

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Фионова Л. Р.

» июля 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

М1.В.03. Разработка параллельного и распределённого программного обеспечения

Направление подготовки 01.04.02. Прикладная математика и информатика

Направленность (магистерская программа) Математическое и программное обеспечение вычислительных машин

Квалификация выпускника – *магистр*

Форма обучения очная

Пенза, 2019

1. Цели освоения дисциплины

Формируемые дисциплиной «Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения» знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций (трудовых функций):

- «Оценка возможности создания архитектурного проекта программного средства» (ПС 06.003 «Архитектор программного обеспечения», ТФ Н/01.6);
- «Выбор технологий и средств разработки программного обеспечения, включая системы управления исходным кодом» (ПС 06.003 «Архитектор программного обеспечения», ТФ I/05.6);
- «Руководство проектированием программного обеспечения» (ПС 06.017 «Руководитель разработки программного обеспечения», ТФ А/08.6).

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули) ОПОП».

Для освоения дисциплины магистранты используют знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Объектно-ориентированное программирование», «Технологии параллельного программирования», «Вычислительные системы и параллельная обработка данных» соответствующего направления подготовки бакалавров.

Освоение данной дисциплины является основой для последующего прохождения практик: Учебной (проектной (проектно-технологической)) практики, Производственной (преддипломной) практики, Производственной практики (научно-исследовательской работы), выполнению и защите выпускной квалификационной работы.

3. Результаты освоения дисциплины «Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
ПК-2	Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач производственно-технологической деятельности с учетом требований информационной безопасности	ПК-2.3. <i>Разрабатывает и применяет методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения профессиональных задач с учетом требований информационной безопасности</i>	Знать принципы разработки и применения математических методов, системного и прикладного программного обеспечения для решения задач создания параллельного и распределённого программного обеспечения Уметь: разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для разработки параллельного и распределённого программного обеспечения Владеть: практическими навыками разработки и применения математических

			методов, системного и программного обеспечения для решения задач создания параллельного и распределённого программного обеспечения
--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Структура и содержание дисциплины Разработка параллельного и распределённого программного обеспечения

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 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)		
				Контактная работа				Самостоятельная работа					Опрос на лабораторном занятии	Проверка выполнения индивидуального задания	Проверка отчёта выполнения лабораторной
				Всего	Лекция	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Выполнение домашнего индивидуального задания	Подготовка отчёта лабораторной работы	Подготовка к экзамену			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	Раздел 1. Модели параллельных программ	2	1-2	6	2	4		10	3	6	1				
1.1.	Тема 1.1. Модели параллельных программ		1	2	2			3	3						
1.2.	Лабораторная работа 1. Параллельная обработка последовательностей данных с помощью метода сдваивания		1-2	4		4		7		6	1		1	2	3
2.	Раздел 2. Масштабируемые алгоритмические методы	2	3-6	12	4	8		17	3	12	2				
2.1.	Тема 2.1. Масштабируемые алгоритмические методы		3-5	4	4			3	3						
2.2.	Лабораторная работа 2. Параллельное выполнение операций над матрицами		3-4	4		4		7		6	1		3	4	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2.3.	Лабораторная работа 3. Реализация матричных операций с помощью стратегии «управляющий-работчие»		5-6	4		4	7		6	1	5	6	7
3	Раздел 3. Проектирование параллельных программ	2	7-10	12	4	8	20	4	14	2			
3.1.	Тема 3.1. Проектирование параллельных программ		7-9	4	4		4	4					
3.2.	Лабораторная работа 4. Реализация многопоточной обработки связанных списков		7-8	4		4	8		7	1	7	8	9
3.3.	Лабораторная работа 5. Реализация многопоточного вычисления определённого интеграла		9-10	4		4	8		7	1	9	10	11
4	Раздел 4. Языки параллельного программирования	2	11-16	16	4	12	30	6	21	3			
4.1.	Тема 4.1. Языки параллельного программирования		11-13	4	4		6	6					
4.2.	Лабораторная работа 6. Реализация параллельной сортировки элементов двумерного массива		11-12	4		4	8		7	1	11	12	13
4.3.	Лабораторная работа 7. Реализация алгоритмов локальной фильтрации изображений с помощью стратегии «Взаимодействующие равные»		13-14	4		4	8		7	1	13	14	15
4.4.	Лабораторная работа 8. Реализация распределённого решения системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса		15-16	4		4	8		7	1	15	16	17
5	Раздел 5. Тестирование и отладка параллельных приложений	2	15-18	6	2	4	10	3	6	1			
5.1.	Тема 5.1. Тестирование и отладка параллельных приложений		15	2	2		3	3					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
5.2.	Лабораторная работа 9. Реализация параллельной сортировки с помощью бинарного дерева		17	2		2		7		6	1		17	17	17	
6.	Раздел 6. Анализ производительности параллельных и распределённых приложений	2	17	1	1			3	3							
6.1.	Тема 6.1. Анализ производительности параллельных и распределённых приложений		17	1	1			3	3							
	Подготовка к экзамену			3			3	36				36				
	Общая трудоемкость, в часах			54	17	34	3	90	22	59	9	36	Промежуточная аттестация			
													Форма	Семестр		
														Зачёт		
														Экзамен	2	

