

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Институт математики, физики и информационных технологий  
Кафедра функционального анализа

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



Н. Л. Королева  
«21» июня 2023 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.1 Параллельные и распределенные вычисления

Направление подготовки/специальность: 01.04.01 - Математика

Профиль/направленность/специализация: Обработка больших данных и интеллектуальные системы поддержки принятия решений

Уровень высшего образования: магистратура

Квалификация: Магистр

год набора: 2023

Тамбов, 2023

**Автор программы:**

Кандидат физико-математических наук, Переславцева Оксана Николаевна

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.01 - Математика (уровень магистратуры) (приказ Министерства образования и науки РФ от «10» января 2018 г. № 12).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры функционального анализа «14» июня 2023 г. Протокол № 9

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «21» июня 2023 г. № 3.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Магистратуры.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	11
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	18
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	20
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	20

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-3 Способен к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом

ПК-7 Способен к использованию баз данных и информационных систем при реализации организационно-управленческих функций

### 1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский
- проектно-технологический

### 1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сфере: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок)

### 1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
	ПК-3 Способен к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом	Ориентируется в постановке задачи и определяет, каким образом следует искать средства ее решения
		Выбирает и использует математические средства научных исследований
	ПК-7 Способен к использованию баз данных и информационных систем при реализации организационно-управленческих функций	Владеет языками программирования, предназначенными для обработки большого массива данных

### 1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-3 Способен к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения		
		Очная (семестр)		
		1	2	3
1	Администрирование суперкомпьютерных систем	+		
2	Научно-педагогическая практика			+

3	Онлайн-курс "Основы научного исследования"		+	
4	Теория автоматического управления		+	

ПК-7 Способен к использованию баз данных и информационных систем при реализации организационно-управленческих функций

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения			
		Очная (семестр)			
		1	2	3	4
1	Базы данных и системы управления базами данных	+			
2	Математические методы анализа данных			+	
3	Научно-исследовател ьская работа				+
4	Научно-исследовател ьская работа (получение первичных навыков научно-исследовател ьской работы)		+		
5	Онлайн-курс "Анализ данных на практике"		+		
6	Онлайн-курс "Хранение и обработка данных"			+	
7	Основы вычислимости и теория сложности		+		
8	Преддипломная практика				+
9	Разработка информационных систем и программных продуктов на основе больших данных			+	

## 2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры:

Дисциплина «Параллельные и распределенные вычисления» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 01.04.01 - Математика.

Дисциплина «Параллельные и распределенные вычисления» изучается в 1 семестре.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 5 з.е.

Очная: 5 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>180</b>
Контактная работа	48
Лекции (Лекции)	16
Лабораторные (Лаб. раб.)	32
Самостоятельная работа (СР)	96
Экзамен	36

### 3.2.Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Лаб · раб.	СР	
		О	О	О	
1 семестр					
1	Основные направления развития высокопроизводит ельных компьютеров.	1	2	4	Лабораторная работа
2	Классификация многопроцессорны х вычислительных систем.	1	2	6	Лабораторная работа; Тестирование
3	Парадигмы, модели и технологии параллельного программирования	1	2	8	Лабораторная работа
4	Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI.	2	2	8	Лабораторная работа
5	Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).	2	4	8	Лабораторная работа
6	Параллельное программирование на системах смешанного типа.	2	4	8	Лабораторная работа

7	Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ.	2	4	8	Лабораторная работа
8	Основные понятия параллелизма алгоритмов.	1	4	16	Лабораторная работа
9	Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание	2	4	16	Лабораторная работа
10	Параллельные методы на графах	2	4	14	Лабораторная работа

