации виртуальной памяти многопроцессорной операционной системы.
19. Основные этапы методики разработки параллельных алгоритмов.
20. Основные действия на этапе выделения подзадач.
21. Построение графа алгоритма, минимальный граф зависимостей.
22. Основные действия на этапе определения информационных зависимостей.
23. Цели и способы выполнения этапа агрегации.
24. Цели и принципы выполнения этапа привязки.
25. Соответствие топологии имеющейся вычислительной системы графу задачи.
26. Статическая и динамическая балансировка загрузки процессоров.
27. Важность стандартизации средств передачи сообщений.
28. Стандарт MPI: определение, назначение, минимальный набор функций.
29. Стандарт MPI: парные и коллективные операции передачи данных.
30. Стандарт MPI: барьерная синхронизация.
31. Алгоритм суммирования числовых значений, каскадная схема суммирования.
32. Параллельный алгоритм перемножения матриц.
33. Научные задачи, для которых разработаны эффективные параллельные алгоритмы.

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

### **20.2 Промежуточная аттестация**