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

Раздел 1. Модели параллельных программ

Тема 1.1. Модели параллельных программ

Вычислительные системы с распределённой памятью. Вычислительные системы с общей памятью. Гибридные архитектуры. Модель выполнения параллельной программы на распределённой памяти. Модель выполнения параллельной программы на общей памяти. Средства взаимодействия последовательных процессов.

Лабораторная работа 1. Параллельная обработка последовательностей данных с помощью метода сдваивания

Раздел 2. Масштабируемые алгоритмические методы

Тема 2.1. Масштабируемые алгоритмические методы

Блоки независимого вычисления. Алгоритм Шварца. Абстрактное представление редукции и сканирования: базовая структура, структура для обобщённой редукции, применение обобщённого сканирования. Статистическое назначение задач процессам: распределение блоков, области перекрытия, блочное циклическое распределение, нерегулярное распределение. Динамическое назначение задач процессам: очереди работ, разновидности очереди работ, распределение при помощи поддеревьев.

Лабораторная работа 2. Параллельное выполнение операций над матрицами

Лабораторная работа 3. Реализация матричных операций с помощью стратегии «управляющий-рабочие»

Раздел 3. Проектирование параллельных программ

Тема 3.1. Проектирование параллельных программ

Методы распределения работы между потоками: распределения данных между потоками до начала работы, рекурсивное распределение, распределение работы по типам задач. Факторы, влияющие на производительность параллельного кода. Проектирование структур данных для повышения для повышения производительности многопоточной программы: распределение элементов массива для сложных операций, порядок доступа к другим структурам данных. Безопасность относительно исключений в параллельных алгоритмах. Сокращение латентности с помощью нескольких потоков

Лабораторная работа 4. Реализация многопоточной обработки связанных списков

Лабораторная работа 5. Реализация многопоточного вычисления определённого интеграла

Раздел 4. Языки параллельного программирования

Тема 4.1. Языки параллельного программирования

Потоковое программирование. Стандарт POSIX Thread: создание и завершение потоков, взаимное исключение, синхронизация, вопросы безопасности, проблемы производительности. Интерфейс OpenMP: директивы стандарта, семантическое ограничение параллельного цикла `parallel for`, редукция, поведение и взаимодействие потоков, секции. Интерфейс передачи сообщений MPI: группы и коммутаторы, коммуникация «точка-точка», коллективная коммуникация, вопросы безопасности, вопросы производительности.

