

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ А.Л. Толстик

Регистрационный № УД-_____/ уч.

**СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ
И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:**

**1-31 03 07 Прикладная информатика (по направлениям)
направления специальности**

**1-31 03 07 - 01 Прикладная информатика (программное обеспече-
ние компьютерных систем)**

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 07-2013 и учебного плана G 31-167/уч., 30.05.2013.

Составители:

С.В. Баханович, доцент кафедры дискретной математики и алгоритмики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

Рекомендована к утверждению:

Кафедрой дискретной математики и алгоритмики Белорусского государственного университета (протокол № 14 от 19 мая 2016 г.);

Методической комиссией факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 24 мая 2016 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Современный уровень подготовки специалистов в области информационных технологий обязан обеспечиваться хорошим знанием как основных концепций в данной предметной области, так и свободным владением новейшими инструментальными методами и средствами разработки сложных информационных систем. Последнее с необходимостью диктует изучение принципов построения суперкомпьютерных систем и технологий параллельного проектирования и программирования.

Учебная дисциплина «Современные компьютерные архитектуры и параллельное программирование» знакомит студентов с базовыми подходами построения параллельных вычислительных систем, а также с основными технологиями и инструментами, необходимыми для разработки параллельных приложений.

В программу дисциплины включены разделы, посвященные общим принципам построения суперкомпьютерных систем с общей и распределенной памятью, а также обзору основных технологий программирования для суперкомпьютеров. Включен соответствующий раздел для знакомства с основами разработки многозадачных и многопоточных приложений. Значительная часть курса посвящена детальному изучению основ параллельного программирования с использованием технологии MPI (Message Passing Interface). Технология MPI является основным инструментом разработки параллельных приложений для вычислительных систем с распределенной памятью.

Современные суперкомпьютеры с распределенной памятью являются гибридными системами. Их архитектура, как правило, является двухуровневой и совмещает в себе две модели: модель с распределенной памятью и модель с общей памятью. В связи с этим фактом, а также достаточной распространенностью систем с общей памятью, в программу дисциплины включен раздел, посвященный технологии программирования в модели с общей памятью – технологии OpenMP. В программу также включен раздел, посвященный гибриднему программированию – разработке параллельных приложений с совместным использованием технологий MPI и OpenMP.

Для решения конкретной задачи на суперкомпьютере необходимо прежде всего разработать параллельный алгоритм решения задачи. В этой связи учебная программа включает в себя раздел, посвященный введению в математические методы распараллеливания алгоритмов. Цель этого раздела – дать общее представление о математическом аппарате анализа последовательных программ на предмет их распараллеливания и преобразования к параллельным приложениям. В этом же разделе рассматриваются аспекты, связанные с оптимизацией параллельных программ.

В программу дисциплины включен раздел, посвященный параллельным алгоритмам решения ряда задач линейной алгебры, таких как матричное умножение, решение систем линейных уравнений, сортировка больших

объемов данных. В рамках данного раздела рассматриваются также основные параллельные алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений различного типа в частных производных.

Лабораторные занятия по программе дисциплины включают в себя выполнение ряда заданий, связанных с применением технологий параллельного программирования на практике. В частности, это задания с целью программной реализации параллельных алгоритмов решения основных задач линейной алгебры, разработки параллельных приложений для численного решения уравнений математической физики.

Основой для изучения учебной дисциплины «Современные компьютерные архитектуры и параллельное программирование» является учебная дисциплина «Программирование». Изучение учебной дисциплины «Современные компьютерные архитектуры и параллельное программирование» позволяет дать студентам знания и практические навыки, необходимые в дальнейшем для успешной работы, связанной с решением прикладных задач, связанных с обработкой больших объемов данных на суперкомпьютерах, в том числе, задач компьютерного моделирования.

Освоение образовательной программы учебной дисциплины «Современные компьютерные архитектуры и параллельное программирование» должно обеспечить формирование следующих компетенций. АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач. АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом. АК-3. Владеть исследовательскими навыками. АК-4. Уметь работать самостоятельно. АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью). АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем. АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером. АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации. АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни. ПК-1. Проектировать, разрабатывать и тестировать программное обеспечение различных видов. ПК-2. Разрабатывать техническую документацию на программное обеспечение. ПК-3. Проектировать, разрабатывать и тестировать техническое обеспечение компьютерных и телекоммуникационных систем различных видов. ПК-5. Проектировать, разрабатывать, внедрять и тестировать насыщенные Интернет приложения. ПК-29. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей. ПК-33. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям. ПК-34. Определять цели инноваций и способы их достижения.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- базовые принципы построения и особенности параллельных вычислительных систем с общей и распределенной памятью;

