

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Политехнический институт (филиал) федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Северо-Восточный федеральный университет имени  
М.К. Аммосова» в г. Мирном.  
Кафедра фундаментальной и прикладной математики

Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.28 Технология разработки параллельных программ**

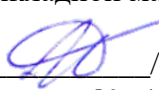
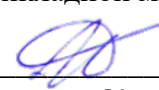
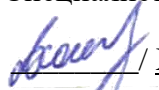
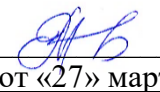
для программы бакалавриата

по направлению подготовки

02.03.03. Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Форма обучения: Очная

Автор: Якушев Илья Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент кафедры фундаментальной и  
прикладной математики, МПТИ (ф)СВФУ, [Yakushevilya@mail.ru](mailto:Yakushevilya@mail.ru)

<p>РЕКОМЕНДОВАНО</p> <p>Заведующий кафедрой фундаментальной и прикладной математики</p> <p> /Гадоев М.Г. протокол № 4 от «10» марта 2020 г.</p>	<p>ОДОБРЕНО</p> <p>Заведующий кафедрой фундаментальной и прикладной математики</p> <p> /Гадоев М.Г. протокол № 4 от «10» марта 2020 г.</p>	<p>ПРОВЕРЕНО</p> <p>Нормоконтроль в составе ОП пройден Специалист УМО</p> <p> / Хомподоева А.Д. «25» марта 2020 г.</p>
<p>Рекомендовано к утверждению в составе ОП</p> <p>Председатель УМС  /Константинова Т.П./ протокол УМС № 3 от «27» марта 2020 г.</p>		<p>Эксперт УМС</p> <p> / Егорова М.В. «27» марта 2020 г.</p>

Мирный 2020

# 1. АННОТАЦИЯ

## к рабочей программе дисциплины

### Б1.О.28 Технология разработки параллельных программ

#### Трудоемкость 4 зет

#### 1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины

Цель дисциплины - познакомить студентов с технологиями параллельного программирования, разобрать архитектуру параллельных вычислительных систем, познакомить студентов с основными принципами распараллеливания программ, привить студентам навыки программирования с использованием технологии MPI, OpenMP.

#### 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Планируемые результаты освоения программы (код и содержание компетенции)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
Информационно-коммуникационные технологии для профессиональной деятельности	ОПК-3. Способен применять современные информационные технологии, в том числе отечественные, при создании программных продуктов и программных комплексов различного назначения	ОПК-3.1. Знает основные положения и концепции в прикладного и системного программирования, архитектуры компьютеров и сетей (в том числе и глобальных), современные языки программирования, технологии создания и эксплуатации программных продуктов и программных комплексов. ОПК-3.2. Умеет использовать их в профессиональной деятельности, ОПК-3.3. Имеет практические навыки разработки программного обеспечения.	<b>Знать:</b> формы представления структур данных в ЭВМ; средства описания данных и действий в языках программирования <b>Уметь:</b> анализировать алгоритмы <b>Владеть:</b> методами представления структур данных в памяти ЭВМ	Выполнение практических заданий, тест, устный опрос

Информационно-коммуникационные технологии для профессиональной деятельности и	ОПК-4. Способен участвовать в разработке технической документации программных продуктов и программных комплексов	ОПК-4.1. Знает основные стандарты, нормы и правила разработки технической документации программных продуктов и программных комплексов. ОПК-4.2. Умеет использовать их при подготовке технической документации программных продуктов. ОПК-4.3. Имеет практические навыки подготовки технической документации.	<b>Знать:</b> Современные среды разработки программного обеспечения и новые образцы программных средств защиты в распределенных компьютерных системах <b>Уметь:</b> Пользоваться современными средами разработки программного обеспечения и новыми образцами программных средств защиты в распределенных компьютерных системах <b>Владеть:</b> Современными средами разработки программного обеспечения и новыми образцами программных средств защиты в распределенных компьютерных системах	Выполнение практических заданий, тест, устный опрос
-------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

### 1.3. Место дисциплины в структуре ОПОП

Индекс	Наименование дисциплины (модуля), практики	Семестр изучения	Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик	
			на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.О.28	Технология разработки параллельных программ	6	Базовый школьный курс информатика и программирование	Б1.В.12 Технология разработки современных программных комплексов Б1.О.24 Базы данных и СУБД

