МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по учебной работе
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Программные средства и технологии систем автоматизированного проектирования**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	108	108	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	2

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85161

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Цель дисциплины состоит в формировании у обучающихся системных знаний и компетенций в области проектирования, анализа и оптимизации параллельных вычислительных решений для сложных инженерных задач автоматизированного проектирования.

1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование у студентов способности проектировать архитектуру параллельных решений, выбирать и комбинировать модели параллелизма под конкретные инженерные задачи, проводить системный анализ производительности и оптимизацию параллельных программ.

2. Освоение современных технологий параллельного программирования и методов профилирования для достижения высокой эффективности вычислений в системах автоматизированного проектирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль проектно-профессиональной подготовки.

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.05.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 85161

ПК-2. Способен проектировать сложные компоненты САПР	ПК-2.1. Знает принципы построения архитектуры систем автоматизированного проектирования и современные методы организации структур данных для решения инженерных задач	Знает архитектурные принципы высокопроизводительных вычислительных систем и методы организации данных, необходимые для проектирования эффективных параллельных компонентов САПР.
	ПК-2.2. Умеет разрабатывать структуру программных компонентов САПР и определять алгоритмы их взаимодействия в составе единой системы	Умеет проектировать архитектуру параллельных программных модулей, выбирать модели взаимодействия и обеспечивать балансировку нагрузки и масштабируемость в составе распределенных систем.
	ПК-2.3. Владеет современными технологиями проектирования программного обеспечения и методами создания функциональных модулей	Владеет технологиями разработки, отладки и профилирования параллельного кода, методами выявления узких мест производительности и оптимизации вычислительных ядер САПР.

Согласована на портале № 85161

ПК-3. Способен проводить анализ физических процессов и технических объектов, использовать их математические модели и на их основе создавать специализированные программные модули и компоненты САПР	ПК-3.1. Знает физические принципы функционирования технических объектов, методы их математического описания, а также принципы построения программных модулей и компонентов современных систем автоматизированного проектирования	Знает принципы распараллеливания вычислительных алгоритмов, лежащих в основе математических моделей инженерных задач, и их реализацию.
	ПК-3.2. Умеет проводить анализ физических процессов, выбирать или разрабатывать адекватные математические модели технических объектов и преобразовывать их в алгоритмы для программной реализации в среде САПР	Умеет выполнять декомпозицию инженерных вычислительных задач и преобразовывать последовательные алгоритмы в масштабируемые параллельные реализации с учетом ограничений вычислительных архитектур.
	ПК-3.3. Владеет современными языками программирования и специализированными программными библиотеками для разработки и интеграции функциональных модулей САПР, обеспечивающих расчет, моделирование или проектирование технических систем	Владеет современными средствами параллельного программирования и специализированными библиотеками для разработки, интеграции и оптимизации расчетных модулей САПР.
ПК-5. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности	ПК-5.1. Знает современные подходы к исследованию и разработке объектов профессиональной деятельности	Знает современные теоретические модели параллельных вычислений, методологии оценки масштабируемости и тенденции развития гетерогенных архитектур.
	ПК-5.2. Умеет проводить исследования и разработку с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности	Умеет применять профессиональные инструменты профилирования для анализа производительности, выявления архитектурных ограничений и обоснованной оптимизации параллельных вычислительных процессов.
	ПК-5.3. Владеет современными технологиями проектирования объектов профессиональной деятельности	Владеет полным циклом проектирования высокопроизводительных вычислительных решений - от выбора модели параллелизма и прототипирования до измерения эффективности, оптимизации и интеграции в инженерные программные комплексы.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	108	108
Подготовка к зачету с оценкой	54	54
Подготовка к тестированию	54	54
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр					
1 Теоретические модели параллельных вычислений и оценка эффективности	2	2	12	16	ПК-2, ПК-3, ПК-5
2 Программирование распределённых вычислительных систем с использованием интерфейса передачи сообщений	4	4	16	24	ПК-2, ПК-3, ПК-5
3 Гибридные модели параллельного программирования для многоядерных кластерных систем	2	2	16	20	ПК-2, ПК-3, ПК-5
4 Распределённые вычисления на графических процессорах	2	2	16	20	ПК-2, ПК-3, ПК-5
5 Параллельное программирование на основе задач и асинхронных моделей выполнения	2	2	16	20	ПК-2, ПК-3, ПК-5
6 Применение параллельных вычислений в задачах автоматизированного проектирования	4	4	16	24	ПК-2, ПК-3, ПК-5
7 Методы профилирования и оптимизации производительности параллельных программ	2	2	16	20	ПК-2, ПК-3, ПК-5
Итого за семестр	18	18	108	144	
Итого	18	18	108	144	