- основные парадигмы и технологии разработки параллельных приложений;
- технологию параллельного программирования с использованием библиотеки MPI;
- технологию параллельного программирования OpenMP;
- базовые подходы к распараллеливанию алгоритмов решения основных задач линейной алгебры и алгоритмов численного решения дифференциальных уравнений в частных производных;

уметь:

- разрабатывать многозадачные и многопоточные приложения;
- разрабатывать параллельные приложения с использованием технологий MPI и OpenMP;
- производить оценку ускорения и эффективности параллельных приложений;
- производить анализ и выбор схемы распараллеливания под конкретные задачу и вычислительные ресурсы;

владеть:

- подходами и парадигмами, необходимыми для разработки эффективных и надежных параллельных приложений.

В соответствии с образовательным стандартом направления специальности учебная программа рассчитана на два семестра и предусматривает для изучения дисциплины 256 часов, из них 136 часов - аудиторные. Из них в 6-ом семестре 98 часов, из них 68 аудиторных:

- 34 часа лекции,
- 30 часов лабораторных,
- 4 часа УСР;

в 7-ом семестре 158 часов, из них 68 аудиторных:

- 34 часа лекции,
- 30 часа лабораторные,
- 4 часа УСР.

Форма текущей аттестации: зачет 6-ой семестр, зачет и экзамен 7-ой семестр.

Форма получения образования – очная.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

6 семестр

Раздел 1. Параллельные компьютерные системы

Тема 1.1. Основные классы параллельных компьютеров. Парадигмы параллельного программирования. Классификация параллельных вычислительных систем. Параллельные компьютеры с общей памятью. Системы с распределенной памятью. GRID-вычисления. Парадигмы параллельного программирования. Средства параллельного программирования. Производительность суперкомпьютеров. Пиковая и реальная производительность. Эффективность и ускорение параллельных приложений. Законы Амдала.

Раздел 2. Организация многозадачной и многопоточной обработки данных

Тема 2.1. Многозадачные приложения. Управление процессами. Понятие процесса, его компоненты. Адресное пространство процесса. Порождение процесса. Системные функции fork и wait.

Тема 2.2. Взаимодействие и синхронизация процессов. Объекты синхронизации процессов. Разделяемая память, семафоры, события, очереди сообщений.

Тема 2.3. Многопоточные приложения. Управление потоками. Понятие потока. Порождение потока. Передача данных потоку, возврат результатов.

Тема 2.4. Взаимодействие и синхронизация потоков. Объекты синхронизации потоков типа mutex и condvar.

Раздел 3. Вычислительные системы с распределенной памятью. Технология MPI.

Тема 3.1. Основы построения вычислительных систем с распределенной памятью. Архитектура кластера. Управляющие и вычислительные узлы. Сетевой интерфейс. Коммуникационная среда. Память. Узкие места.

Тема 3.2. Парадигма программирования с передачей сообщений. Технология MPI. Основные понятия технологии MPI. SPMD-модель программирования. Процесс и его атрибуты. Взаимодействие и синхронизация процессов. Инициализация и завершение параллельной программы. Идентификация процесса. Реализации стандарта MPI. MPICH и OpenMPI.

Тема 3.3. Обмен данными между отдельными процессами. Передача и прием сообщений с блокировкой. Обмен данными типа “точка-

точка”. Атрибуты сообщения. Базовые типы данных. Статус сообщений. Режимы передачи сообщений, их достоинства и недостатки.

Тема 3.4. Передача и прием сообщений без блокировки. Организация неблокирующих коммуникаций. Функции контроля неблокирующих коммуникаций. Отложенные запросы на взаимодействие.

Тема 3.5. Семантика коммуникаций типа “точка-точка”. Тупиковые ситуации. Особенности и правила организации обменов данными между отдельными процессами. Типичные случаи блокировки процессов.

Тема 3.6. Односторонние коммуникации. Модель одностороннего обмена данными. Создание памяти удаленного доступа. Операции с удаленной памятью.

Тема 3.7. Организация односторонних коммуникаций. Особенности и правила организации односторонних обменов данными. Синхронизация данных.

Тема 3.8. Группы и коммутаторы. Группы процессов. Создание и уничтожение групп. Операции с группами процессов. Коммутаторы. Создание и уничтожение коммутаторов. Операции с коммутаторами.

Тема 3.9. Виртуальные топологии. Декартова топология. Графовая топология.

Тема 3.10. Обмен данными в виртуальных топологиях. Особенности организации виртуальных топологий. Коллективные операции обмена данными на топологиях.

