

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

**ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭЛЕКТРОНИКИ**  
**Кафедра «Вычислительной и информационной техники»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан ФИТЭ, к.ф-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ **В.С. Холушкин**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Наименование образовательной программы	Высокопроизводительные вычисления и технологии параллельного программирования
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры Зав. кафедрой ВИТ

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ **В.С. Холушкин**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022г.

г. Саров, 2022г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ВИТ

В.С. Холушкин

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ВИТ

В.С. Холушкин

Программа переутверждена на 201\_\_\_\_/201\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ВИТ

В.С. Холушкин

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с Семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ФИТЭ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ВИТ

В.С. Холушкин

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗСО/
3	32	2	72	16	-	32	24	-	3
<b>ИТОГО</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	

## АННОТАЦИЯ

Курс посвящен изучению теоретических и практические основ параллельного программирования. Изучаются способы и методы разработки эффективных параллельных алгоритмов для решения различных прикладных задач. Главная цель преподавания дисциплины – подготовка специалиста, владеющего фундаментальными знаниями и практическими навыками в области основ алгоритмизации и параллельного программирования для решения прикладных задач в различных предметных областях.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса состоит в изучении технологии параллельного программирования для многопроцессорных вычислительных систем на общей и распределенной памяти в объеме, достаточном для успешного начала работ в области параллельного программирования. Дисциплина «Параллельное программирование на высокопроизводительных вычислительных системах» является продолжением курсов «Основы алгоритмизации и программирования» и «Технологии программирования». Полученные знания и практические навыки могут использоваться при разработке курсовых и дипломных работ. Практическая часть курса выполняется с использованием реализации MPI – пакета mpich.nt.1.2.5, на языке C. Лабораторные работы выполняются на ПЭВМ в режиме многопроцессорной эмуляции.

Задачи дисциплины – дать основы:

- принципов разработки параллельных алгоритмов и программ,
- функциональных возможностей стандарта MPI и OpenMP,
- разработки параллельных численных алгоритмов для решения типовых задач вычислительной математики.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Параллельное программирование» является базовой (общепрофессиональной) частью профессиональной компетенции и базируется на таких дисциплинах как, «Информатика», «Информационные технологии», «Основы алгоритмизации и программирования» и «Технологии программирования».

Освоение дисциплины «Параллельное программирование» необходимо для успешного изучения дисциплин «Параллельные вычисления на высокопроизводительных вычислительных системах» с последующим применением полученных знаний в профессиональной деятельности, а также для успешного выполнения производственной практики и научно-исследовательской работы бакалавра.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

#### Общепрофессиональные компетенции (ОПК)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<p><b>ОПК-2</b> Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p>	<p><b>З-ОПК-2</b> знать существующие математические методы и системы программирования необходимые для реализации алгоритмов решения прикладных задач</p> <p><b>У-ОПК-2</b> уметь использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования необходимые для реализации алгоритмов решения прикладных задач</p> <p><b>В-ОПК-2</b> владеть навыками реализации математических алгоритмов для решения прикладных задач с использованием существующих систем программирования</p>
<p><b>ОПК-3</b> Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p><b>З-ОПК-3</b> Знать: принципы построения математических моделей физических явлений и процессов</p> <p><b>У-ОПК-3</b> Уметь: формулировать математические модели различных явлений и процессов на основе физических принципов и законов</p> <p><b>В-ОПК-3</b> Владеть: навыками построения математических моделей физических явлений и процессов</p>

#### Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
<b>Типы задач профессиональной деятельности: проектный</b>			
разработка и реализация проектов, связанных применением прикладной математики и информатики в конкретных предметных областях	математическое моделирование и высокопроизводительные вычисления в задачах механики сплошной среды и физики высоких плотностей энергии; разработка	<b>ПК-5</b> способен к разработке, реализации и оценке проектов научно-исследовательской и инновационной направленности <i>Основание:</i> Профессиональный	<b>З-ПК-5</b> знать принципы оценки научно-исследовательских проектов при проведении их экспертизы; <b>У-ПК-5</b> уметь проводить разработку