Согласована на портале № 85161

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Теоретические модели параллельных вычислений и оценка эффективности	Законы Амдала и Густавсона, теоретические модели параллельных вычислений (PRAM, BSP, LogP), метрики производительности (ускорение, эффективность, масштабируемость). Модель Work-Span. Анализ затрат и теоретических пределов распараллеливания.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
2 Программирование распределённых вычислительных систем с использованием интерфейса передачи сообщений	Архитектура распределённых систем и модель передачи сообщений. Неблокирующие коммуникации и механизмы асинхронного обмена данными. Производные типы данных MPI для работы со сложными структурами. Односторонние коммуникации (RMA). Оптимизация коллективных операций и топологий процессов.	4	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	4	
3 Гибридные модели параллельного программирования для многоядерных кластерных систем	Гибридные модели распараллеливания, разделение ответственности между MPI и OpenMP. Привязка потоков и процессов (affinity), NUMA-архитектуры и оптимизация размещения данных. Балансировка нагрузки в многоядерных кластерных системах.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
4 Распределённые вычисления на графических процессорах	Архитектура графических процессоров (SIMT, warps, иерархия памяти). Модели программирования CUDA и OpenCL. Оптимизация доступа к памяти (согласованный доступ, разделяемая память, устранение конфликтов данных). Асинхронные потоки исполнения и интеграция CPU и GPU вычислений.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	

Согласована на портале № 85161

5 Параллельное программирование на основе задач и асинхронных моделей выполнения	Параллелизм на основе задач, алгоритмы work-stealing. Библиотеки Intel TBB и современные стандарты C++ (executors). Паттерны параллельного выполнения (pipeline, map-reduce, dataflow-модели). Асинхронные модели выполнения и динамическое планирование.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
6 Применение параллельных вычислений в задачах автоматизированного проектирования	Декомпозиция вычислительных доменов и распределение нагрузки. Универсальные паттерны параллелизма для сеточных и итерационных алгоритмов. Особенности распараллеливания задач электродинамики на примерах методов конечных разностей во временной области (МКРВО) и метода моментов (МоМ). Балансировка нагрузки при работе с нерегулярными структурами данных. Методология переноса последовательных вычислительных ядер в параллельную среду с сохранением корректности и численной устойчивости.	4	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	4	
7 Методы профилирования и оптимизации производительности параллельных программ	Модель Roofline для анализа производительности (memory-bound vs compute-bound). Инструменты профилирования (Intel VTune, NVIDIA Nsight, Score-P). Методология сильной и слабой масштабируемости. Анализ аппаратных счётчиков производительности и оптимизация на основе данных профилировщика.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			

1 Теоретические модели параллельных вычислений и оценка эффективности	Расчёт ускорения и эффективности алгоритмов, анализ масштабируемости по законам Амдала и Густавсона.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
2 Программирование распределённых вычислительных систем с использованием интерфейса передачи сообщений	Реализация неблокирующих коммуникаций и работа с производными типами данных MPI.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Оптимизация коллективных обменов и применение one-sided операций (RMA) в распределённых приложениях.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	4	
3 Гибридные модели параллельного программирования для многоядерных кластерных систем	Проектирование гибридной схемы MPI+OpenMP, настройка привязки потоков (affinity) и анализ балансировки нагрузки.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
4 Распределённые вычисления на графических процессорах	Написание и запуск вычислительных ядер, оптимизация доступа к иерархии памяти GPU, асинхронные передачи данных.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
5 Параллельное программирование на основе задач и асинхронных моделей выполнения	Рефакторинг последовательного кода с использованием библиотек Intel TBB, реализация паттернов work-stealing и dataflow.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
6 Применение параллельных вычислений в задачах автоматизированного проектирования	Параллельная реализация сеточных алгоритмов, обход массивов по шаблону, агрегирование результатов, оптимизация доступа к памяти.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Применение паттернов к задачам электродинамики - распараллеливание обновления полей (FDTD) и расчёта матричных элементов (MoM) на учебных моделях. Анализ масштабируемости и баланса нагрузки.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	4	
7 Методы профилирования и оптимизации производительности параллельных программ	Построение Roofline-диаграмм, поиск узких мест с использованием VTune/Nsight, оптимизация на основе данных профилировщика.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Итого	2	

