

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШИТР

 Д.М. Сонькин
 « 01 » 09 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Технологии параллельных и распределённых вычислений

Направление подготовки/ специальность	09.03.01		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Информатика и вычислительная техника		
Специализация	Программирование вычислительных и телекоммуникационных систем		
Уровень образования	Программирование вычислительных систем		
	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32	
	Практические занятия		
	Лабораторные занятия	56	
	ВСЕГО	88	
	Самостоятельная работа, ч	128	
	ИТОГО, ч	216	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОИТ ИШИТР
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель			Шерстнёв В.С.
			Погребной А.В.
			Мыцко Е.А.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-2	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности	И.ОПК(У)-2.1	Демонстрирует навыки использования современных информационных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности	ОПК(У)-2.1В1	Владеет опытом применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.
				ОПК(У)-2.1У1	Умеет выбирать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.
				ОПК(У)-2.1З1	Знает современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-8	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения	И.ОПК(У)-8.1	Демонстрирует способность разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения	ОПК(У)-8.1В1	Имеет навыки программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач.
				ОПК(У)-8.1У1	Умеет применять языки программирования и работы с базами данных, современные программные среды разработки информационных систем и технологий для автоматизации бизнес-процессов, решения прикладных задач различных классов, ведения баз данных и информационных хранилищ

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
				ОПК(У)-8.131	Знает основные языки программирования и работы с базами данных, операционные системы и оболочки, современные программные среды разработки информационных
ПК(У)-1	Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение	И.ПК(У) -1.1	Демонстрирует способность разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение	ПК(У)-1.1В2	Владеет навыками создания программного кода в соответствии с техническим заданием и существующими шаблонами
				ПК(У)-1.1У2	Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения
				ПК(У)-1.132	Знает методы и средства проектирования программного обеспечения
ПК(У)-3	Способен разрабатывать компоненты системных продуктов	И.ПК(У) - 3.1	Демонстрирует способность разрабатывать системные утилиты	ПК(У)-3.1В2	Владеет навыками написания исходного кода утилиты
				ПК(У)-3.1У2	Умеет оценивать вычислительную сложность алгоритма функционирования разрабатываемых программных продуктов
				ПК(У)-3.132	Знает синтаксис, особенности программирования и стандартные библиотеки выбранного языка программирования
				ПК(У)-3.1В3	Владеет навыками написания исходного кода утилиты
				ПК(У)-3.1У3	Умеет оценивать вычислительную сложность алгоритма функционирования разрабатываемых программных продуктов
				ПК(У)-3.133	Знает синтаксис, особенности программирования и стандартные библиотеки выбранного языка программирования

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Способен разрабатывать алгоритмы и программы для решения вычислительных задач	И.ОПК(У)-8.1 И.ПК(У)-1.1
РД 2	Знает базовые принципы параллельных вычислений для ускорения программ	И.ОПК(У)-8.1
РД 3	Умеет использовать современные технологии параллельных и распределённых вычислений для разработки системного программного обеспечения, а также решения научных и прикладных задач.	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-3.1
РД 4	Умеет использовать специализированные вычислительные устройства, ориентированные на параллельную обработку данных, для решения научных и практических задач	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-3.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. <i>Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов</i>	РД1	Лекции	8
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	16
Раздел (модуль) 2. <i>Способы организации параллельных вычислений</i>	РД2	Лекции	8
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	16
Раздел (модуль) 3. <i>Базовые средства программирования вычислительных систем. Технологии MPI и OpenMP</i>	РД3	Лекции	8
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	16
Раздел (модуль) 4. <i>Высокопроизводительные вычисления с применением графических процессоров (GPU). Технология NVIDIA CUDA</i>	РД4	Лекции	4
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел (модуль) 5. <i>Высокопроизводительные вычисления с применением технологии OpenCL</i>	РД4	Лекции	4
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов

Цели, задачи, принципы параллельных и распределённых вычислений. Необходимость и актуальность параллельных вычислений. Различия между многозадачностью и многопоточностью, параллельным и распределённым вычислениями. Показатели

эффективности параллельного алгоритма и оценка максимально достижимого параллелизма. Закон Амдала. Закон Мура. Гипотеза Минского. Параллелизм на примере модельных задач нахождения частных сумм последовательности числовых значений и умножения матриц. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов. Примеры использования методики разработки параллельных алгоритмов для решения научных и практических задач.