### 1.4. Язык преподавания: Русский

**2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Выписка из учебного плана:

Код и название дисциплины по учебному плану	Б1.О.28      Технология разработки параллельных программ	
Курс изучения	3	
Семестр(ы) изучения	6	
Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Экзамен	
Курсовой проект/ курсовая работа (указать вид работы при наличии в учебном плане)	-	
Трудоемкость (в ЗЕТ)	4	
Трудоемкость (в часах) (сумма строк 1, 2, 3), в т.ч.:	144	
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР):</b>	Объем аудиторной работы (в часах)	В том числе с применением ЭО или ДОТ <sup>i*</sup> (в часах)
Объем аудиторной работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.):		
1.1. Занятия лекционного типа (лекции)	17	
1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:		
- практические занятия (семинары, коллоквиумы)		
- лабораторные работы	34	
- практикумы		
1.3. КСР (контроль самостоятельной работы)	2	
<b>2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)</b>	64	
<b>3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане)</b>	27	

### 3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 3.1. Распределение часов по темам и видам учебных занятий

Тема	Всего часов	Контактная работа, в часах									Часы СРС
		Лекции	из них с применением ЭО и ДОТ	Семинары (практические занятия, коллоквиумы)	из них с применением ЭО и ДОТ	Лабораторные работы	из них с применением ЭО и ДОТ	Практикумы	из них с применением ЭО и ДОТ	КСР (консультации)	
Тема 1. Архитектура параллельных компьютеров	20	3				6					11
Тема 2. Параллелизм и его использование	20	3				6					11
Тема 3. Технология программирования OpenMP	21	3				6				1	11
Тема 4. Технология программирования MPI	20	3				6					11
Тема 5. Введение в технологию CUDA	19	3				6					10
Тема 6. Гибридная модель параллельного программирования	17	2				4				1	10
		<b>17</b>				<b>34</b>				<b>2</b>	<b>64</b>

#### 3.2. Содержание тем программы дисциплины

##### Тема 1. Архитектура параллельных компьютеров

Обзор современных вычислительных систем для параллельных вычислений. Способы параллельной обработки данных. Компьютеры с общей памятью, компьютеры с распределенной памятью

##### Тема 2. Параллелизм и его использование

Графы информационных зависимостей. Концепция неограниченного параллелизма. Крупноблочное распараллеливание. Низкоуровневое распараллеливание. Оценка эффективности параллельных вычислений. Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры. Выявление информационных зависимостей в алгоритме. Построение параллельных алгоритмов.

##### Тема 3. Технология программирования OpenMP

Основные конструкции, работа с переменными, распараллеливание циклов, параллельные секции, критические секции, атомарные операции, операции синхронизации. Написание параллельных программ на общей памяти. Задачи на создание параллельных областей, работу с общими и защищенными переменными, распараллеливание циклов, критические секции, атомарные операции.

#### **Тема 4. Технология программирования MPI**

Общие функции, функции приема/передачи сообщений между процессами. Функции коллективного взаимодействия процессов, создания пользовательских операций, работа с группами процессов. Пересылка разнотипных данных, производные типы данных, упаковка данных.

Написание параллельных программ для систем с распределенной памятью. Функции пересылки сообщений типа точка-точка, коллективное взаимодействие процессов.

Эффективная пересылка данных.

#### **Тема 5. Введение в технологию CUDA**

Архитектура GPU. Программная модель CUDA. Иерархия памяти в CUDA.

#### **Тема 6. Гибридная модель параллельного программирования**

Совместное использование технологий программирования MPI, OpenMP.

### **3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии**

При проведении занятий применяется игровое проектирование, компьютерная симуляция, дискуссия.

#### 4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

1. Подготовка к практическим занятиям.
2. Самостоятельное изучение отдельных вопросов в соответствии со структурой дисциплины, составление конспектов.
3. Самостоятельное выполнение практических работ.
4. Подготовка к тестированию, аудиторной контрольной работе.
5. Выполнение домашних заданий.
6. Подготовка к промежуточной аттестации.

