

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан ФВТ  
  
«15» июня Л.Р. Фионова  
2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
М1.2.5 ТЕХНОЛОГИЯ И ЯЗЫКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

Направление подготовки: 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Магистерская программа: «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»

Квалификация (степень) выпускника магистр

Форма обучения очная

Пенза 2015

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины является приобретение навыков разработки параллельных алгоритмов и программ для многопроцессорных вычислительных систем с различной архитектурой с использованием современных методов и средств параллельного программирования, освоение современных технологий создания параллельных программ для высокопроизводительных вычислительных систем.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

2.1. Дисциплина входит в вариативную часть образовательной программы. Изучение данной дисциплины базируется на следующих курсах: «Вычислительные системы», «Технология разработки программного обеспечения».

Дисциплина является предшествующей для изучения дисциплин «Сетевые операционные системы» «Архитектура операционных систем».

2.2. Минимальные требования к «входным» знаниям, необходимым для успешного усвоения данной дисциплины - удовлетворительное усвоение программ по следующим разделам указанных выше дисциплин:

«Вычислительные системы» в полном объеме.

«Технология разработки программного обеспечения» в полном объеме.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-8	Способен проектировать распределенные информационные системы, их компоненты и протоколы их взаимодействия	Знать архитектурные особенности организации распределенных информационных систем и протоколы их взаимодействия.
		Уметь проектировать распределенные информационные системы
		Владеть методами построения распределенных информационных систем
ПК-9	Способен проектировать системы с параллельной обработкой данных и	Знать архитектурные особенности организации систем с параллельной обработкой данных и

	высокопроизводительные системы и их компоненты.	высокопроизводительных систем
		Уметь проектировать системы с параллельной обработкой данных и высокопроизводительные системы
		Владеть методами построения систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем
ПК-14	Способен к программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем	Знать технологии программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем
		Уметь разрабатывать алгоритмы работы систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем
		Владеть методами написания программ, реализующих системы с параллельной обработкой данных и высокопроизводительные системы

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)									Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)					
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа										
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа (проект)	Подготовка к экзамену	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ
1.	Раздел 1. Введение			2	2			2				2						
1.1.	Тема 1.1. Вводная лекция			2	2			2				2						
2.	Раздел 2. Программирование с использованием технологии MPI			28	8		20	48	30			18						
2.1.	Тема 2.1. MPI: основные понятия и определения.			2	2			10	6			4						
2.2.	Тема 2.2. Введение в разработку параллельных программ с использованием MPI			8	2		6	12	8			4	4					
2.3	Тема 2.3. Коллективные операции MPI			10	2		8	13	8			5	8					
2.4	Тема 2.4. Операции передачи данных между двумя процессами			8	2		6	13	8			5	10					

3.	Раздел 3 Программирование с использованием технологии OpenMP			22	6		16	34	20			14							
3.1.	Тема 3.1. Основные понятия OpenMP			2	2			10	6			4							
3.2.	Тема 3.2. Параллельные и последовательные области OpenMP программы			12	2		10	11	6			5	12						
3.3	Тема 3.3. Синхронизация в OpenMP			8	2		6	13	8			5	16						
4	Раздел 4. Заключение			2	2			6	4			2							
4.1	Тема 4.1. Перспективы развития вычислительных систем.			2	2			6	4			2							
	Общая трудоемкость, в часах			54	18		36	90	54			36	Промежуточная аттестация						
													Форма	Семестр					
													Зачет	3					
													Экзамен	3					

## 4.2. Содержание дисциплины (модуля)

### 4.2.1. Содержание лекционного курса

#### Раздел 1. Введение

##### Тема 1.1. Вводная лекция

Цели и задачи курса и структура курса, его место в подготовке магистра. Способы достижения параллелизма. Проблемы параллельных вычислений. Основные законы параллельных вычислений.

#### Раздел 2. Программирование с использованием технологии MPI

##### Тема 2.1. MPI: основные понятия и определения.

Понятие параллельной программы. Операции передачи данных. Понятие коммутаторов. Общая характеристика среды выполнения MPI-программ. Типы данных MPI. Виртуальные топологии.

##### Тема 2.2. Введение в разработку параллельных программ с использованием MPI.

Инициализация и завершение MPI-программ. Определение количества и ранга процессов. Передача сообщений. Прием сообщений. Первая параллельная программа с использованием MPI. Определение времени выполнения MPI-программы.

##### Тема 2.3. Коллективные операции MPI.

Начальное знакомство с коллективными операциями передачи данных. Передача данных от одного процесса всем процессам программы. Передача данных от всех процессов одному процессу. Операция редукции. Синхронизация вычислений.

##### Тема 2.4. Операции передачи данных между двумя процессами

Режимы передачи данных. Организация неблокирующих обменов данными между процессами. Одновременное выполнение передачи и приема. Обобщенная передача данных от одного процесса всем процессам. Управление группами процессов и коммутаторами.