Лабораторная работа 6. Реализация параллельной сортировки элементов двумерного массива

Лабораторная работа 7. Реализация алгоритмов локальной фильтрации изображений с помощью стратегии «Взаимодействующие равные»

Лабораторная работа 8. Реализация распределённого решения системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса

Раздел 5. Тестирование и отладка параллельных приложений

Тема 5.1. Тестирование и отладка параллельных приложений

Типы ошибок, связанных с параллелизмом: нежелательные блокировки, состояния гонки. Методы поиска ошибок, связанных с параллелизмом: анализ кода на предмет выявления потенциальных ошибок, поиск связанных с параллелизмом ошибок путём тестирования, проектирование с учётом тестопригодности, приёмы тестирования многопоточного кода, структурирование многопоточного кода, тестирование производительности многопоточного кода.

Лабораторная работа 9. Реализация параллельной сортировки с помощью бинарного дерева

Раздел 6. Анализ производительности параллельных и распределённых приложений

Тема 6.1. Анализ производительности параллельных и распределённых приложений

Параллелизм против потери производительности. Причины потери производительности: накладные расходы, нераспараллеливаемый код, состязание, время простоя. Компромиссы производительности: взаимодействие в зависимости от вычислений, параллелизм в зависимости от памяти. Измерение производительности: время выполнения, ускорение, сверхлинейное ускорение, эффективность, масштабируемое ускорение в зависимости от фиксированного ускорения.

5. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины «Разработка параллельного и распределённого программного обеспечения» при проведении аудиторных занятий используется образовательная технология, предусматривающая такие методы и формы изучения материала как лекция, лабораторное занятие, включающие в том числе активные и интерактивные формы занятий:

- проведение интерактивной лекции (Тема 3.1. «Проектирование параллельных программ»);
- проведение лекции проблемного характера (Тема 6.1. «Анализ производительности параллельных и распределённых приложений»);
- проведение работы в парах (Лабораторная работа 8. «Реализация распределённого решения системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса»).

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 25 % от общего количества аудиторных занятий.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя (консультации, помощь в написании и отладки программ и др.) и индивидуальную работу студента, выполняемую в том числе в компьютерном классе с выходом в Интернет на факультете вычислительной техники университета.

При реализации образовательных технологий используются следующие виды самостоятельной работы:

- работа с конспектом лекции (обработка текста);
- подготовка к лабораторной работе;
- выполнение индивидуального задания по лабораторным работам;
- поиск информации в сети «Интернет» и литературе;
- подготовка к сдаче зачёта.

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.

(Приводятся виды самостоятельной работы обучающегося, порядок их выполнения и контроля, дается учебно-методическое обеспечение (возможно в виде ссылок) самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.

Указываются темы эссе, рефератов, курсовых работ и др. Приводятся контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.) Этот раздел можно оформить следующим образом:

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	2	3	4	5	6
1-2	1.1	<i>Подготовка к аудиторному занятию</i>	Рассмотреть структуру аппаратного обеспечения распределённых систем и систем с общей памятью, модели выполнения программ на распределённой и общей памяти. Дополнительно ознакомится с исторический аспект развития параллельных вычислительных систем.	1,2,3,4,5,6,7	3
	1.2	<i>Лабораторная работа 1</i>	Изучить идею метода сдваивания, применение его для обработки последовательности данных. Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе	1,2,3,4,5,6,7	6 1
3-4	2.2	<i>Лабораторная работа 2</i>	Изучить выполнение матрично-векторных операций, программные реализации этих операций. Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе	1,2,3,4,5,6,7	6 1
	2.1	<i>Подготовка к аудиторному занятию</i>	Изучить способы статического и динамического распределения задач процессам Дополнительно ознакомится с алгоритмом Шварца	1,2,3,4,5,6,7	3
5-6	2.3	<i>Лабораторная работа 3</i>	Изучить выполнение обработки данных с	1,2,3,4,5,6,7	6