#### Содержание СРС

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид СРС	Трудо-емкость (в часах)	Формы и методы контроля
1	Тема 1. Архитектура параллельных компьютеров	Проработка материала. Выполнение индивидуальных заданий	11	Оценка по БРС
2	Тема 2. Параллелизм и его использование	Проработка материала. Выполнение индивидуальных заданий	11	Оценка по БРС
3	Тема 3. Технология программирования OpenMP	Проработка материала. Выполнение индивидуальных заданий	11	Оценка по БРС
4	Тема 4. Технология программирования MPI	Проработка материала. Выполнение индивидуальных заданий	11	Оценка по БРС
5	Тема 5. Введение в технологию CUDA	Проработка материала. Выполнение индивидуальных заданий	10	Оценка по БРС
6	Тема 6. Гибридная модель параллельного программирования	Проработка материала. Выполнение индивидуальных заданий	10	Оценка по БРС
			64	

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### Рейтинговый регламент по дисциплине:

Вид выполняемой учебной работы (контролирующие мероприятия)	Количество баллов (min)	Количество баллов (max)
Тема 1. Архитектура параллельных компьютеров	10	16
Тема 2. Параллелизм и его использование	10	16
Тема 3. Технология программирования OpenMP	10	17
Тема 4. Технология программирования MPI	10	17
Тема 5. Введение в технологию CUDA	10	17
Тема 6. Гибридная модель параллельного программирования	10	17
<b>Количество баллов для допуска к Зачету (min-max)</b>	60	100

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания

Коды оцениваемых компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Показатель оценивания (дескриптор) (по П.1.2.РПД)	Уровни освоения	Критерий оценивания	Оценка
ОПК-3 ОПК-4	ОПК-3.1. Знает основные положения и концепции в прикладного и системного программирования, архитектуры компьютеров и сетей (в том числе и глобальных), современные языки программирования, технологии создания и эксплуатации программных продуктов и программных комплексов. ОПК-3.2. Умеет	<b>Знать:</b> формы представления структур данных в ЭВМ; средства описания данных и действий в языках программирования <b>Уметь:</b> анализировать алгоритмы <b>Владеть:</b> методами представления структур данных в памяти ЭВМ <b>Знать:</b> Современные среды разработки программного обеспечения и новые образцы программных средств защиты в распределенных компьютерных	Высокий	Освоены все компетенции. Студент показывает отличные теоретические и практические знания по дисциплине.	отлично
			Базовый	Студент показывает хорошие знания по дисциплине. Может применять полученные знания.	хорошо
			Минимальный	Студент показывает хорошие теоретические знания.	удовлетворительно
			Не освоены	Знания студента по дисциплине минимальны.	неудовлетворительно



<p>использовать их в профессиональной деятельности, ОПК-3.3. Имеет практические навыки разработки программного обеспечения. ОПК-4.1. Знает основные стандарты, нормы и правила разработки технической документации программных продуктов и программных комплексов. ОПК-4.2. Умеет использовать их при подготовке технической документации программных продуктов. ОПК-4.3. Имеет практические навыки подготовки технической документации</p>	<p>системах <b>Уметь:</b>  Пользоваться современными средами разработки программного обеспечения и новыми образцами программных средств защиты в распределенных компьютерных системах <b>Владеть:</b>  Современными средами разработки программного обеспечения и новыми образцами программных средств защиты в распределенных компьютерных системах</p>			
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

## 6.2. Типовые контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации

### **Тема 1. Архитектура параллельных компьютеров**

домашнее задание , примерные вопросы:

Теоретические задачи на законы Амдала и Густафсона. Изучение команд ОС Linux для работы на кластере.

### **Тема 2. Параллелизм и его использование**

домашнее задание , примерные вопросы:

Построение графа информационных зависимостей. Параллельные алгоритмы вычисления определенных интегралов.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Целесообразно ли запускать на одном двухпроцессорном узле больше двух счетных процессов? Могут ли на одном а) кластере, б) узле, в) процессоре одновременно считаться задачи разных пользователей? 2. Что такое балансировка загрузки и как она влияет на ускорение работы программы? 3. Опишите ситуацию, при которой использование кэш-памяти

процессоров может нарушить закон Амдала.