Темы лекций:

1. Архитектура вычислительных систем
2. Закон Амдала. Закон Мура. Гипотеза Минского
3. Схема и методика разработки параллельных алгоритмов
4. Примеры использования методики разработки параллельных алгоритмов

Названия лабораторных работ:

1. Исследование быстродействия параллельных вычислительных систем
2. Разработка параллельных алгоритмов. Закон Амдала.

Раздел 2. Способы организации параллельных вычислений

Параллелизм на уровне инструкций. Векторные вычисления. SIMD-инструкции. Многопоточные вычисления. Синхронизация потоков. Способы построения многопроцессорных вычислительных систем. Краткая история развития высокопроизводительных вычислений. Классификация параллельных вычислительных систем. Примеры параллельных вычислительных систем. Рейтинги ведущих суперкомпьютеров: мировой TOP-500, TOP-50 СНГ.

Обобщенная систематика Флинна. Детализация систематики Флинна. Понятия мультипроцессора, мультикомпьютера, вычислительного кластера. Особенности организации параллельных вычислений в системах с общей памятью (обеспечение однозначности кэш-памяти разных процессоров, синхронизация вычислений). Особенности организации параллельных вычислений в системах с распределенной памятью посредством передачи сообщений. Топологии сетей передачи данных в мультикомпьютерах. Типовые схемы коммуникации.

Темы лекций:

5. Классификация параллельных вычислительных систем
6. Параллелизм на уровне инструкций. SIMD-инструкции
7. Многопоточные вычисления. Синхронизация потоков
8. Параллельные вычисления в системах с общей и распределенной памятью

Названия лабораторных работ:

3. Векторные вычисления. SIMD-инструкции.
4. Многопоточные вычисления. POSIX Threads.

**Раздел 3. Базовые средства программирования вычислительных систем.
Технологии MPI и OpenMP**

Общая характеристика методов передачи данных, оценка времени выполнения коммуникационных операций. Оценка трудоемкости операций передачи данных для кластерных систем. Модель Хокни. MPI: основные понятия и определения. Базовый (минимальный) набор функций MPI, достаточный для разработки параллельных программ. Операции передачи данных между двумя процессами. Коллективные операции передачи данных. Упаковка и распаковка разнотипных данных в MPI. Управление группами процессов и коммутаторами. Виртуальные топологии.

Общие сведения. Структура стандарта OpenMP. Достоинства технологии OpenMP. Модель параллелизма OpenMP. Модель памяти OpenMP. Директивы OpenMP. Типы директив. Формат записи директив. Определение параллельной области. Распределение вычислений между потоками. Директивы синхронизации. Директивы управления областью видимости данных. Совместимость директив и их параметров. Библиотека функций OpenMP. Функции для контроля/запроса параметров среды исполнения. Функции синхронизации. Переменные среды исполнения. Пример программы произведения матриц. Сравнение технологий MPI и OpenMP для SMP-систем. Гибридный (MPI+OpenMP) подход для SMP-кластеров. Компиляторы Intel с поддержкой OpenMP. Инструментальные средства разработки и отладки многопоточных приложений.

