

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ



## Параллельное программирование

### рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой	<i>вычислительной математики и компьютерного моделирования</i>
Учебный план	<i>02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем, профиль «DevOps-инженерия в администрировании инфраструктуры ИТ-разработки»</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Общая трудоёмкость	<i>3 з.е.</i>
Часов по учебному плану	<i>108</i>
в том числе:	
аудиторная контактная работа	<i>50,65</i>
самостоятельная работа	<i>57,35</i>
Вид(ы) контроля в семестрах	
<i>экзамен/зачет/зачет с оценкой</i>	<i>Семестр 4 – зачет с оценкой</i>

Программу составил:  
д-р физ.-мат. наук, профессор  
Заведующий кафедрой вычислительной математики  
и компьютерного моделирования

А.В. Старченко

Рецензент:  
канд. физ.-мат. наук,  
доцент кафедры вычислительной математики  
и компьютерного моделирования

В.Н. Берцун

Рабочая программа дисциплины «Параллельное программирование» разработана в соответствии с самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по направлению подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем (Утвержден Ученым советом НИ ТГУ, протокол от 27.10.2021 г. № 08).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры вычислительной математики и компьютерного моделирования

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой вычислительной математики и компьютерного моделирования,  
д-р физ.-мат. наук, профессор

А.В. Старченко

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН)

Протокол от 17 июня 2021 г. № 05

Председатель УМК ИПМКН,  
д-р техн. наук, профессор

С.П. Сущенко

## Цель освоения дисциплины

**Цель** – обучить студентов выполнять программирование параллельных алгоритмов с использованием языка программирования высокого уровня и реализовывать алгоритмы вычислительной математики на кластерных системах, выполняя теоретические оценки эффективности полученных параллельных программ.

### 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Параллельное программирование» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины», входит в модуль «Разработка программного обеспечения».

Пререквизиты дисциплины: «Дискретная математика», «Математическая логика и теория алгоритмов», «Основы программирования», «Объектно-ориентированное программирование», «Математический анализ», «Алгебра и геометрия».

Постреквизиты дисциплины: Разработка приложений для мобильных платформ.

### 2. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)
ОПК-2 Способен применять современный математический аппарат, связанный с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности ОПК	ИОПК-2.1 Использует методы построения и анализа алгоритмов при проектировании и разработке программных систем - ИОПК-2.2 Использует фундаментальные знания для реализации алгоритмов пригодных для практического применения в области информационных систем и технологий - ИОПК-2.3 Разрабатывает алгоритмы и программы при решении задач профессиональной деятельности	ОР-2.1.1. Обучающийся будет знать основные подходы к созданию параллельных вычислительных алгоритмов и способов их реализации на многопроцессорной вычислительной технике с распределенной памятью. ОР-2.2.1. Знать средства разработки параллельных алгоритмов и программ для вычислительных кластеров с распределенной памятью. ОР-2.3.1. Знать средства языка программирования C++ для разработки параллельных моделирующих алгоритмов и программ для вычислительных кластеров с распределенной памятью.
ПК-1 Способен осуществлять программирование, тестирование и опытную эксплуатацию ИС с использованием технологических и функциональных стандартов, современных моделей и методов оценки качества и надежности программных средств ПК	ИПК-1.3 Кодирует на языках программирования и проводит модульное тестирование ИС	ОР-1.3.1. Обучающийся сможет правильно выбирать алгоритм и структуры данных для решения конкретной математической задачи, опираясь на фундаментальные знания математики; выполнять программирование параллельного алгоритма с использованием языка программирования высокого уровня. ОР-1.3.2. Обучающийся сможет использовать способы разработки параллельных программ в своей профессиональной деятельности и практической работе.

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 2.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах	
	4 семестр	всего
<b>Общая трудоемкость</b>	108	108
<b>Контактная работа:</b>	50,65	50,65
Лекции (Л):	16	16
Практики (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	32	32
Семинары (СЗ)		
Групповые консультации	2	2
Индивидуальные консультации		
Промежуточная аттестация	0,65	0,65
<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b>	57,35	57,35
- изучение учебного материала	20	20
- подготовка к практическим занятиям	17,35	17,35
- подготовка к рубежному контролю по теме	20	20
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)</b>	<b>Зачет с оценкой</b>	<b>Зачет с оценкой</b>

### 3.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины

Таблица 3.