	<p>прикладных программных комплексов; разработка высокопроизводительных ЭВМ и программного обеспечения для них; компьютерное сопровождение и обработка результатов физических экспериментов</p>	<p>стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»</p>	<p>и экспертизу научно-исследовательских проектов; <b>В-ПК-5</b> владеть навыками разработки и экспертизы научно-исследовательских проектов;</p>
--	---	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Максимальный балл (см. п. 5.3)
			Лекции	Практ. занятия/семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	
			16	-	32	24		
<b>Семестр 3</b>								
<b>Раздел 1.</b>								
1.1	Тема 1. Теоретические основы разработки параллельных приложений. Принципы взаимодействия процессов. Базовые понятия и программная реализация принципа передачи данных..	1,2	2		2	4	УО, Защита ЛР	5
1.2	Тема 2. Коллективные операции передачи данных. Принципы взаимодействия процессов при выполнении коллективных операций. Понятие синхронизации процессов.	3-5	2		2	4	Защита ЛР	5
<b>Раздел 2.</b>								
2.1	Тема 3. Типы данных MPI. Производные типы данных, конструирование типов. Операции упаковки/распаковки данных	6-8	2		4	4	Защита ЛР	5

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Максимальный балл (см. п. 5.3)
			Лекции	Практ. занятия/семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	
			16	-	32	24		
2.2	Тема 2. Управление группами процессов и коммуникаторами. Конструирование групп и коммуникаторов.	9-10	2		8	4	Защита ЛР	5
<b>Рубежный контроль</b>		<b>11</b>					<b>СР</b>	<b>5</b>
<b>Раздел 3.</b>								
3.1	Тема 1. Особенности реализации взаимодействия параллельных процессов с использованием топологических функций MPI.	12-13	4		8	4	Защита ЛР	5
3.2	Тема 2. Интеркоммуникаторы. Обмен данными между различными коммуникационными пространствами.	14-15	4		8	4	Защита ЛР	5
<b>Рубежный контроль</b>		<b>16</b>					<b>СР</b>	<b>10</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>						<b>3</b>	<b>-</b>	<b>50</b>
<b>Посещаемость</b>								<b>5</b>
<b>Итого:</b>			<b>16</b>		<b>32</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>100</b>

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

СР – самостоятельная работа(решение задачи на заданную тему)

РГР – расчетно – графическая работа

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

##### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>Раздел 1</b>		
1.1	Тема 1. Теоретические основы разработки параллельных приложений. Принципы взаимо-	1.1.1. Интерфейс передачи сообщений (MPI). Основные понятия и определения. Причины возникновения технологии разработки параллельных приложений. Основные принципы выполнения

	<p>действия процессов. Базовые понятия и программная реализация принципа передачи данных.</p>	<p>параллельной обработки данных. Понятие параллельной программы и процесса. Общие принципы передачи сообщений. Понятие коммуникационного пространства.</p> <p>1.1.2. Особенности взаимодействия параллельных процессов с использованием блокирующих и не блокирующих операций двухточечных обменов MPI. Коммуникационные режимы.</p> <p>Понятие блокирующей и не блокирующей операции. Принцип взаимодействия процессов при использовании различных режимов передачи данных. Управление процессом передачи данных при выполнении не блокирующих обменов. Понятие дескриптора запроса.</p> <p>1.1.3. Реализация интерфейса передачи данных (MPICH), обзор наиболее используемых реализаций, отличительные особенности. Общая характеристика среды выполнения MPI программ.</p> <p>Реализация библиотеки функций передачи сообщений. Инструменты среды разработки, особенности отладки параллельных программ. Понятие интерфейса абстрактного устройства (ADI).</p>
1.2	<p>Тема 2. Коллективные операции передачи данных. Принципы взаимодействия процессов при выполнении коллективных операций. Понятие синхронизации процессов.</p>	<p>1.2.1. Барьерная синхронизация, коллективная операция рассылки данных.</p> <p>Классификация коллективных операций обмена. Понятие синхронизации процессов передачи данных. Особенности выполнения операций барьерной синхронизации и широковещательной рассылки данных.</p> <p>1.2.2. Принципы взаимодействия процессов при выполнении коллективных операций сборки и рассылки данных.</p> <p>Организация операций сборки и рассылки блоков данных с непрерывным расположением в памяти и данных, расположенных со смещением. Проблема устранения взаимоблокировок процессов при выполнении коллективных операций. Обобщенные операции сборки и рассылки данных.</p>