Темы лекций:

9. Технология параллельных вычислений OpenMP.
10. Примеры ускорения вычислений с использованием OpenMP
11. Технология распределённых вычислений MPI.
12. Примеры ускорения вычислений с использованием MPI + OpenMP

Названия лабораторных работ:

5. Разработка программ для параллельных вычислительных систем с применением технологий OpenMP
6. Разработка программ для распределённых вычислительных систем с применением технологий MPI

Раздел 4. *Высокопроизводительные вычисления с применением графических процессоров (GPU). Технология NVidia CUDA.*

Введение в вычисления общего назначения с использованием GPU. Основные архитектурные отличия GPU от CPU. Архитектура современных GPU. Технология CUDA. Модели и шаблоны программирования с использованием технологии CUDA. Модель памяти CUDA. Типы памяти. Оптимизация CUDA-приложений. Модель исполнения CUDA. Компиляция CUDA-приложений. CUDA-расширение языка C (спецификаторы функций, спецификаторы переменных, встроенные переменные, директивы запуска ядра). Некоторые функции API CUDA Runtime. Пример программы на CUDA. Произведение матриц.

Темы лекций:

13. Архитектура современных GPU. Основные отличия от CPU.
14. Технология вычисления на графических процессорах CUDA.

Названия лабораторных работ:

7. Решение вычислительных задач на графических процессорах с применением технологии CUDA.

Раздел 5. *Высокопроизводительные вычисления с применением технологии OpenCL.*

Введение в вычисления общего назначения с применением OpenCL. Понятие гетерогенной вычислительной системы. Основные и принципиальные отличия от технологии CUDA. Оптимизация OpenCL-приложений. Модель исполнения OpenCL. Компиляция OpenCL-приложений. Примеры программ для решения задач с применением OpenCL.

Темы лекций:

15. Гетерогенные вычислительные системы
16. Технология OpenCL.

Названия лабораторных работ:

8. Решение вычислительных задач с применением технологии OpenCL для гетерогенных систем.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Белугина, С. В. Архитектура компьютерных систем. Курс лекций : учебное пособие / С. В. Белугина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-4489-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133919> (дата обращения: 15.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Староверова, Н. А. Операционные системы : учебник / Н. А. Староверова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 308 с. — ISBN 978-5-8114-4000-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125737> (дата обращения: 15.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Энтони, У. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ : учебное пособие / У. Энтони ; перевод с английского А. А. Слинкин. — Москва : ДМК Пресс, 2012. — 672 с. — ISBN 978-5-94074-448-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4813> (дата обращения: 15.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Антонов, Александр Сергеевич. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP : учебное пособие / А. С. Антонов; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (МГУ). — Москва: Изд-во МГУ, 2012. — 340 с.. — Суперкомпьютерное образование. — Библиогр.: с. 333-334.. — ISBN 978-5-211-06343-3.
3. Гергель, Виктор Павлович. Современные языки и технологии параллельного программирования : учебник / В. П. Гергель; Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского (ННГУ), Фундаментальная библиотека . — Москва: Изд-во МГУ, 2012. — 408 с.: ил.. — Суперкомпьютерное образование. — Библиогр.: с. 394-402.. — ISBN 978-5-211-06380-8.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный курс «Организация ЭВМ». Режим доступа:

<https://eor.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1689>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
2. Visual Studio 2013 (сетевой ресурс var.tpu.ru);
3. Document Foundation LibreOffice.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 412	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 402А	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Компьютер - 12 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Программирование вычислительных и телекоммуникационных систем» по специализации «Программирование вычислительных систем» направления 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОИТ		Мыцко Е.А.

Программа одобрена на заседании Отделения информационных технологий ИШИТР (протокол от «01» сентября 2020г. №19).

Заведующий кафедрой-руководитель
отделения на правах кафедры
к.т.н., доцент

 /Шерстнёв В.С. /

Лист изменений рабочей программы дисциплины

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения информационных технологий (протокол)
2021/2022	1. Внесены изменения в формулировку ОПК-2 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	от «31»08.2021 г. № 24
2022/2023	1. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем	от «30»08.2022 г. № 28

Изложить формулировку ОПК 2 в следующей редакции:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-2	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности	И.ОПК(У)-2.1	Демонстрирует навыки использования современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности	ОПК(У)-2.1В1	Владеет опытом применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.
				ОПК(У)-2.1У1	Умеет выбирать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.
				ОПК(У)-2.1З1	Знает современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности