

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	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)	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

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		

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.

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	

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	

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 (MoM). 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	

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		

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
$\geq 90\%$ 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

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	E (посредственно)
	60 – 64	
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,

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;

- 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

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 навыки
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
--------	---

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

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

- 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 MoM).

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

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:

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.

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