		<p>1.2.3. Особенности выполнения операций редукции.</p> <p>Классификация базовых типов операций редукции. Принцип коллективной операции обработки данных. Дополнительные типы данных операций редукции. Обобщенная операция редукции.</p>
<b>Раздел 2</b>		
2.1	<p>Тема 1. Типы данных MPI. Производные типы данных, конструирование типов. Операции упаковки/распаковки данных.</p>	<p>2.1.1. Производные типы данных. Конструкторы типов. Понятие сигнатуры типа. Карта типа. Оптимизация передачи нестандартных данных при использовании производных типов данных. Классификация конструкторов типов данных. Особенности использования операций конструирования производных типов данных.</p> <p>2.1.2. Упаковка и распаковка данных.</p> <p>Использование механизма передачи данных разной структуры и объема. Оценка эффективности. Проблемы оптимизации обмена разнородными данными.</p>
2.2	<p>Тема 2. Управление группами процессов и коммуникаторами. Конструирование групп и коммуникаторов.</p>	<p>2.2.1. Понятие группы процессов. Конструкторы групп. Группа процессов, инициализация процессов в группе. Понятие “пустой” группы, базовой группы, идентификатора группы. Конструкторы на базе одной и двух групп. Особенности использования операций конструирования групп. Деструкторы групп.</p> <p>2.2.2. Понятие коммуникационного пространства.</p> <p>Взаимосвязь групп и коммуникаторов. Коммуникационное пространство, контекст коммуникатора. Предопределенный коммуникатор. Конструкторы коммуникаторов, особенности операций конструирования коммуникаторов. Деструктор коммуникатора.</p>
<b>Раздел 3</b>		
3.1	<p>Тема 1. Особенности реализации взаимодействия параллельных процессов с использованием топологических</p>	<p>3.1.1. Декартова топология.</p> <p>Понятие виртуальной топологии, оптимизация параллельных алгоритмов с использованием механизма виртуальных топологий. Конструкторы декартовой топологии. Функции описания декартовой топологии.</p>

	функций MPI.	3.1.2. Топология графа. Топология графа как общий вид виртуальной топологии Конструкторы топологии графа. Функции описания топологии графа. Особенности использования топологии графа для увеличения эффективности параллельных программ, преимущества и недостатки
3.2	Тема 2.Интеркоммуникаторы. Обмен данными между различными коммуникационными пространствами	3.2.1.Понятие интеркоммуникатора, конструктор интеркоммуникаторов. Создание и цели использования межгрупповых коммуникаторов. Механизм обмена данными между различными коммуникационными пространствами.

### **Лабораторные занятия**

Лабораторный практикум предполагает выполнение лабораторных работ по основным разделам дисциплины. Темы лабораторных работ приведены в следующей таблице соответственно по семестрам. Инструментальная среда для выполнения лабораторных работ Microsoft Visual Studio 15.0 и выше.

<b>№</b>	<b>Примерные темы лабораторных занятий</b>
1.	Основы работы и создание проекта для разработки параллельных приложений, особенности компиляции, отладки и выполнения параллельных программ в среде Microsoft Visual Studio
2.	Разработка и реализация параллельных программ с использованием операций двухточечных обменов. Исследование эффективности передачи данных при различных режимах обмена.
3.	Разработка и реализация параллельных программ с использованием коллективных операций обмена
4.	Разработка и реализация параллельных программ с использованием конструкторов типов данных. Исследование эффективности передачи однородных и разнородных данных для различных конструкторов типов данных.
5.	Разработка и реализация параллельных программ с использованием конструкторов групп и коммуникаторов.

6.	Разработка и реализация параллельных программ с использованием конструкторов виртуальных топологий.
7.	Разработка и реализация параллельных программ с использованием конструктора интеркоммуникатора. Механизм межгруппового обмена данными.

### 4.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие виды самостоятельной работы:

- самостоятельный поиск литературы по разделам и темам курса;
- изучение материала по дополнительным разделам дисциплины;
- изучение литературы и подготовка к выполнению лабораторных работ, курсовых работ;
- подготовка к тестированию, контрольным работам, написанию рефератов;
- подготовка к зачету, экзаменам.

Форма контроля: отчет по лабораторным работам и их защита, защита курсовых работ.

#### Учебно-методические пособия:

1. Евсеев И. MPI для начинающих: Учебное пособие. – Электронный ресурс: <http://parallel.ru/doc>.
2. Воеводин В. MPI. Вводный курс. – Электронный ресурс: <http://parallel.srcc.mcu.su>.
3. Гергель В. Теория и практика параллельных вычислений. Учебное пособие - М.:Бином, 2007.
4. Курс лекций по параллельному программированию. Фролова Н.В. Электронный ресурс СарФТИ НИЯУ МИФИ. 2021 г.

#### Рекомендуемый перечень тем самостоятельного углубленного изучения материала дисциплины:

- Основные принципы разработки параллельных программ, принципы параллельного программирования на общей и распределенной памяти.
- Основные операции MPI. Принцип выполнения двухточечных обменов, блокирующие и не блокирующие операции, особенности различных режимов передачи данных.

- Основные коллективные операции, особенности их использования. Выполнение сбора и рассылки данных, различной длины с разрывным расположением в памяти.
- Производные типы данных MPI, особенности конструирования и использования. Вопросы повышения эффективности передачи данных при использовании производных типов данных в зависимости от алгоритма задачи.
- Основные понятия группы и коммуникационного пространства, их взаимосвязь. Понятие контекста коммутатора. Конструкторы групп и коммутаторов. Выполнение межпроцессорных обменов в базовых и производных коммуникационных пространствах.
- Виртуальные топологии, их роль в повышении эффективности параллельных программ. Связь физической и виртуальной топологии. Особенности создания декартовой топологии и топологии графа. Примеры двумерных решеток декартовой топологии.
- Использование интеркоммутираторов для выполнения межгрупповых обменов.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

### **5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине**

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

<b>Раздел</b>	<b>Темы занятий</b>	<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы освоения</b>	<b>Текущий контроль, неделя</b>
1	Тема 1. Теоретические основы разработки параллельных приложений. Принципы взаимодействия процессов. Базовые понятия и программная реализация принципа передачи данных.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	3-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 3-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	УО1, Защита ЛР2
	Тема 2. Коллективные операции передачи данных. Принципы взаимодействия процессов при выполнении коллек-	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	3-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 3-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3	Защита ЛР5

	тивных операций. Понятие синхронизации процессов.		З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	З-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 З-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3 З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	СР11
2	Тема 1. Типы данных MPI. Производные типы данных, конструирование типов. Операции упаковки/распаковки данных	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	З-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 З-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3 З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	Защита ЛР8
	Тема 2. Управление группами процессов и коммуникаторами. Конструирование групп и коммуникаторов.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	З-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 З-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3 З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	Защита ЛР10
3	Особенности реализации взаимодействия параллельных процессов с использованием топологических функций MPI.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	З-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 З-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3 З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	Защита ЛР13
	Интеркоммуникаторы. Обмен данными между различными коммуникационными пространствами.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	З-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 З-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3 З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	Защита ЛР15
<b>Рубежный контроль</b>		ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	З-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 З-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3 З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	СР16
<b>Промежуточная аттестация</b>		ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	З-ОПК-2;У-ОПК-2;В-ОПК-2 З-ОПК-3;У-ОПК-3;В-ОПК-3 З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5	<b>Зачет</b>