			использованием стратегии «управляющий-рабочие» Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе		1
7-8	3.1	<i>Подготовка к аудиторному занятию</i>	Изучить методы распределения работы между потоками	1,2,3,4,5,6,7	4
	3.2	<i>Лабораторная работа 4</i>	Рассмотреть и изучить идею параллельной обработки односвязных списков. Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе	1,2,3,4,5,6,7	7 1
9-10	3.3	<i>Лабораторная работа 5</i>	Изучить методы вычисления определённого интеграла. Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе	1,2,3,4,5,6,7	7 1
11-12	4.1	<i>Подготовка к аудиторному занятию</i>	Изучить базовые функции интерфейсов POSIX Threads и MPI, директивы OpenMP	1,2,3,4,5,6,7	6
	4.2	<i>Лабораторная работа 6</i>	Изучить методы сортировки последовательности данных. Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе	1,2,3,4,5,6,7	7 1
13-14	4.3	<i>Лабораторная работа 7</i>	Изучить идею стратегии «взаимодействующие равные» Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе	1,2,3,4,5,6,7	7 1
15-16	5.1	<i>Подготовка к аудиторному занятию</i>	Изучить типы ошибок, связанных с параллелизмом, методы поиска ошибок, связанных с параллелизмом.	1,2,3,4,5,6,7	6
	4.4	<i>Лабораторная работа 8</i>	Изучить метод исключения Гаусса. Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе	1,2,3,4,5,6,7	7 1
17-18	6.1	<i>Подготовка к аудиторному занятию</i>	Изучить возможные причины потери производительности при выполнении параллельных программ, способы измерения производительности.	1,2,3,4,5,6,7	3
	5.2	<i>Лабораторная работа 9</i>	Изучить идею сортировки с помощью бинарного дерева	1,2,3,4,5,6,7	6

			Разработать программу согласно индивидуальному заданию Подготовить отчёт по лабораторной работе		1
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Планируются следующие виды самостоятельной работы:

- подготовка к лабораторным работам занятиям,
- выполнение индивидуального задания,
- оформление отчётов по лабораторным работам,
- подготовка к экзамену,
- работа с конспектом лекций и изучение литературы при подготовке к экзаменам.

Подготовка к лабораторным занятиям проводится посредством изучения курса лекций, дополнительной литературы, Интернет-ресурсов.

Задание к выполнению каждой лабораторной работы состоит с общей части, которая сформулирована в разделе "Задание к выполнению" и уточнения варианта, который приведён в разделе "Варианты заданий". Студент должен заранее ознакомиться со своим заданием и, если у него возникают какие-либо вопросы относительно задания, поставить эти вопросы преподавателю до начала работы.

Выполнение начинается с разработки алгоритма решения задачи. На этом этапе должны быть детально проанализированы условия задания. Хотя представление схемы алгоритма не является обязательным элементом проектирования программы, но схема является удобным инструментом для осмысления задачи и оптимизации решения. При разработке алгоритма следует уделять внимание его упрощению, минимизации объёма вычислений, удалению лишних операций и т.п.

Написание текста программы начинается с определения переменных, которые необходимы для функционирования алгоритма. Большая часть переменных может быть определена ещё на этапе проектирования схемы алгоритма.

Для каждой переменной необходимо определить её тип и тщательно проверить, удовлетворяет ли диапазон значений выбранного типа тем значениям, которые может реально принимать переменная. Для массивов и символьных строк следует убедиться, что их размерность соответствует возможным размерам агрегаций данных.

Если схема алгоритма сделана достаточно тщательно, написание кодовой части программы сводится к записи каждого элемента схемы оператором языка программирования. Если в составе оператора встречается обращение к функции, следует проверить соответствие состава, последовательности и типов параметров, и возвращаемого значения спецификациям функции. Одновременно необходимо убедиться, что был включён файл-заголовок с описанием этой функции в программу.

Подготовленный текст программы следует набрать в текстовом редакторе и сохранить его в файле, который затем необходимо скомпилировать, чтобы получить исполняемый файл.

Отчёт к лабораторной работе должен содержать:

- Тему работы
- Цель работы
- Задание для выполнения, включая индивидуальное задание
- Описание алгоритма программы
- Описание переменных и структур данных, которые применяются в программе
- Описание ключевых программных решений, принятых при реализации алгоритма в тексте программы
- Текст программы
- Результат работы программы
- Выводы

Подготовка к экзамену проводится посредством изучения курса лекций, изучения дополнительной литературы, Интернет-ресурсов.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Текущий: проверка выполнения индивидуального задания на лабораторной работе	Разделы 1 – 6	ПК-2
2	Текущий: собеседование при защите лабораторных работ	Разделы 1 – 6	ПК-2
3	Промежуточный: Зачет по результатам выполнения лабораторных работ	Разделы 1 – 6	ПК-2

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине «Разработка параллельного и распределённого программного обеспечения».

Демонстрационные варианты оценочных средств для каждого вида контроля смотри в ЭИОС (<http://moodle.pnzgu.ru>) в разделе Оценочные средства по дисциплине в курсе «Разработка параллельного и распределённого программного обеспечения».

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины «Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения»

а) учебная литература:

1. Саад Ю. Итерационные методы для разреженных линейных систем. В 2-х т.: учеб. пособие. Т. 1. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013. — 344 с. (30 экземпляров) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=15974
2. Корняков К.В., Мееров И.Б., Сиднев А.А., Сысоев А.В., Шишков А.В. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью. – Учебное пособие / Под ред. проф. В.П. Гергеля. Нижегородск. гос. ун-т. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 2010. (30 экземпляров) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=14058
3. Линева А. В., Боголепов Д. К., Бахраков С. И. Технология параллельного программирования для процессоров новых архитектур: учебник. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2010. (31 экземпляр) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=13978
4. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования. – М.: СОЛОН-Пресс, 2012. (экземпляров неограниченно) ЭБС «Лань», http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=13807
5. Уильямс Э. Параллельное программирование в на C++действии. Практика разработки многопоточных программ. Пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс,

2012. (экземпляров неограниченно) ЭБС «Лань»
https://e.lanbook.com/book/4813?category_pk=1537&publisher_fk=1028#book_name
6. Якововский М. В. Введение в параллельные методы решения задач: Учебное пособие / Предисл.: В. А. Садовничий. – М.: Издательство Московского университета, 2013. (экземпляров неограниченно) ЭБС «Лань»
https://e.lanbook.com/book/73098?category_pk=1557#book_name
7. Архитектура и топологии многопроцессорных вычислительных систем / А. Богданов, В. Корхов, В. Мареев, Е. Станкова: курс лекций (экземпляров неограниченно) НОУ Интуит <http://www.intuit.ru/studies/courses/45/45/info>

б) Интернет-ресурсы <http://parallel.ru>, <http://openmp.org>, <http://mpi-forum.org>.

в) Программное обеспечение

Все работы выполняются на персональных компьютерах под управлением ОС Ubuntu, используется компилятор языка C++.gcc.

г) Другое материально-техническое обеспечение

При проведении лабораторных занятий используются рабочие места в компьютерном классе, оборудованном локальной сетью и выходом в Internet, имеющиеся в библиотеке учебники. Все лабораторные работы выполняются на персональных компьютерах.

Рабочая программа дисциплины «Разработка параллельного и распределенного программного обеспечения» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «10» января 2019 г. № 13.

Программу составили:

1 Абрамов И.А., доцент кафедры КТ



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

Программа одобрена на заседании кафедры «Компьютерные технологии»

Протокол № 12 от «26» июня 2019 года

Зав. кафедрой «Компьютерные технологии» _____  В. И. Горбаченко

Программа одобрена методической комиссией факультета вычислительной техники

Протокол № 10 от «03» июня 2019 года

Председатель методической комиссии
факультета вычислительной техники



(подпись)

Т. В. Глотова
(Ф.И.О.)