## **Тема 1. Основные направления развития высокопроизводительных компьютеров. (ПК-7)**

### **Лекция.**

Пути достижения параллелизма: независимость функционирования отдельных функциональных устройств, избыточность элементов вычислительной системы, дублирование устройств. Векторная и конвейерная обработка данных. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных. Закон Мура, сдерживающие факторы наращивания количества транзисторов на кристалле и частоты процессоров. Привлекательность подхода параллельной обработки данных. Сдерживающие факторы повсеместного внедрения параллельных вычислений. Ведомственные, национальные и другие программы, направленные на развитие параллельных вычислений в России. Необходимость изучения дисциплины параллельного программирования. Перечень критических задач, решение которых без использования параллельных вычислений затруднено или вовсе невозможно. Содержание курса параллельного программирования – характеристика основных составляющих блоков лекционного курса, практических занятий. Список основной и дополнительной литературы.

### **Лабораторные работы.**

#### **Лабораторное занятие.**

1. Подключение библиотеки `mpi`.
2. Написание простейшей параллельной программы.
3. Использование методов `getSize`, `getRank`.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

#### **Лабораторное занятие.**

1. Подключение библиотеки `mpi`.
2. Написание простейшей параллельной программы.
3. Использование методов `getSize`, `getRank`.
3. Подготовка к опросу.

#### **Задачи:**

1. Проработка конспектов лекций.
  2. Подготовка к защите лабораторной работы.
  3. Подключение и настройка библиотеки `mpi`.
  4. Векторная и конвейерная обработка данных.
  5. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных.
- Использование методов `getSize`, `getRank`.

## **Тема 2. Классификация многопроцессорных вычислительных систем. (ПК-7)**

### **Лекция.**

Системы с распределенной, общей памятью, примеры систем. Массивно-параллельные системы (MPP). Симметричные мультимикросистемные системы (SMP). Параллельные векторные системы (PVP). Системы с неоднородным доступом к памяти (Numa), примеры систем. Компьютерные кластеры – специализированные и полнофункциональные. История возникновения компьютерных кластеров – проект Beowulf. Мета-компьютинг – примеры действующих проектов. Классификация Флинна, Шора и т.д. Организация межмикросистемных связей – коммуникационные топологии. Примеры сетевых решений для создания кластерных систем. Современные микросистемные процессоры, используемые при построении кластерных решений. Компания T-платформы.

#### **Лабораторные работы.**

1. Разработать программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью блокирующих методов send-recv.
2. Разработать программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью неблокирующих методов iSend-iRecv.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы.
3. Организация межмикросистемных связей – коммуникационные топологии.

### **Тема 3. Парадигмы, модели и технологии параллельного программирования (ПК-3)**

#### **Лекция.**

Функциональный параллелизм, параллелизм по данным. Парадигма master-slave. Парадигма SPMD. Парадигма конвейеризации. Парадигма “разделяй и властвуй”. Спекулятивный параллелизм. Важность выбора технологии для реализации алгоритма. Модель обмена сообщениями – MPI. Модель общей памяти – OPENMP. Концепция виртуальной, разделяемой памяти – Linda. Российские разработки – T-система, система DVM. Проблемы создания средства автоматического распараллеливания программ.

#### **Лабораторные работы.**

1. Разработать программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью метода bcast.
2. Разработать программу сбора массива с помощью метода gather.
3. Разработать программу для сбора массива чисел со всех процессоров на процессоре с номером 1 с помощью метода gatherv. При этом, 0 процессор пересылает 3 элемента, 1 - 6 элементов, 2 - 9 элементов и т.д.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы.
3. Концепция виртуальной, разделяемой памяти – Linda.

### **Тема 4. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI. (ПК-7)**

#### **Лекция.**

Библиотека MPI. Модель SIMD. Инициализация и завершение MPI-приложения. Точечные обмены данными между процессами MPI-программы. Режимы буферизации. Проблема deadlock'ов. Коллективные взаимодействия процессов в MPI. Управление группами и коммутаторами в MPI.

#### **Лабораторные работы.**

1. Разработать программу рассылки частей массива с нулевого процессора всем остальным с помощью метода scatter.