Тема 3.11. Типы данных. Пользовательские типы. Определение и спецификация производного типа данных, его характеристики. Создание пользовательских типов данных. Конструкторы типов.

Тема 3.12. Использование пользовательских типов в коммуникациях. Использование производных типов при организации обменов данными. Упаковка, распаковка данных.

Тема 3.13. Коллективные операции обмена данными. Барьерная синхронизация. Широковещательный обмен. Сбор данных. Рассылка данных. Сборка и рассылка данных по схеме “каждый с каждым”. Операции редукации.

7 семестр

Раздел 4. Вычислительные системы с общей памятью. Технология OpenMP

Тема 4.1. Основы построения вычислительных систем с общей памятью. Архитектура суперкомпьютера с общей памятью. Архитектуры типа NUMA. Узкие места. Когерентность кэшей.

Тема 4.2. Парадигма программирования с разделяемой памятью. Технология OpenMP. Модель программирования с общей памятью.

Стандарт OpenMP. Основные конструкции технологии OpenMP. Директивы, классы переменных, переменные среды, средства синхронизации.

Тема 4.3. Разработка приложений в рамках технологии OpenMP. Структура параллельной программы. Описание параллельных областей. Критические секции. Примеры программ.

Раздел 5. Гибридные технологии при разработке параллельных приложений

Тема 5.1. Разработка параллельных приложений в технологии MPI+Pthreads. Применение многопоточности в модели обмена сообщениями. Уровни потокобезопасности. Особенности реализации многопоточности с точки зрения коммуникаций. Тупиковые ситуации.

Тема 5.2. Разработка параллельных приложений в технологии MPI+OpenMP. Гибридная архитектура современных суперкомпьютеров. Двухуровневая модель программирования. Совместное использование технологий OpenMP и MPI.

Раздел 6. Введение в математические методы распараллеливания алгоритмов

Тема 6.1. Тонкая информационная структура программ. Графовая модель алгоритма. Область вычислений, множество векторов зависимостей. Поиск параллелизма на множестве операций алгоритма. Функции таймирования. Преобразование последовательного алгоритма к параллельной программе.

Тема 6.2. Методы пространственно-временного отображения алгоритмов на параллельные архитектуры. Формализация задачи пространственно-временного отображения алгоритмов на параллельные вычислительные системы. Векторные функции таймирования. LPGS и LSGP стратегии отображения алгоритмов. Методы решения задачи отображения.

Тема 6.3. Оптимизация параллельных программ. Локализация данных и ее связь с функциями таймирования. Техника тайлинга.

Раздел 7. Параллельные алгоритмы вычислительной математики

Тема 7.1. Параллельные алгоритмы умножения матриц. Умножение матрицы на вектор. Ленточные алгоритмы умножения матриц. Алгоритмы Кеннона и Фокса.

Тема 7.2. Параллельные алгоритмы решения СЛАУ. Метод простой итерации. Метод Гаусса-Зейделя. Решение систем уравнений с матрицей специального вида. Метод прогонки.

Тема 7.3. Параллельные алгоритмы сортировки данных. Принципы распараллеливания алгоритмов сортировки данных. Пузырьковая сортировка. Быстрая сортировка. Сортировка Шелла.

Тема 7.4. Параллельные алгоритмы математического моделирования. Решение дифференциальных уравнений эллиптического типа. Решение дифференциальных уравнений в частных производных. Схема чередования обработки четных и нечетных строк для задач эллиптического типа. Волновая схема.

Тема 7.5. Параллельные алгоритмы решения задач параболического и гиперболического типа. Параллельная реализация явных разностных схем для параболических и гиперболических задач. Неявные разностные схемы. Распараллеливание метода матричной прогонки. Параллельная реализация экономичных разностных схем.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№п/п	Название раздела, темы	Количество часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Аудиторные					
		Лекции	Практик. и сем. занятия	Лаб. занятия	Иное		
6 семестр							
1	Параллельные компьютерные системы	2					
1.1	Основные классы параллельных компьютеров. Парадигмы параллельного программирования	2					Устный опрос
2	Организация многозадачной и многопоточной обработки данных	8		8		2	
2.1	Многозадачные приложения. Управление процессами	2					Устный опрос
2.2	Взаимодействие и синхронизация процессов	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 1. Тема: Организация взаимодействия процессов по схеме “клиент-сервер”			4			Отчет по лабораторной работе
	УСР Тема: Организация взаимодействия процессов с помощью каналов					2	Тест
2.3	Многопоточные приложения. Управление потоками	2					Устный опрос
2.4	Взаимодействие и синхронизация потоков	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 2. Тема: Разработка многопоточного приложения для матрично-векторного умножения			4			Отчет по лабораторной работе
3	Вычислительные системы с распределенной памятью. Технология MPI	24		22		2	
3.1	Основы построения вычислительных систем с распределенной памятью	2					Устный опрос
3.2	Парадигма программирования	2					Устный

	ния с передачей сообщений. Технология MPI.						опрос
3.3	Обмен данными между отдельными процессами. Передача и прием сообщений с блокировкой	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 3. Тема: Реализация схем взаимодействия MPI-процессов. Схема “клиент-сервер”			4			Отчет по лабораторной работе
3.4	Передача и прием сообщений без блокировки	2					Устный опрос
3.5	Семантика коммуникаций типа “точка-точка”. Тупиковые ситуации	2					Устный опрос
	УСР Тема: Реализация схем взаимодействия MPI-процессов. Обмен по кольцу процессов.					2	Тест
	Лабораторная работа 4. Тема: Распределение и сборка данных в MPI-приложениях			2			Отчет по лабораторной работе
	Организация обменов данными на вычислительных системах с распределенной памятью			2			Контрольная работа №1
3.6	Односторонние коммуникации	2					Устный опрос
3.7	Организация односторонних коммуникаций	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 5. Тема: Использование односторонних коммуникаций при организации взаимодействия MPI-процессов			4			Отчет по лабораторной работе
3.8	Группы и коммутаторы	2					Устный опрос
3.9	Виртуальные топологии	2					Устный опрос
3.10	Обмен данными в виртуальных топологиях	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 6. Тема: Использование групп и коммутаторов при проектировании параллельных приложений			4			Отчет по лабораторной работе
3.11	Типы данных. Пользовательские типы. Упаковка	2					Устный опрос

	данных						
	Лабораторная работа 7. Тема: Использование пользовательских типов в коммуникациях			2			Отчет по лабораторной работе
	Производные типы данных MPI и их применение при организации коммуникаций между параллельными процессами			2			Контрольная работа №2
3.12	Коллективные операции обмена данными	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 8. Тема: Организация коллективного обмена данными. Пользовательские операции редукции.			2			Отчет по лабораторной работе
ИТОГО ЗА 6 СЕМЕСТР		34		30		4	
7 семестр							
4	Вычислительные системы с общей памятью. Технология OpenMP	8		4			
4.1	Основы построения вычислительных систем с общей памятью	2					Устный опрос
4.2	Парадигма программирования с разделяемой памятью. Технология OpenMP	2					Устный опрос
4.3	Разработка приложений в рамках технологии OpenMP	4					Устный опрос
	Лабораторная работа 9. Тема: Организация параллельной обработки данных в модели с общей памятью			2			Отчет по лабораторной работе
	Разработка параллельных приложений в модели с общей памятью			2			Контрольная работа №3
5	Гибридные технологии при разработке параллельных приложений	4		4			
5.1	Разработка параллельных приложений в технологии MPI+Pthreads	2					Устный опрос
5.2	Разработка параллельных приложений в технологии MPI+OpenMP	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 10 Тема: Проектирование и реализация параллельных			4			Отчет по лабораторной

	алгоритмов в рамках гибридного программирования						работе
6	Введение в математические методы распараллеливания алгоритмов	6		2			
6.1	Тонкая информационная структура программ	2					Устный опрос
6.2	Методы пространственно-временного отображения алгоритмов на параллельные архитектуры	2					Устный опрос
6.3	Оптимизация параллельных программ	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 11 Тема: Применение техники тайлинга при разработке и оптимизации программ			2			Отчет по лабораторной работе
7	Параллельные алгоритмы вычислительной математики	16		20		4	
7.1	Параллельные алгоритмы умножения матриц	4					Устный опрос
	УСР Тема: Ленточные алгоритмы умножения матриц					2	Тест
	Лабораторная работа 12 Тема: Блочные алгоритмы матричного умножения и их реализация в модели обмена сообщениями			4			Отчет по лабораторной работе
7.2	Параллельные алгоритмы решения СЛАУ	2					Устный опрос
	УСР Тема: Параллельные алгоритмы решения систем уравнений методом прогонки в модели с общей памятью					2	Тест
	Лабораторная работа 12 Тема: Параллельная реализация алгоритма Гаусса			4			Отчет по лабораторной работе
7.3	Параллельные алгоритмы сортировки данных	2					Устный опрос
	Лабораторная работа 13 Тема: Разработка параллельных приложений для сортировки данных на суперкомпьютере			4			Отчет по лабораторной работе
7.4	Параллельные алгоритмы математического модели-	4					Устный опрос