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание	Вид учебной работы, занятий, контроля	С е м е с т р	Часы в электронн ой форме	Всего (час.)	Литература	Коды результатов обучения
	<b>Раздел 1. Введение</b>		4				
1.1.	Введение. Критерии оценки производительности параллельного алгоритма. Закон Амдаля.	Лекции			2	1, 2, 3, 4	ОП-2.1.1, ОП-2.2.1, ОП-2.3.1, ОП-1.3.1, ОП-1.3.2.
		Практическая работа			2		
1.2.	Форма СРС: изучение учебного материала и подготовка к рубежному контролю по теме				4	1, 2, 3, 4	
	<b>Раздел 2. Рекуррентные формулы</b>		4				
2.1.	Рекуррентные формулы. Вычисление частных сумм последовательности числовых значений. Последовательная сумма. Каскадная схема суммирования. Алгоритм сдваивания. Модифицированная каскадная схема суммирования. Оценка производительности. Способы параллельного представления последовательных алгоритмов. Циклическая редукция.	Лекции			2	1, 2, 3, 4	ОП-2.1.1, ОП-2.2.1, ОП-2.3.1, ОП-1.3.1, ОП-1.3.2.
		Практическая работа			2		
2.2.	Форма СРС: изучение учебного материала и подготовка к практической работе				4	1, 2, 3, 4	
	<b>Раздел 3. Технология параллельного программирования MPI</b>		7			1, 2, 3, 4	
3.1.	Технология Message Passing Interface для параллельного программирования на кластерных системах с распределенной	лекции			2	1, 2, 3, 4	ОП-2.1.1, ОП-2.2.1, ОП-2.3.1, ОП-1.3.1, ОП-1.3.2.
		практическая работа			2	1, 2, 3, 4	

	памятью. Основные функции MPI на C++. Структура MPI-программы. Компиляция и запуск параллельных программ в ОС Linux.						
3.2.	Форма СРС: изучение учебного материала и подготовка к практической работе			4		1, 2, 3, 4	
	<b>Раздел 4. Вычисление интегралов</b>		4			1, 2, 3, 4	
4.1.	Параллельное вычисление определенных и кратных интегралов. Метод Монте-Карло. Разработка параллельных MPI-программ для кластера ТГУ Cyberia.	лекции		2		1, 2, 3, 4	OP-2.1.1, OP-2.2.1, OP-2.3.1, OP-1.3.1, OP-1.3.2.
		практическая работа		2		1, 2, 3, 4	
4.2.	Форма СРС: изучение учебного материала и подготовка к практической работе			5		1, 2, 3, 4	
	<b>Раздел 5. Умножение матриц</b>		4			1, 2, 3, 4	
5.1.	Умножение матрицы на вектор. Умножение матрицы на матрицу. Алгоритмы Кэннона и Фокса.	лекции		2		1, 2, 3, 4	OP-2.1.1, OP-2.2.1, OP-2.3.1, OP-1.3.1, OP-1.3.2.
		практическая работа		2		1, 2, 3, 4	
5.2.	Форма СРС: изучение учебного материала и подготовка к практической работе			5		1, 2, 3, 4	
	<b>Раздел 6. Прямые методы решения СЛАУ</b>		4				
6.1.	Прямые методы решения систем линейных уравнений на многопроцессорных системах. LU-разложение.	лекции		2		1, 2, 3, 4	OP-2.1.1, OP-2.2.1, OP-2.3.1, OP-1.3.1, OP-1.3.2.
		практическая работа		2		1, 2, 3, 4	
6.2.	Форма СРС: изучение учебного материала и подготовка к практической работе			5		1, 2, 3, 4	
	<b>Раздел 7. Параллельная реализация итерационных методов решения СЛАУ</b>		4			1, 2, 3, 4	
7.1.	Параллельная реализация итерационных методов решения СЛАУ. Метод Якоби. Метод Гаусса-Зейделя. Метод верхней релаксации. Синхронные и асинхронные методы. Метод сопряженных градиентов с предобуславливанием.	лекции		2		1, 2, 3, 4	OP-2.1.1, OP-2.2.1, OP-2.3.1, OP-1.3.1, OP-1.3.2.
		практическая работа		2		1, 2, 3, 4	
7.2.	Форма СРС: изучение учебного			5		1, 2, 3, 4	