Согласована на портале № 85161

Итого за семестр	18	
Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Теоретические модели параллельных вычислений и оценка эффективности	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	6	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Тестирование
	Итого	12		
2 Программирование распределённых вычислительных систем с использованием интерфейса передачи сообщений	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Тестирование
	Итого	16		
3 Гибридные модели параллельного программирования для многоядерных кластерных систем	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Тестирование
	Итого	16		
4 Распределённые вычисления на графических процессорах	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Тестирование
	Итого	16		
5 Параллельное программирование на основе задач и асинхронных моделей выполнения	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Тестирование
	Итого	16		
6 Применение параллельных вычислений в задачах автоматизированного проектирования	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Тестирование
	Итого	16		

Согласована на портале № 85161

7 Методы профилирования и оптимизации производительности параллельных программ	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	8	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Тестирование
	Итого	16		
Итого за семестр		108		
Итого		108		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование
ПК-3	+	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование
ПК-5	+	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Зачёт с оценкой	10	15	25	50
Тестирование	10	15	25	50
Итого максимум за период	20	30	50	100
Нарастающим итогом	20	50	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Согласована на портале № 85161

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Гергель, Виктор Павлович. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : учебник для вузов. - М. : Издательство Московского университета , 2010. - 544 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.).

2. Программирование на параллельных вычислительных системах : Пер. с англ.. - М. : Мир , 1991. - 372[4] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.).

3. Гримм, Р. Параллельное программирование на современном C++. Что каждый профессионал должен знать о параллельном программировании / Р. Гримм ; перевод с английского В. Ю. Винника. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — 616 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/314870.

4. Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, cuda, opencl, mpi : учебное пособие для вузов / А. А. Малявко. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 135 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/514199.

7.2. Дополнительная литература

1. Восс, М. Параллельное программирование на C++ с помощью библиотеки TBB : руководство / М. Восс, Р. Асенхо, Д. Рейндерс ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 674 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/179500.

2. Арыков, С. Б. Параллельное программирование над общей памятью. OpenMP : учебное пособие / С. Б. Арыков, М. А. Городничев, Г. А. Щукин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 95 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/152252.

3. Филатов, А. С. Параллельное программирование : учебное пособие / А. С. Филатов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 46 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/218429.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

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. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/4813.

2. Золкин, А. Л. Параллельные вычисления и реализация агентных стратегий на архитектуре CUDA : учебное пособие для вузов / А. Л. Золкин, Р. А. Вербицкий. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 176 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/507341.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах,

Согласована на портале № 85161

адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-научная лаборатория промышленного дизайна: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 224/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL 1 шт.

Монитор 27" 15 шт.

Системный блок 1 15 шт.

Комплект специализированной учебной мебели

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;

Согласована на портале № 85161

- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Теоретические модели параллельных вычислений и оценка эффективности	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Программирование распределённых вычислительных систем с использованием интерфейса передачи сообщений	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Гибридные модели параллельного программирования для многоядерных кластерных систем	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Распределённые вычисления на графических процессорах	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 85161

5 Параллельное программирование на основе задач и асинхронных моделей выполнения	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Применение параллельных вычислений в задачах автоматизированного проектирования	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Методы профилирования и оптимизации производительности параллельных программ	ПК-2, ПК-3, ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 85161