	рования. Решение дифференциальных уравнений эллиптического типа						
	Лабораторная работа 14 Тема: Параллельные алгоритмы решения задачи Дирихле и их реализация в гибридной модели программирования			4			Отчет по лабораторной работе
7.5	Параллельные алгоритмы решения задач параболического и гиперболического типа	4					Устный опрос
	Лабораторная работа 15 Тема: Параллельная реализация экономических численных схем решения параболических уравнений в гибридной модели программирования			2			Отчет по лабораторной работе
	Параллельные алгоритмы решения уравнений математической физики			2			Контрольная работа №4
ИТОГО ЗА 7 СЕМЕСТР		34		30		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002г. 608 с.
2. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 342 с.
3. Шпаковский Г.И., Серикова Н.В. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI. Минск: БГУ, 2002 г. 323
4. Антонов А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP. М.: Изд-во МГУ, 2012. 344 с.
5. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. Москва: Бином, 2007. 423 с.
6. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем. М.: Изд-во МГУ, 2010. 544 с.

Дополнительная

1. Таненбаум Э., Стеен М. Распределенные системы принципы и парадигмы. СПб.: Питер, 2003. 877 с.
2. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003. 184 с.
3. Хьюз К., Хьюз Т. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. 672 с.
4. Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP. Москва: Бином, 2008. 119 с.

Организация управляемой самостоятельной работы.

Управляемая самостоятельная работа обучающихся – это самостоятельная работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве лица из числа профессорско-преподавательского состава и контролируемая на определенном этапе обучения преподавателем. При выполнении УСР должны быть созданы условия, при которых обеспечивалась бы активная роль обучающихся в самостоятельном получении знаний и систематическом применении их на практике.

Обязательными условиями эффективной организации УСР по учебной дисциплине являются: наличие научно-методического обеспечения (перечни заданий и контрольных мероприятий УСР, учебная литература, мультимедийные видеоматериалы, доступ к библиотечным фондам и электронным

информационным ресурсам), доступ к лицензионным программным средствам (компилятор языка Си/C++, ОС Linux, библиотек с реализацией стандарта MPI и OpenMP) ; использование рейтинговой системы оценки знаний по учебной дисциплине.

Инновационные подходы к преподаванию дисциплины

- Технологии проблемного обучения;
- Активные методы обучения (дискуссии, учебные дебаты, конференции, и др.);
- Видео, компьютерные и мультимедийные технологии;
- Современные компьютерные технологии (Linux, библиотеки с реализацией стандарта MPI и OpenMP)

Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

На лекционных занятиях по учебной дисциплине «Современные компьютерные архитектуры и параллельное программирование» рекомендуется использовать элементы проблемного обучения: проблемное изложение некоторых аспектов, использование частично-поискового метода. На лабораторных занятиях рекомендуется отрабатывать изложенные на лекциях аспекты технологий параллельного программирования в рамках их применения на конкретных примерах. Кроме этого рекомендуется развивать навыки анализа алгоритмов с точки зрения их распараллеливания, навыки оценки эффективности параллельных алгоритмов.

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным и конечным требованиям образовательной программы создаются фонды оценочных средств, включающие типовые индивидуальные задания, контрольные работы и тесты. Оценочными средствами предусматривается оценка способности обучающихся к творческой деятельности, их готовность вести поиск решения новых задач, связанных с недостаточностью конкретных специальных знаний и отсутствием общепринятых алгоритмов.

Оценка промежуточных учебных достижений студента осуществляется по десятибалльной шкале. Для оценки достижений студента используются следующие средства диагностики:

1. Устная форма: собеседования, коллоквиум, устные промежуточные и итоговый зачеты, доклады на практических занятиях, экзамен.
2. Письменная форма: тесты и контрольные опросы по основным разделам дисциплины, отчеты по лабораторным работам, оценивание на основе модульно-рейтинговой системы, оценивание на основе деловой игры,
3. Устно-письменная форма: отчеты по лабораторным работам с их устной защитой, отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой.

4. Техническая форма: электронные тесты.

Лабораторные занятия по программе дисциплины должны включать в себя выполнение ряда заданий, связанных с применением технологий параллельного программирования на практике. В частности, это задания с целью программной реализации параллельных алгоритмов решения основных задач линейной алгебры, разработки параллельных приложений для численного решения уравнений математической физики.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Итоговая аттестация предусматривает проведение зачетов и экзамена. При этом рекомендуется использовать оценивание успеваемости на основе модульно-рейтинговой системы.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Программирование	Многопроцессорных систем и сетей	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 14 от 19.05.2016 г

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на ____/____ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры дискретной математики и алгоритмики (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)