#### Раздел 3. Программирование с использованием технологии OpenMP

##### Тема 3.1. Основные понятия OpenMP.

Модель параллельной программы. Компиляция программы. Директивы и функции. Выполнение программы. Определение времени выполнения.

##### Тема 3.2. Параллельные и последовательные области OpenMP программы.

Директивы Parallel. Директива single. Директива master. Низкоуровневое распараллеливание. Параллельные циклы.

##### Тема 3.3. Синхронизация в OpenMP.

Понятие барьера. Директива ordered. Критические секции. Директива atomic. Директива flush.

## Раздел 4. Заключение

Тема 4.1. Перспективы развития вычислительных систем.

### **4.2.2. Перечень и содержание лабораторных занятий.**

№ п/п	№ темы	Наименование лабораторных работ	Кол. ч
1	2.2	Разработка простейшей параллельной программы с использованием технологии MPI.	6
2	2.3	Разработка параллельной программы сложной структуры с использованием технологии MPI.	8
3	3.2	Разработка программы с использованием технологии OpenMP.	10
4	2.4, 3.3	Разработка гибридной программы с использованием технологий MPI и OpenMP.	12

## **5. Образовательные технологии**

5.1 Чтение лекций по дисциплине проводится с использованием мультимедийного компьютерного проектора с раздачей демонстрируемых слайдов комментариев.

5.2 При изучении материалов лабораторного практикума использовать Интернет ресурсы с сайта кафедры ВТ ([alice.pnzgu.ru](http://alice.pnzgu.ru) и [titan.vt](http://titan.vt)).

5.3 При самостоятельной работе используются материалы сайта «Интернет-Университет Информационных Технологий» ([www.intuit.ru](http://www.intuit.ru)).

5.4. Все лабораторные занятия носят проектный характер.

5.5 В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами, в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

#### **6.1. План самостоятельной работы студентов**

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество
	Тема 2.1. MPI: основные понятия и определения.	Подготовка к аудиторным занятиям	Изучить основные принципы технологии MPI	Левин М.П. Параллельное программирование	6

				ование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <a href="http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216">http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216</a>	
	Тема 2.2. Введение в разработку параллельных программ с использованием MPI	Подготовка к аудиторным занятиям	Изучить методы разработки параллельных приложений с использованием технологии MPI	Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <a href="http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216">http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216</a>	8



	<p>Тема 2.3. Коллективные операции MPI</p>	<p>Подготовка к аудиторным занятиям</p>	<p>Изучить особенности использования коллективных операций MPI</p>	<p>Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <a href="http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216">http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216</a></p>	<p>8</p>
	<p>Тема 2.4. Операции передачи данных между процессами</p>	<p>Подготовка к аудиторным занятиям</p>	<p>Изучить принципы организации обмена данными между процессами в MPI</p>	<p>Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа:</p>	<p>8</p>

				<a href="http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216">http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216</a>	
	Тема 3.1. Основные понятия OpenMP	Подготовка к аудиторным занятиям	Изучить основные принципы технологии OpenMP	Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <a href="http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216">http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216</a>	6
	Тема 3.2. Параллельные и последовательные области OpenMP программы	Подготовка к аудиторным занятиям	Изучить особенности организации параллельных областей в OpenMP программе	Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий	6

				(ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <a href="http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216">http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216</a>	
	Тема 3.3. Синхронизация в OpenMP	Подготовка к аудиторным занятиям	Изучить принципы синхронизации, используемые в OpenMP	Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет- Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <a href="http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216">http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216</a>	8
	Тема 4.1. Перспективы развития вычислительных систем.	Подготовка к аудиторным занятиям	Изучить основные направления развития современных высокопроизводительных вычислительных систем.	Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-	4

				Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <a href="http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216">http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=52216</a>	
--	--	--	--	--	--

### 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Планируются следующие виды самостоятельной работы (внеаудиторной) относятся:

- подготовка к лабораторным работам занятиям,
- оформление отчётов по лабораторным работам,
- подготовка к зачету,
- работа с конспектом лекций и изучение рекомендованной литературы при подготовке к экзаменам.

### 6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

#### *Контроль освоения компетенций*

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые разделы	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Текущий: собеседование при защите лаб. заданий Промежуточный: зачет, экзамен	Раздел 2. Программирование с использованием технологии MPI	ПК-8, ПК-14
2	Текущий: собеседование при защите лаб. заданий Промежуточный: зачет, экзамен	Раздел 3 Программирование с использованием технологии OpenMP	ПК-9, ПК-14

Контроль освоения компетенции выполняется:

- для компетенции (ПК-8) - путем оценки степени владения студентом методами проектирования распределенных информационных систем при выполнении лабораторных заданий;
- для компетенции (ПК-9) - путем оценки степени владения студентом методами проектирования систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем при выполнении лабораторных заданий;

– для компетенции (ПК-14) - путем оценки способности студента использовать специальное ПО для решения задач программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем в процессе выполнения лабораторных работ.