**5.2. 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**

**5.2.1. Оценочные средства для текущего контроля**

**5.2.1.1. Примерные вопросы для устного опроса (УО)**

1. Теоретические основы и принципы разработки параллельных программ
2. Коллективные операции передачи данных
3. Типы данных MPI. Производные типы данных, конструирование типов.
4. Управление группами процессов и коммутаторами
5. Топологические функции
6. Принципы обмена данными в параллельных программах

### **5.2.1.2. Примерные темы и вопросы для самостоятельной работы (СР)**

- Основные принципы разработки параллельных программ, принципы параллельного программирования на общей и распределенной памяти.
- Основные операции MPI. Принцип выполнения двухточечных обменов, блокирующие и не блокирующие операции, особенности различных режимов передачи данных.
- Основные коллективные операции, особенности их использования. Выполнение сбора и рассылки данных, различной длины с разрывным расположением в памяти.
- Производные типы данных MPI, особенности конструирования и использования. Вопросы повышения эффективности передачи данных при использовании производных типов данных в зависимости от алгоритма задачи.
- Основные понятия группы и коммуникационного пространства, их взаимосвязь. Понятие контекста коммутатора. Конструкторы групп и коммутаторов. Выполнение межпроцессорных обменов в базовых и производных коммуникационных пространствах.
- Виртуальные топологии, их роль в повышении эффективности параллельных программ. Связь физической и виртуальной топологии. Особенности создания декартовой топологии и топологии графа. Примеры двумерных решеток декартовой топологии.
- Использование интеркоммутираторов для выполнения межгрупповых обменов.

### **5.2.2. Оценочные средства для рубежного контроля**

#### **5.2.2.1. Примерные задания для решения задач по заданной теме**

1. Перемножение матриц на языке Си с использованием технологии OpenMP
2. Перемножение матриц на языке Си с использованием технологии MPI (одномерная решетка процессов)
3. Перемножение матриц на языке Фортран с использованием технологии MPI (одномерная решетка процессов)
4. Перемножение матриц на языке Си с использованием технологии MPI (двумерная ре-

шетка процессов)

5. Перемножение матриц на языке Фортран с использованием технологии MPI (двумерная решетка процессов)

### **5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **5.2.3.1. Примерные вопросы к зачету:**

1. Теоретические основы разработки параллельных приложений.
2. Принципы взаимодействия процессов. Базовые понятия и программная реализация принципа передачи данных.
3. Интерфейс передачи сообщений (MPI). Основные понятия и определения.
4. Причины возникновения технологии разработки параллельных приложений.
5. Основные принципы выполнения параллельной обработки данных. Понятие
6. параллельной программы и процесса.
7. Общие принципы передачи сообщений. Понятие коммуникационного пространства.
8. Особенности взаимодействия параллельных процессов с использованием блокирующих и не блокирующих операций двухточечных обменов MPI. Коммуникационные режимы.
9. Понятие блокирующей и не блокирующей операции. Принцип взаимодействия процессов при использовании различных режимов передачи данных.
10. Управление процессом передачи данных при выполнении не блокирующих обменов. Понятие дескриптора запроса.
11. Реализация интерфейса передачи данных (MPICH), обзор наиболее используемых реализаций, отличительные особенности.
12. Общая характеристика среды выполнения MPI программ.
13. Реализация библиотеки функций передачи сообщений.
14. Инструменты среды разработки, особенности отладки параллельных программ. Понятие интерфейса абстрактного устройства (ADI).
15. Барьерная синхронизация, коллективная операция рассылки данных.
16. Классификация коллективных операций обмена.
17. Понятие синхронизации процессов передачи данных.
18. Особенности выполнения операций барьерной синхронизации и широковещательной рассылки данных.

19. Принципы взаимодействия процессов при выполнении коллективных операций сборки и рассылки данных.
20. Организация операций сборки и рассылки блоков данных с непрерывным расположением в памяти и данных, расположенных со смещением.
21. Проблема устранения взаимоблокировок процессов при выполнении коллективных операций. Обобщенные операции сборки и рассылки данных.
22. Особенности выполнения операций редукции.
23. Классификация базовых типов операций редукции. Принцип коллективной операции обработки данных.
24. Дополнительные типы данных операций редукции. Обобщенная операция редукции.
25. Производные типы данных. Конструкторы типов.
26. Понятие сигнатуры типа. Карта типа. Оптимизация передачи нестандартных данных при использовании производных типов данных.
27. Классификация конструкторов типов данных. Особенности использования операций конструирования производных типов данных.
28. Упаковка и распаковка данных.
29. Использование механизма передачи данных разной структуры и объема. Оценка эффективности. Проблемы оптимизации обмена разнородными данными.
30. Понятие группы процессов. Конструкторы групп
31. Группа процессов, инициализация процессов в группе. Понятие “пустой” группы, базовой группы, идентификатора группы.
32. Конструкторы на базе одной и двух групп. Особенности использования операций конструирования групп. Деструкторы групп.
33. Взаимосвязь групп и коммуникаторов. Коммуникационное пространство, контекст коммуникатора. Предопределенный коммуникатор.
34. Конструкторы коммуникаторов, особенности операций конструирования коммуникаторов. Деструктор коммуникатора.
35. Декартова топология.
36. Понятие виртуальной топологии, оптимизация параллельных алгоритмов с использованием механизма виртуальных топологий.
37. Конструкторы декартовой топологии.
38. Функции описания декартовой топологии.
39. Топология графа как общий вид виртуальной топологии
40. Конструкторы топологии графа. Функции описания топологии графа.



41. Особенности использования топологии графа для увеличения эффективности параллельных программ, преимущества и недостатки
42. Понятие интеркоммуникатора, конструктор интеркоммуникаторов.
43. Создание и цели использования межгрупповых коммуникаторов.
44. Механизм обмена данными между различными коммуникационными пространствами.

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации. Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы. Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля. Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69		E	
60-64	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.		
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного

			материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--	--

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

### **6.1. Рекомендуемая литература**

#### **ОСНОВНАЯ:**

Электронный ресурс MPI: стандарт интерфейса передачи сообщений. Перевод с английского, 1996.

Евсеев И. MPI для начинающих: Учебное пособие. – Электронный ресурс: <http://parallel.ru/doc>.

Воеводин В. MPI. Вводный курс. – Электронный ресурс: <http://parallel.srcc.mcu.su>.

Шпаковский Г., Сериков Н. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI. – Минск, БГУ, 2002.

Гергель В. Теория и практика параллельных вычислений. Учебное пособие - М.:Бином, 2007.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:**

Электронный ресурс: <http://www.mcs.anl.gov/Projects/mpi/standard.html>

W.Grop, E.Lusk, and A.Skjellum – “Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface” - MIT Press, Cambridge, Mass. 1996

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

Класс ПЭВМ с установленным программным обеспечением: MS Windows, MS Developer Visual Studio C++, mpich.nt.1.2.5.

Из расчета одна ПЭВМ на одного человека.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ФОС ВО по «Прикладная математика и информатика» системы и технологии» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках учебного курса студенты работают с лекциями, рекомендованной литературой, выполняют лабораторные работы, готовятся

к экзамену и зачету. В процессе подготовки студенты используют программные продукты, инструментальные среды, информационно-справочные системы, информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы, тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

## **9.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Предлагается

- Самостоятельно прорабатывать лекционный материал для более полного усвоения материала;
- В учебном процессе при выполнении лабораторного практикума эффективно использовать методические пособия и методический материал по темам лабораторных работ;
- Активно использовать Интернет-ресурсы для получения актуального материала по изучаемой дисциплине;
- Активно использовать Интернет-ресурсы для обновления инструментальной базы (систем программирования, инструментальных сред и т.д.) при выполнении лабораторных работ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Автор(ы) \_\_\_\_\_ Н.В.Фролова

Рецензенты \_\_\_\_\_ В.С.Холушкин

Согласовано:

Зав. кафедрой ВИТ \_\_\_\_\_ В.С.Холушкин

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Р.М.Шагалиев