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какая метрика показывает отношение времени выполнения последовательной программы ко времени выполнения её параллельной версии?
   a) Эффективность
   b) Ускорение
   c) Масштабируемость
   d) Пропускная способность
2. Что характеризует закон Амдала при оценке параллельной эффективности?
   a) Линейный рост ускорения с увеличением числа процессоров
   b) Ограничение ускорения последовательной частью алгоритма
   c) Зависимость ускорения только от размера задачи
   d) Отсутствие влияния коммуникационных затрат
3. Какая модель параллельных вычислений предполагает чередование фаз вычислений и глобальной синхронизации с коммуникацией?
   a) PRAM
   b) BSP
   c) LogP
   d) SIMD
4. Что такое one-sided коммуникации в MPI (модель RMA)?
   a) Обмен данными только между соседними процессами
   b) Возможность одного процесса читать/писать в память другого процесса без его явного участия в приёме
   c) Передача данных только в одном направлении
   d) Использование только коллективных операций
5. Какой параметр CUDA-ядра определяет количество блоков в сетке?
   a) blockDim
   b) threadIdx
   c) gridDim
   d) warpSize
6. Что такое «согласованный доступ к памяти» (coalesced access) в CUDA?
   a) Доступ к памяти через разделяемую память (shared memory)
   b) Объединение запросов соседних потоков к глобальной памяти в одну транзакцию

Согласована на портале № 85161

c) Использование атомарных операций для синхронизации
d) Кэширование данных в регистрах потока

7. Что такое алгоритм work-stealing в контексте task-based параллелизма?
   a) Статическое распределение задач между потоками на этапе компиляции
   b) Динамический захват свободным потоком задач из очереди занятого потока
   c) Принудительное завершение «медленных» задач для балансировки
   d) Копирование данных между потоками для уменьшения конфликтов
8. Какая операция является ключевой в итерационных решателях разреженных систем линейных уравнений (СЛАУ)?
   a) Умножение плотной матрицы на вектор
   b) Умножение разреженной матрицы на вектор
   c) LU-разложение полной матрицы
   d) Вычисление определителя матрицы
9. Что такое «ускорение» (speedup) в параллельных вычислениях?
   a) Время выполнения последовательной программы
   b) Отношение времени выполнения последовательной программы ко времени выполнения параллельной версии
   c) Количество процессоров, используемых в программе
   d) Разница между временем выполнения последовательной и параллельной версий
10. Какая основная цель синхронизации потоков в параллельном программировании?
    a) Увеличение количества потоков в программе
    b) Предотвращение гонок данных и обеспечение согласованности доступа к общим ресурсам
    c) Уменьшение времени компиляции программы
    d) Автоматическое распределение задач между процессорами

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Объясните различие между сильной и слабой масштабируемостью. В каких случаях целесообразно использовать каждую из методик при анализе параллельных программ для инженерных расчётов?
2. Опишите преимущества и ограничения гибридной модели программирования MPI+OpenMP для многоядерных кластерных систем. Какие факторы следует учитывать при выборе стратегии декомпозиции (между узлами / внутри узла)?
3. Какие основные техники оптимизации доступа к памяти в CUDA позволяют повысить производительность вычислительных ядер?
4. В чём заключается методология применения модели Roofline для анализа производительности параллельной программы? Как интерпретировать результаты и на их основе принимать решения по оптимизации?
5. Опишите особенности распараллеливания задач электродинамики (на примере МКРВО или МоМ).

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для

Согласована на портале № 85161

индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Согласована на портале № 85161

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.
Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 85161

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 3 от «21» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	А.В. Жечева	Согласовано, 10222954-0bcd-4026-99f7-5b18919a1928
Доцент, каф. СВЧиКР	Е. Жечев	Согласовано, 965eaa31-3663-4771-9257-b32c8d7ceb1c

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. ТУ	А.А. Квасников	Разработано, cf21ef84-e933-437b-9797-2587eab2bb0d
Старший преподаватель, каф. ТУ	В.А. Семенюк	Разработано, 63ad4848-9ad3-47c3-94a0-303d66eb22c1
Ассистент, каф. ТУ	Д.М. Мочалов	Разработано, be40b25f-6a34-48c6-a3b9-c7d73ed6e49c

Согласована на портале № 85161