2. Разработать программу для рассылки массива с 0 процессора всем остальным с помощью метода `scatterv`. При этом, 0 процессор должен получить один элемент, 1 - 3 элемента, 2 - 5 элементов и т.д.
3. Разработать программу сбора массива на каждом процессоре с помощью метода `allGather`.
4. Разработать программу пересылки и приема объектов с помощью метода `allToAll`.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы.
3. Управление группами и коммутаторами в MPI.

### **Тема 5. Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP). (ПК-7)**

#### **Лекция.**

Введение в OpenMP. Стандарты программирования для систем с разделяемой памятью. Создание многопоточных приложений. Использование многопоточности при программировании для многоядерных платформ. Синхронизация данных между ветвями в параллельной программе. Директивы языка OpenMP.

#### **Лабораторные работы.**

1. Разработать программу с помощью метода `probe`.
2. Разработать программу, используя метод `reduce`.
3. Разработать программу, используя метод `allReduce`.
4. Разработать программу, используя метод `reduceScatter`.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы.
3. Анализ стандартов программирования для систем с разделяемой памятью.

### **Тема 6. Параллельное программирование на системах смешанного типа. (ПК-7)**

#### **Лекция.**

Гибридные модели программирования SMP-систем. Передача данных между узлами кластера функциями MPI, обмен данными внутри узла между ядрами процессора через потоки OpenMP. Правила запуска параллельных приложений, написанных с использованием OpenMP+MPI.

#### **Лабораторные работы.**

1. Разработать программы пересылки данных между процессорами, используя коллективные команды пересылки Open MPI.
2. Загрузить полученную программу на кластер.
3. Провести на кластере запуск параллельной программы

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы.
3. Модели программирования SMP-систем.

### **Тема 7. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ. (ПК-3)**

**Лекция.**

Классификация ошибок параллельных программ (сильные, слабые ошибки ...). Особенности отладки параллельных приложений. Трассировка. Отладка с помощью последовательных отладчиков. Параллельный отладчик TotalView. Профилирование. Библиотека MPE. Средства MPI для визуализации трассы параллельного приложения.

**Лабораторные работы.**

1. Разработать параллельный алгоритм.
2. Программно реализовать полученный алгоритм.
3. Произвести отладку полученной программы, используя различные средства отладки параллельных программ.

**Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы.
3. Установка и настройка параллельного отладчика TotalView.

**Тема 8. Основные понятия параллелизма алгоритмов. (ПК-3)****Лекция.**

Степень параллелизма численного алгоритма. Средняя степень параллелизма численного алгоритма. Зернистость алгоритма. Ускорение и эффективность. Закон Амдала. Алгоритм исследования свойств параллельного алгоритма. Определение параллелизма: анализ задачи с целью выделить подзадачи, которые могут выполняться одновременно. Выявление параллелизма: изменение структуры задачи таким образом, чтобы можно было эффективно выполнять подзадачи. Для этого часто требуется найти зависимости между подзадачами и организовать исходный код так, чтобы ими можно было эффективно управлять. Выражение параллелизма: реализация параллельного алгоритма в исходном коде с помощью системы обозначений параллельного программирования.

**Лабораторные работы.****Лабораторное занятие.**

1. Разработать параллельный алгоритм.
2. Программно реализовать его, провести исследование на ускорение и эффективность.

**Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы.

**Тема 9. Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание (ПК-3)****Лекция.**

Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса - Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.

**Лабораторные работы.****Лабораторное занятие.**

1. Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матриц по схеме 1x4.
2. Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матриц по схеме 1x8.
3. Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матриц по схеме 2x4.

4. Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матрицы на вектор.
5. Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матриц по формуле Штрассена.
6. Разработать параллельный алгоритм и программу умножения вектора на число.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы.
3. Разработка параллельного алгоритма решения СЛАУ прямым методом Гаусса.
4. Разработка параллельного алгоритма решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса - Зейделя.

### **Тема 10. Параллельные методы на графах (ПК-7)**

#### **Лекция.**

Задачи, возникающие при обработке графов. Алгоритмы, применяемые для решения данных задач и способы их распараллеливания. Теоретическая оценка эффективности рассматриваемых алгоритмов. Анализ соответствия эффективности алгоритмов полученным теоретическим оценкам эффективности.

#### **Лабораторные работы.**

##### **Лабораторное занятие.**

1. Нахождение минимально охватывающего дерева (параллельный вариант алгоритма Прима).
2. Поиск кратчайших путей (параллельный вариант алгоритма Флойда).

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к опросу.

Задачи:

1. Проработка конспектов лекций.
2. Подготовка к защите лабораторной работы
3. Поиск кратчайших путей (параллельный вариант алгоритма Дейкстры).

### **4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства**

#### **4.1. Распределение баллов:**

##### **1 семестр**

- текущий контроль – 50 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

#### **Распределение баллов по заданиям:**

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Основные направления развития высокопроизводительных компьютеров.	Лабораторная работа	5	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студент получает 20 баллов.

2.	Классификация многопроцессорных вычислительных систем.	Лабораторная работа	5	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студент получает 20 баллов.
		<b>Тестирование(контрольный срез)</b>	10	В случае правильных ответов на 51% заданий тестирования студент получает 10 баллов.
3.	Парадигмы, модели и технологии параллельного программирования	Лабораторная работа	5	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студент получает 20 баллов.
4.	Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI.	<b>Лабораторная работа(контрольный срез)</b>	10	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студент получает 6 баллов.
5.	Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).	Лабораторная работа	5	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студент получает 10 баллов.
6.	Параллельное программирование на системах смешанного типа.	Лабораторная работа	5	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студенту выставляются 10 баллов.
7.	Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ.	Лабораторная работа	5	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студенту выставляются 10 баллов.
8.	Основные понятия параллелизма алгоритмов.	Лабораторная работа	5	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студенту выставляются 20 баллов.
9.	Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание	Лабораторная работа	5	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студенту выставляются 10 баллов.
10.	Параллельные методы на графах	Лабораторная работа	10	Выполнение и защита лабораторной работы. В случае успешного выполнения всех заданий лабораторной работы студенту выставляются 20 баллов.
11.	Премияльные баллы		20	20 баллов за участие в студенческих научных конференциях и олимпиадах

12.	Ответ на экзамене	30	10-17 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «удовлетворительно» 18-24 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «хорошо», 25-30 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «отлично».
13.	Итого за семестр	100	

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

## 4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

### Лабораторная работа

Тема 1. Основные направления развития высокопроизводительных компьютеров.

Задания для лабораторной работы

- 1 Разработать программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью блокирующих методов send-recv.
- 2 Разработать программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью неблокирующих методов iSend-iRecv.

Тема 2. Классификация многопроцессорных вычислительных систем.

Задания для лабораторной работы

- 1 Разработать программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью блокирующих методов send-recv.
- 2 Разработать программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью неблокирующих методов iSend-iRecv.

Тема 3. Парадигмы, модели и технологии параллельного программирования

Задание для лабораторной работы

- 1 Разработать программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью метода bcast.
- 2 Разработать программу сбора массива с помощью метода gather.
- 3 Разработать программу для сбора массива чисел со всех процессоров на процессоре с номером 1 с помощью метода gatherv. При этом, 0 процессор пересылает 3 элемента, 1 - 6 элементов, 2 - 9 элементов и т.д.

Тема 4. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI.

Задания для лабораторной работы

- 1 Разработать программу рассылки частей массива с нулевого процессора всем остальным с помощью метода scatter.

- 2 Разработать программу для рассылки массива с 0 процессора всем остальным с помощью метода scatterv. При этом, 0 процессор должен получить один элемент, 1 - 3 элемента, 2 - 5 элементов и т.д.
- 3 Разработать программу сбора массива на каждом процессоре с помощью метода allGather.
- 4 Разработать программу пересылки и приема объектов с помощью метода allToAll.

#### Тема 5. Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).

##### Задание для лабораторной работы

- 1 Разработать программу с помощью метода probe.
- 2 Разработать программу, используя метод reduce.
- 3 Разработать программу, используя метод allReduce.
- 4 Разработать программу, используя метод reduceScatter.

#### Тема 6. Параллельное программирование на системах смешанного типа.

- 1 Разработать программы пересылки данных между процессорами, используя коллективные команды пересылки Open MPI.
- 2 Загрузить полученную программу на кластер.
- 3 Провести на кластере запуск параллельной программы

#### Тема 7. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ.

##### Задания для лабораторной работы

- 1 Разработать параллельный алгоритм.
- 2 Программно реализовать полученный алгоритм.
- 3 Произвести отладку полученной программы, используя различные средства отладки параллельных программ.

#### Тема 8. Основные понятия параллелизма алгоритмов.

##### задания для лабораторной работы

- 1 . Нахождение минимально охватывающего дерева (параллельный вариант алгоритма Прима).
- 2 Поиск кратчайших путей (параллельный вариант алгоритма Флойда).

#### Тема 9. Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание

##### Задания для лабораторной работы

1. Разработать параллельный алгоритм.
2. Программно реализовать его, провести исследование на ускорение и эффективность.

#### Тема 10. Параллельные методы на графах

##### Задания для лабораторной работы

- 1 Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матриц по схеме 1x4.
- 2 Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матриц по схеме 1x8.
- 3 Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матриц по схеме 2x4.
- 4 Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матрицы на вектор.
- 5 Разработать параллельный алгоритм и программу умножения матриц по формуле Штрассена.
- 6 Разработать параллельный алгоритм и программу умножения вектора на число.

### Тестирование

#### Тема 2. Классификация многопроцессорных вычислительных систем.

##### Тест

Этапы проектирования параллельного алгоритма выполняются в следующем порядке:

Масштабирование подзадач 1

Проектирование коммуникаций 2

Планирование вычислений 3

Декомпозиция 4

Правильный ответ: декомпозиция -1, проектирование коммуникаций -2, масштабирование подзадач – 3, планирование вычислений -4.

2. К основным требованиям, которые необходимо учитывать при декомпозиции исходной задачи на подзадачи, относятся:

- а) выделение максимального количества подзадач
- б) обеспечение равного объема вычислений в выделяемых подзадачах (\*)
- в) минимум информационных зависимостей между подзадачами (\*)
- г) тесная информационная зависимость между подзадачами
- д) наличие информационно независимых подзадач

3. На каждой итерации обратного хода параллельного алгоритма Гаусса после рассылки вычисленного значения очередной неизвестной каждый процессор должен

- а) обнулить значения правых частей для всех строк, расположенных на этом процессоре.
- б) передать значения правых частей для всех строк, расположенных на этом процессоре, на первый процессор, печатающий вектор решений.
- в) обновить значения правых частей для всех строк, расположенных на этом процессоре. (\*)
- г) разделить значения правых частей для всех строк, расположенных на этом процессоре, на диагональный элемент матрицы с соответствующим номером строки.

4. Чтобы параллельное обновление значений матрицы смежности в алгоритме Флойда стало возможным, необходимо:

- а) Передать строку или столбец k всем процессорам (\*)
- б) Передать последнюю строку матрицы первому процессору
- с) Передать столбец j на каждый процессор
- д) Параллельное обновление значений будет происходить независимо без каких-либо дополнительных действий

5. В алгоритме Прима может быть распараллелено следующее действие:

- а) Нахождение ребра максимального веса
- б) Нахождение ребра минимального веса (\*)
- с) Обновление значения матрицы смежностей
- д) Алгоритм Прима не может быть распараллелен

#### 4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

##### Типовые вопросы экзамена (ПК-3, ПК-7)

- 1 Коллективные взаимодействия процессов в MPI
- 2 Управление группами и коммутаторами в MPI.
- 3 Стандарты программирования для систем с разделяемой памятью.
- 4 Создание многопоточных приложений.
- 5 Использование многопоточности при программировании для многоядерных платформ.
- 6 Синхронизация данных между ветвями в параллельной программе.
- 7 Директивы языка OpenMP.

- 8 Гибридные модели программирования SMP-систем.
- 9 Передача данных между узлами кластера функциями MPI, обмен данными внутри узла между ядрами процессора через потоки OpenMP.
- 10 Правила запуска параллельных приложений, написанных с использованием OpenMP+MPI.
- 11 Особенности отладки параллельных приложений. Трассировка. Отладка с помощью последовательных отладчиков.
- 12 Профилирование.
- 13 Средства MPI для визуализации трассы параллельного приложения.
- 14 Степень параллелизма численного алгоритма.
- 15 Ускорение и эффективность. Закон Амдала.
- 16 Определение параллелизма: анализ задачи с целью выделить подзадачи, которые могут выполняться одновременно.
- 17 Выявление параллелизма: изменение структуры задачи таким образом, чтобы можно было эффективно выполнять подзадачи.
- 18 Выражение параллелизма: реализация параллельного алгоритма в исходном коде с помощью системы обозначений параллельного программирования.
- 19 Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
- 20 Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
- 21 Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.

### **Типовые задания для экзамена (ПК-3, ПК-7)**

#### **Типовые задания тестирования**

1. Этапы проектирования параллельного алгоритма выполняются в следующем порядке:

Масштабирование подзадач 1

Проектирование коммуникаций 2

Планирование вычислений 3

Декомпозиция 4

Правильный ответ: декомпозиция -1, проектирование коммуникаций -2, масштабирование подзадач – 3, планирование вычислений -4.

2. К основным требованиям, которые необходимо учитывать при декомпозиции исходной задачи на подзадачи, относятся:

- а) выделение максимального количества подзадач
- б) обеспечение равного объема вычислений в выделяемых подзадачах (\*)
- в) минимум информационных зависимостей между подзадачами (\*)
- г) тесная информационная зависимость между подзадачами
- д) наличие информационно независимых подзадач

3. На каждой итерации обратного хода параллельного алгоритма Гаусса после рассылки вычисленного значения очередной неизвестной каждый процессор должен

- а) обнулить значения правых частей для всех строк, расположенных на этом процессоре.
- б) передать значения правых частей для всех строк, расположенных на этом процессоре, на первый процессор, печатающий вектор решений.
- в) обновить значения правых частей для всех строк, расположенных на этом процессоре. (\*)
- г) разделить значения правых частей для всех строк, расположенных на этом процессоре, на диагональный элемент матрицы с соответствующим номером строки.



4. Чтобы параллельное обновление значений матрицы смежности в алгоритме Флойда стало возможным, необходимо:

- а) Передать строку или столбец  $k$  всем процессорам (\*)
- б) Передать последнюю строку матрицы первому процессору
- с) Передать столбец  $j$  на каждый процессор
- д) Параллельное обновление значений будет происходить независимо без каких-либо дополнительных действий

5. В алгоритме Прима может быть распараллелено следующее действие:

- а) Нахождение ребра максимального веса
- б) Нахождение ребра минимального веса (\*)
- с) Обновление значения матрицы смежностей
- д) Алгоритм Прима не может быть распараллелен

### Типовые задания экзамена в 3 семестре

1. Напишите программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью блокирующих методов `send-recv`.
2. Напишите программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью неблокирующих методов `iSend-iRecv`.
3. Напишите программу рассылки одномерного массива с нулевого процессора на все остальные с помощью метода `bcast`.

### 4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ПК-3	Демонстрирует высокий уровень знания основ организации научно-исследовательской, проектной и производственной работы на многопроцессорных вычислительных комплексах. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано
	ПК-7	Отлично выбирает и использует математические средства научных исследований Демонстрирует высокий уровень знания основных технологий организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано.
«хорошо» (70 - 84 баллов)	ПК-3	Демонстрирует достаточный уровень знания основ организации научно-исследовательской, проектной и производственной работы на многопроцессорных вычислительных комплексах. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано
	ПК-7	Хорошо выбирает и использует математические средства научных исследований Демонстрирует достаточный уровень знания основных технологий организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано.

«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)	ПК-3	Демонстрирует не достаточно хороший уровень знания основ организации научно-исследовательской, проектной и производственной работы на многопроцессорных вычислительных комплексах. Ответ не всегда логично выстроен, материал излагается без применения научной терминологии.
		Удовлетворительно выбирает и использует математические средства научных исследований
	ПК-7	Демонстрирует не достаточно хороший уровень знания основных технологий организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью. Ответ не всегда логично выстроен, материал излагается без применения научной терминологии.
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ПК-3	Демонстрирует слабый уровень знания основ организации научно-исследовательской, проектной и производственной работы на многопроцессорных вычислительных комплексах. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом.
		Неудовлетворительно выбирает и использует математические средства научных исследований
	ПК-7	Демонстрирует слабый уровень знания основных технологий организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом.

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

### 5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

### 5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.

- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

### 5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

### 5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;

- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1 Основная литература:**

1. Малявко А. А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : Учебное пособие для вузов. - испр. и доп; 2-е изд.. - Москва: Юрайт, 2020. - 129 с. - Текст : электронный // ЭБС «ЮРАЙТ» [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/453248>
2. Антонов А. С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI : курс. - Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2008. - 71 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233577>
3. Левин, М. П. Параллельное программирование с использованием OpenMP : учебное пособие. - 2022-07-28; Параллельное программирование с использованием OpenMP. - Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. - 133 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/97572.html>

### **6.2 Дополнительная литература:**

1. Воеводин, В. В. Вычислительная математика и структура алгоритмов : учебник. - 2020-09-18; Вычислительная математика и структура алгоритмов. - Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2010. - 168 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/13042.html>
2. Гергель, В. П. Теория и практика параллельных вычислений : учебное пособие. - 2021-12-05; Теория и практика параллельных вычислений. - Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. - 500 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/89478.html>
3. Алексеев, А. А. Основы параллельного программирования с использованием Visual Studio 2010 : учебное пособие. - 2021-12-05; Основы параллельного программирования с использованием Visual Studio 2010. - Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. - 330 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/89456.html>
4. Искусство программирования : [Пер. с англ.], Т.1: Основные алгоритмы. - [3-е изд.]. - М. и др.: Вильямс, 2005. - 712 с.
5. Искусство программирования : [Пер. с англ.], Т.2: Получисленные алгоритмы. - [3-е изд.]. - М. и др.: Вильямс, 2004. - 828 с.
6. Искусство программирования : [Пер. с англ.], Т.3: Сортировка и поиск. - 2-е изд.. - М. и др.: Вильямс, 2005. - 822 с.

### **6.3 Иные источники:**

1. Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» - <http://www.intuit.ru/>
2. СКА MahtPartner - <http://mathpar.cloud.unihub.ru/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

LibreOffice

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Microsoft Windows 10

Операционная система "Альт Образование"

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prilib.ru>
2. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
3. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
4. Тамбовская областная универсальная научная библиотека им. А.С. Пушкина. – URL: <http://www.tambovlib.ru>
5. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: <https://biblioclub.ru>
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов». – URL: <http://school-collection.edu.ru>
7. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» . – URL: <http://www.biblioclub.ru>
8. Юрайт: электронно-библиотечная система. – URL: <https://urait.ru>

### **Электронная информационно-образовательная среда**

[https://auth.tsutmb.ru/authorize?response\\_type=code&client\\_id=moodle&state=xyz](https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz)

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.