	материала и подготовка к практической работе						
	<b>Раздел 8. Преобразование Фурье</b>		4				1, 2, 3, 4
8.1.	Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Алгоритм «баттерфляй» и алгоритм транспонирования.	лекции			2		1, 2, 3, 4
		практическая работа			2		1, 2, 3, 4
8.2.	Форма СРС: изучение учебного материала и подготовка к практической работе				7,35		1, 2, 3, 4
	Промежуточная аттестация	<b>ЗаО</b>					

#### **4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины**

Теоретический материал по дисциплине дается в виде лекций с применением стандартных средства демонстрации мультимедиа в формате .ppt. На практических занятиях студенты реализуют предложенные алгоритмы параллельного программирования.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине организуется в следующих формах:

1) самостоятельное изучение основного теоретического материала, ознакомление с дополнительной литературой, Интернет-ресурсами, подготовка к практической работе, подготовка к зачету;

2) выполнение практических работ.

В качестве учебно-методического обеспечения самостоятельной работы используется литература по предмету, Интернет-ресурсы, материал лекций, указания, выданные преподавателем при проведении практических работ.

Форма промежуточной аттестации: аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме письменного зачета, который предусматривает ответы на билеты на основе теоретического материала. Условием допуска к зачету является сдача двух практических работ.

##### **4.1. Рекомендуемая литература и учебно-методическое обеспечение**

№ п/п	Авторы / составители	Заглавие	Издательство	Год издания, количество страниц
Основная литература				
1.	Гергель В. П.	Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем	М.: Физматлит	2010
2.	Старченко А. В.	Методы параллельных вычислений	Томск: Изд-во Томского ун-та	2013
3.	Линев А. В.	Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур	М.: Изд-во Московского университета	2010
4.	Старченко А.В., Данилкин Е.А., Лаева В.И., Проханов С.А.	Практикум по методам параллельных вычислений	М.: Изд-во Московского университета	2010

##### **4.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные**

1. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] / Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ: [сайт]. – [Томск, 2011–2016]. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>.

##### **4.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения**

Microsoft Windows, PascalABC, Lazarus, Visual Studio с компиляторами C++ и Фортран, математические пакеты PTC Mathcad 13,15, Mathematica 8, Maple 15, Matlab R2011b. Из компьютерных классов имеется удаленный доступ на кластер ТГУ Cyberia.

##### **4.4. Оборудование и технические средства обучения**



Для реализации дисциплины необходимы лекционные аудитории и аудитории для проведения практических занятий. Специальные технические средства (проектор, компьютер и т.д.) требуются для демонстрации материала в рамках изучаемых разделов, проведения защиты проектов в конце семестра. Вся основная и дополнительная литература, необходимая для самостоятельной работы и подготовки к экзамену, имеется в научной библиотеке ТГУ.

#### **5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины**

Литература по курсу, Интернет-ресурсы, пособия в локальной сети факультета в каталоге X:\Workspace\Бакалавриат\Параллельное программирование.

Практические работы:

Практическая работа №1 «Параллельные схемы суммирования».

Параллельная реализация различных схем суммирования последовательности числовых значений. Сравнение с теоретическими оценками ускорения параллельного алгоритма.

Цель работы – самостоятельная реализация алгоритмов суммирования с использованием навыков и знаний по темам 2 и 3.

Практическая работа №2 «Вычисление интегралов».

Вычисление кратных интегралов методом повторного интегрирования и методом Монте-Карло на МВС. Сравнение с теоретическими оценками ускорения параллельного алгоритма.

Цель работы – самостоятельная реализация алгоритмов вычисления интегралов с использованием навыков и знаний по теме 4.

#### **6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину**

Старченко Александр Васильевич, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры вычислительной математики и компьютерного моделирования ТГУ.

#### **7. Язык преподавания – русский язык.**