### **Тема 3. Технология программирования OpenMP**

домашнее задание , примерные вопросы:

Задания на общие и защищенные переменные, разграничение доступа к переменным, конструкции разделения работ не итерационного типа, конструкции разделения работ итерационного типа, операции синхронизации работ.

### **Тема 4. Технология программирования MPI**

домашнее задание , примерные вопросы:

Задания на взаимодействие процессов типа "точка-точка", коллективное взаимодействие процессов, группы коммутаторов, пересылку разнотипных данных.

### **Тема 5. Введение в технологию CUDA**

письменная работа , примерные вопросы:

Написание программы для вычисления определенных интегралов по квадратурным формулам.

### **Тема 6. Гибридная модель параллельного программирования**

домашнее задание , примерные вопросы:

Реализация параллельного алгоритма сортировки слиянием.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Смоделируйте при помощи механизма замков: а) барьерную синхронизацию; б) критическую

секцию. 2. Составьте параллельный вариант программы, реализующей метод Гаусса решения

систем линейных алгебраических уравнений с использованием технологии OpenMP+MPI, исследуйте ее эффективность. 3. Составьте параллельную программу с использованием технологии OpenMP+MPI, реализующий квадратурную формулы вычисления определенного

интеграла.

### **Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

1. Способы параллельной обработки данных.
2. Закон Амдала, гипотеза Минского.
3. Ускорение и эффективность.
4. Компьютеры с общей памятью.
5. Компьютеры с распределенной памятью.
6. Векторно-конвейерные компьютеры.
7. Grid-системы и метакомпьютинг.
8. Информационная зависимость. Граф информационных зависимостей.
9. Концепция неограниченного параллелизма.
10. Крупноблочное распараллеливание.
11. Низкоуровневое распараллеливание. Разбиение итераций цикла.
12. Технология программирования OpenMP.
13. Система программирования MPI. (Общие функции. Функции передачи сообщений. Тупиковые ситуации. Коллективные взаимодействия процессов. Пересылка разнотипных данных.)
14. Основные отличия между GPU и CPU.
15. Архитектура GPU.
16. Что такое CUDA?

17. Нити, блоки. Варп.
18. Типы памяти CUDA.
19. Гибридная модель параллельного программирования.

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания

Текущий контроль осуществляется на каждом занятии по всем темам курса в виде устного опроса, небольших задач, проверки знания терминов.

Промежуточный контроль является заключительным занятием по основным разделам программы в виде контрольной работы.

Итоговый контроль проводится в виде экзамена. На экзамене студенты демонстрируют знания, умения, навыки по представленным компетенциям в теоретической и практической части экзаменационного билета.

**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

№	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	НБ СВФУ, кафедральная библиотека и кол-во экземпляров в библиотеке МПТИ (ф) СВФУ	Электронные издания: точка доступа к ресурсу (наименование ЭБС, ЭБ СВФУ)
<b>Основная литература</b>				
1	Куликов И.М., Технологии разработки программного обеспечения для математического моделирования физических процессов. Часть 1. Использование суперкомпьютеров, оснащенных графическими ускорителями, учебное пособие, Новосибирск: НГТУ, 2013		15	<a href="http://www.iprbookshop.ru/45044.html">http://www.iprbookshop.ru/45044.html</a>
2	Савельев, В.А., Распараллеливание программ, учебник, Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2008		15	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=240965">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=240965</a>
<b>Дополнительная литература</b>				
1	Карепова, Е.Д., Основы многопоточного и параллельного программирования, учебное пособие, Красноярск : СФУ, 2016	УМО	15	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=497217">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=497217</a>
2	Николаев Е.И., Параллельные вычисления, учебное пособие, Ставрополь : СКФУ, 2016		15	<a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=459124&amp;sr=1">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=459124&amp;sr=1</a>

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее сеть-Интернет), необходимых для освоения дисциплины**

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
2. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>
3. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

**9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лекционных и лабораторных занятий используются аудитории, оборудованные интерактивной доской, компьютерами.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

- 10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- использование на занятиях электронных изданий;
- использование специализированных и офисных программ.

10.2. Перечень программного обеспечения

MS Office, программы для чтения документов в формате djvu, pdf.

10.3. Перечень информационных справочных систем

Консультант, Гарант