### **Примерный перечень вопросов для собеседования**

#### **Вопросы к темам 2.1-2.4**

1. В чем различие законов Амдала и Густавсона-Барсиса?
2. Дайте определение термину «процесс».
3. Что такое коммуникатор в MPI?
4. Что такое ранг процесса?
5. Для чего необходима функция MPI\_Wtick?
6. Опишите режимы передачи данных в MPI.
7. Что представляет собой операция редукции?
8. Для чего необходимы специальные функции инициализации и завершения MPI программы?
9. Расскажите о способах конструирования типов в MPI.
10. Каким образом реализуется синхронизация вычислений в MPI программе?
11. Зачем нужна функция аварийного завершения MPI программы?
12. Почему для определения времени выполнения программы в MPI используется специальная функция?
13. Может ли технология MPI использоваться для реализации тонкого клиента?

#### **Вопросы к темам 3.1-3.3**

14. Что представляет собой программа OpenMP?
15. Как и какие переменные среды использует OpenMP программа?
16. Как реализуется разделение доступа к данным в OpenMP программе?
17. Какие способы измерения времени использует OpenMP?
18. В чем основное отличие технологий MPI и OpenMP?
19. Каковы преимущества технологии OpenMP перед технологией MPI?
20. Каковы преимущества технологии MPI перед технологией OpenMP?
21. Может ли технология OpenMP использоваться для реализации тонкого клиента?

### ***Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену***

1. Общие сведения о параллельных вычислительных системах.

2. Проблемы, возникающие при использовании параллельных вычислительных систем.
3. Закон Амдала.
4. Закон Густавсона-Барсиса.
5. Направления исследований проблемы параллельных вычислений.
6. Пути достижения параллелизма.
7. Возможные режимы выполнения независимых частей программы.
8. MPI. Основные понятия и определения.
9. MPI. Понятие параллельной программы.
10. MPI. Понятие коммутаторов.
11. Общая характеристика среды выполнения MPI-программ.
12. Инициализация и завершение MPI-программ.
13. MPI. Понятие ранга процесса. Определение количества и ранга процессов.
14. MPI. Передача сообщений (точка-точка).
15. MPI. Прием сообщений (точка-точка).
16. Определение времени выполнения MPI-программы.
17. MPI. Коллективные операции обмена. Передача данных от одного процесса всем процессам программы.
18. MPI. Передача данных от всех процессов одному процессу. Операция редукции.
19. Синхронизация вычислений в MPI программе.
20. Аварийное завершение параллельной MPI программы.
21. Режимы передачи данных между двумя MPI процессами.
22. OpenMP. Основные понятия.
23. OpenMP. Модель параллельной программы.
24. OpenMP. Параллельные и последовательные области.
25. Определение времени выполнения OpenMP-программы.
26. OpenMP. Переменные среды и вспомогательные функции.
27. Модель данных в OpenMP-программе.
28. Сравнительный анализ технологий OpenMP и MPI.
29. Понятие тонкого клиента. Преимущества и недостатки.
30. Кластерные вычислительные системы.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### 7.1. Основная литература:

1. Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=52216>

### 7.2. Дополнительная литература:

2. Алексеев А.А. Основы параллельного программирования с использованием Visual Studio 2010 [Электронный ресурс]/ Алексеев А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 312 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=57381>
3. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс]/ Гергель В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 480 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=57385>.

### 7.3. Интернет-ресурсы

1. Сайт «Национальный Открытый Университет ИНТУИТ» Раздел «Параллельные и распределенные вычисления », <http://www.intuit.ru/studies/courses/13835/1232/info>
2. Сайт "Лаборатория Параллельных информационных технологий Научно-исследовательского вычислительного центра Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова" <https://parallel.ru>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Лабораторные занятия проводятся в классе, оснащённом ПЭВМ, с операционной системой Windows XP и средой разработки Microsoft Visual Studio 2005 или более новой версии.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья по ходатайству заведующего кафедрой устанавливается специальный индивидуальный набор программного обеспечения (Scure, Viber и т.д.) на вычислительную технику, выделенную для освоения дисциплины для лица с ограниченными возможностями здоровья.



Рабочая программа дисциплины «Технология и языки параллельного программирования» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника».

Программу составил:

Доцент кафедры ВТ

Д.А. Трокоз

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

Программа одобрена на заседании кафедры ВТ

Протокол № 11 от «22» 05 2015 года

Зав. кафедрой ВТ

Д.В. Пащенко

Программа одобрена методической комиссией ФВТ

Протокол № 6 от «15» 06 2015 года

Председатель методической комиссии ФВТ

Н.Н. Коннов

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			замененных	новых	аннулированных
2016/2017	Без изменений (N1, 05.09.16г.)		—	—	—
2017/2018	Без изменений (N1, 06.09.17г.)		—	—	—
2017/2018	N7 29.12.17	Актуализирован N7	—	—	—
2018/19	N14. 06.07.18	Без измен.	—	—	—