

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Наименование образовательной программы: Математическое и компьютерное моделирование

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	1 семестр - 16 часов;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	1 семестр - 32 часа;
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 165,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Тестирование	
Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шевченко И.В.
	Идентификатор	Rbdd042f0-ShevchenkoIV-48939df

(подпись)

И.В. Шевченко

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черепова М.Ф.
	Идентификатор	R9267877e-CherepovaMF-dbb9bf1

(подпись)

М.Ф. Черепова

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубков П.В.
	Идентификатор	R4920bc6f-ZubkovPV-8172426c

(подпись)

П.В. Зубков

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении современных технологии параллельного программирования для последующего использования их при создании параллельных программ различного назначения

Задачи дисциплины

- изучение характеристик, особенностей и возможностей использования параллельных вычислительных систем различного типа;
- изучение современных технологий и программных средств создания параллельных приложения для универсальных и специализированных ЭВМ;
- изучение способов использования конкретных программных средств создания параллельных приложения при последующем создании параллельных программ различного назначения;
- выработка практических навыков написания параллельных программ различного назначения.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	ИД-1 _{ОПК-4} Выбирает и применяет современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности	знать: - характеристики, особенности и возможности использования параллельных вычислительных систем различного типа; - современное состояние технологий создания параллельных приложения для универсальных и специализированных ЭВМ. уметь: - выбирать адекватные технические и программные средства для эффективной реализации параллельных алгоритмов.
ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	ИД-2 _{ОПК-4} Выбирает и применяет современные инструментальные средства для решения прикладных задач	уметь: - разрабатывать параллельные программы с помощью различных современных программных средств создания параллельных приложений; - оценивать и оптимизировать производительность параллельных программ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Математическое и компьютерное моделирование (далее – ОПОП), направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Современные концепции и средства параллельного программирования	16	1	2	-	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Современные концепции и средства параллельного программирования и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 94-218	
1.1	Современные концепции и средства параллельного программирования	16		2	-	-	-	-	-	-	-	14	-		
2	Библиотека передачи сообщений MPI	26		2	6	-	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Библиотека передачи сообщений MPI" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 268-300
2.1	Библиотека передачи сообщений MPI	26		2	6	-	-	-	-	-	-	-	18	-	
3	Средства распараллеливания OpenMP	24		2	4	-	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в
3.1	Средства распараллеливания OpenMP	24		2	4	-	-	-	-	-	-	-	18	-	

														разделе "Средства распараллеливания OpenMP" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 10-91 [5], стр. 12-94
4	Процессы и потоки. Стандарт POSIX	24	2	4	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Процессы и потоки. Стандарт POSIX" материалу.	
4.1	Процессы и потоки. Стандарт POSIX	24	2	4	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 156-231	
5	Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)	26	2	6	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)" материалу.	
5.1	Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)	26	2	6	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 92-106 [5], стр. 95-108	

6	SIMD расширения в современных процессорах	26	2	6	-	-	-	-	-	-	18	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "SIMD расширения в современных процессорах" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 65-99</p>
6.1	SIMD расширения в современных процессорах	26	2	6	-	-	-	-	-	-	18	-	
7	Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU	26	2	6	-	-	-	-	-	-	18	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 103-144</p>
7.1	Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU	26	2	6	-	-	-	-	-	-	18	-	
8	Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС	12	2	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 47-164</p>
8.1	Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС	12	2	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0	16	32	-	-	2	-	-	0.5	132	33.5	

	Итого за семестр	216.0		16	32	-	2	-	0.5	165.5	
--	-------------------------	--------------	--	-----------	-----------	----------	----------	----------	------------	--------------	--

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Современные концепции и средства параллельного программирования

1.1. Современные концепции и средства параллельного программирования

Современные концепции и средства параллельного программирования. Типы и характеристики параллельных вычислительных систем. Программирование для ЭВМ с общей и распределенной памятью. Процессы и потоки. Цели и базовые примитивы синхронизации. Особенности отладки параллельных приложений.

2. Библиотека передачи сообщений MPI

2.1. Библиотека передачи сообщений MPI

Библиотека передачи сообщений MPI. Основные принципы. Инициализация, процессы, коммутаторы. Двухточечные обмены. Коллективные операции. Барьеры. Определение пользовательских типов. Работа с группами, коммутаторами, топологиями. Работа с файлами. Односторонние коммуникации, механизмы синхронизации при использовании односторонних коммуникаций.

3. Средства распараллеливания OpenMP

3.1. Средства распараллеливания OpenMP

Средства распараллеливания OpenMP. Основные принципы. Базовые способы распараллеливания, распараллеливание циклов. Средства синхронизации.

4. Процессы и потоки. Стандарт POSIX

4.1. Процессы и потоки. Стандарт POSIX

Процессы и потоки. Стандарт POSIX. Потоки POSIX. Создание/завершение потоков. Атрибуты и работа с ними. Средства синхронизации: мьютексы, условные переменные, барьеры, spin-блокировки, блокировки чтения/записи, семафоры.

5. Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)

5.1. Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)

Потоки Си++11. Создание/завершение потоков. Объекты future и promise. Мьютексы, и условные переменные. Атомарные переменные и атомарные операции.

6. SIMD расширения в современных процессорах

6.1. SIMD расширения в современных процессорах

SIMD расширения в современных процессорах. Особенности организации SIMD вычислений в процессорах x86. MMX. SSE. SSE инструкции для вещественной арифметики, целочисленных данных, работы с памятью, сравнений, перестановки. Использование SSE с помощью intrinsic-функций.

7. Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU

7.1. Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU

Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU, Технологии Cuda, OpenCL.

8. Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС

8.1. Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС

Реконфигурируемые процессоры на базе ПЛИС. Подходы к их программированию. HDL-проектирование (Verilog, VHDL). Особенности программирования для реконфигурируемых процессоров на языках высокого уровня (System-C, Handel-C, Mittrion-C).

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Создание GPGPU приложений с помощью OpenCL;
2. Распараллеливание программ с использованием потоков C++, атомарных операций Си++, SIMD расширений процессоров;
3. Распараллеливание программ с использованием MPI, OpenMP и потоков POSIX.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов раздела "Современные концепции и средства параллельного программирования"
2. Обсуждение материалов раздела "Библиотека передачи сообщений MPI"
3. Обсуждение материалов раздела "Средства распараллеливания OpenMP"
4. Обсуждение материалов раздела "Процессы и потоки. Стандарт POSIX"
5. Обсуждение материалов раздела "Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)"
6. Обсуждение материалов раздела "SIMD расширения в современных процессорах"
7. Обсуждение материалов раздела "Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU"
8. Обсуждение материалов раздела "Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Знать:											
современное состояние технологий создания параллельных приложения для универсальных и специализированных ЭВМ	ИД-1 _{ОПК-4}	+									Тестирование/Современные концепции и средства параллельного программирования
характеристики, особенности и возможности использования параллельных вычислительных систем различного типа	ИД-1 _{ОПК-4}								+		Тестирование/Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС
Уметь:											
выбирать адекватные технические и программные средства для эффективной реализации параллельных алгоритмов	ИД-1 _{ОПК-4}		+	+							Лабораторная работа/Распараллеливание программ с использованием MPI, OpenMP и потоков POSIX
оценивать и оптимизировать производительность параллельных программ	ИД-2 _{ОПК-4}						+	+			Лабораторная работа/Создание GPGPU приложений с помощью OpenCL
разрабатывать параллельные программы с помощью различных современных программных средств создания параллельных приложений	ИД-2 _{ОПК-4}				+	+					Лабораторная работа/Распараллеливание программ с использованием потоков C++, атомарных операций Си++, SIMD расширений процессоров

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Распараллеливание программ с использованием потоков C++, атомарных операций Си++, SIMD расширений процессоров (Лабораторная работа)
2. Распараллеливание программ с использованием MPI, OpenMP и потоков POSIX (Лабораторная работа)
3. Создание GPGPU приложений с помощью OpenCL (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС (Тестирование)
2. Современные концепции и средства параллельного программирования (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления: Научное издание : Учебное пособие для вузов по направлению 510200 - Прикладная математика и информатика / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин . – СПб. : БХВ-Петербург, 2002 . – 608 с. - ISBN 5-941571-60-7 .;
2. Левин, М. П. Параллельное программирование с использованием OpenMP : учебное пособие / М. П. Левин . – М. : Интернет-Ун-т информ. технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 . – 118 с. – (Основы информационных технологий) . - ISBN 978-5-94774-857-4 .;
3. Богачев, К. Ю. Основы параллельного программирования / К. Ю. Богачев . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 . – 342 с. – (Технический университет) . - ISBN 978-5-94774-037-0 .;
4. Тарасов, И. Е. Разработка цифровых устройств на основе ПЛИС Xilinx с применением языка VHDL / И. Е. Тарасов . – М. : Горячая Линия-Телеком, 2005 . – 252 с. - ISBN 5-935172-42-9 .;
5. Левин М. П.- "Параллельное программирование с использованием OpenMP", (2-е изд.), Издательство: "ИНТУИТ", Москва, 2016 - (133 с.)
<https://e.lanbook.com/book/100358>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. Visual Studio;
5. MPI;
6. CUDA;
7. Pthreads-win32;
8. ОС Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-710а, Учебная аудитория каф. МКМ	стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-712, Учебная лаборатория каф. МКМ	стол учебный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-808, Учебная аудитория	стол учебный, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	М-714, Преподавательская каф. МКМ	рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-713/1, Учебно-научная лаборатория каф. МКМ	рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, книги, учебники, пособия

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Параллельное программирование и параллельные системы

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Современные концепции и средства параллельного программирования (Тестирование)
- КМ-2 Распараллеливание программ с использованием MPI, OpenMP и потоков POSIX (Лабораторная работа)
- КМ-3 Распараллеливание программ с использованием потоков C++, атомарных операций Си++, SIMD расширений процессоров (Лабораторная работа)
- КМ-4 Создание GPGPU приложений с помощью OpenCL (Лабораторная работа)
- КМ-5 Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Современные концепции и средства параллельного программирования						
1.1	Современные концепции и средства параллельного программирования		+				
2	Библиотека передачи сообщений MPI						
2.1	Библиотека передачи сообщений MPI			+			
3	Средства распараллеливания OpenMP						
3.1	Средства распараллеливания OpenMP			+			
4	Процессы и потоки. Стандарт POSIX						
4.1	Процессы и потоки. Стандарт POSIX				+		
5	Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)						
5.1	Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)				+		
6	SIMD расширения в современных процессорах						
6.1	SIMD расширения в современных процессорах					+	
7	Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU						

7.1	Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU				+	
8	Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС					
8.1	Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС					+
Вес КМ, %:		10	40	30	10	10