

**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 моделирование**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Параллельное программирование и параллельные системы**

**Москва  
2021**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

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)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

ИД-1 Выбирает и применяет современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ИД-2 Выбирает и применяет современные инструментальные средства для решения прикладных задач

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	14	16
Современные концепции и средства параллельного программирования						
Современные концепции и средства параллельного программирования		+				
Библиотека передачи сообщений MPI						
Библиотека передачи сообщений MPI			+			
Средства распараллеливания OpenMP						

Средства распараллеливания OpenMP		+			
Процессы и потоки. Стандарт POSIX					
Процессы и потоки. Стандарт POSIX			+		
Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)					
Потоки, средства синхронизации и атомарные операции в языке Си++ (C++11)			+		
SIMD расширения в современных процессорах					
SIMD расширения в современных процессорах				+	
Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU					
Программирование для массивно-параллельных процессоров. GPGPU				+	
Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС					
Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС					+
Вес КМ:	10	40	30	10	10

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-4	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> 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	Современные концепции и средства параллельного программирования (Тестирование) Распараллеливание программ с использованием MPI, OpenMP и потоков POSIX (Лабораторная работа) Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС (Тестирование)
ОПК-4	ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Выбирает и применяет современные инструментальные средства для решения прикладных задач	Уметь: разрабатывать параллельные программы с помощью различных современных программных средств	Распараллеливание программ с использованием потоков C++, атомарных операций Си++, SIMD расширений процессоров (Лабораторная работа) Создание GPGPU приложений с помощью OpenCL (Лабораторная работа)

		создания параллельных приложений оценивать и оптимизировать производительность параллельных программ	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Современные концепции и средства параллельного программирования

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование проводится по вариантам. Работа содержит 6 вопросов на 5 минут

#### Краткое содержание задания:

Тестирование ориентировано на проверку знания современного состояния технологий создания параллельных приложения для универсальных и специализированных ЭВМ

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: современное состояние технологий создания параллельных приложения для универсальных и специализированных ЭВМ	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Типы параллельных вычислительных систем</li><li>2.Типы параллелизма</li><li>3.Типы технологий параллельного программирования</li><li>4.Основные различия процессов и потоков</li><li>5.Базовые примитивы синхронизации ветвей параллельной программы</li><li>6.Особенности (сложности) отладки параллельных программ</li></ol>
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если даны правильные ответы на все вопросы теста.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если даны правильные ответы на 5 вопросов теста без существенных погрешностей.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если даны правильные ответы на 4 вопроса теста без существенных погрешностей.

### КМ-2. Распараллеливание программ с использованием MPI, OpenMP и потоков POSIX

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится путем демонстрации выполнения разработанных программ.

#### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа ориентирована на проверку умения выбирать адекватные технические и программные средства для эффективной реализации параллельных алгоритмов

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выбирать адекватные технические и программные средства для эффективной реализации параллельных алгоритмов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Напишите функцию пересылки целого числа с помощью коммуникаций точка-точка библиотеки MPI.</li> <li>2. Напишите функцию рассылки массива вещественных чисел с помощью коллективной операции библиотеки MPI.</li> <li>3. Напишите функцию сложения двух векторов (большой длины) распараллеленную с помощью технологии OpenMP.</li> <li>4. Напишите функцию вычисления скалярного произведения двух векторов (большой длины) распараллеленную с помощью потоков POSIX.</li> </ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания: Все разработанные программы работают корректно и демонстрируют ускорение при увеличении степени распараллеливания.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Одна из разработанных программ работает некорректно или не демонстрирует ускорение при увеличении степени распараллеливания.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Две из разработанных программ работают некорректно или не демонстрирует ускорение при увеличении степени распараллеливания.*

**КМ-3. Распараллеливание программ с использованием потоков C++, атомарных операций Си++, SIMD расширений процессоров**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится путем демонстрации выполнения разработанных программ.

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа ориентирована на проверку умения разрабатывать параллельные программы с помощью различных современных программных средств создания параллельных приложений

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: разрабатывать параллельные программы с помощью различных современных программных</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Напишите функцию сложения двух векторов (большой длины) распараллеленную с помощью потоков C++</li> <li>2. Реализуйте примитив синхронизации mutex с</li> </ol>
--	---

средств создания параллельных приложений	помощью атомарных операций C++ 3.Напишите функцию вычисления скалярного произведения двух векторов(большой длины) распараллеленную с помощью intrinsic функций SSE
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* Все разработанные программы работают корректно и демонстрируют ускорение при увеличении степени распараллеливания.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Одна из разработанных программ не демонстрирует ускорение при увеличении степени распараллеливания.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Одна из разработанных программ работает некорректно или две программы не демонстрируют ускорение при увеличении степени распараллеливания.

**КМ-4. Создание GPGPU приложений с помощью OpenCL**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится путем демонстрации выполнения разработанных программ.

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа ориентирована на проверку умения оценивать и оптимизировать производительность параллельных программ

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: оценивать и оптимизировать производительность параллельных программ	1.Напишите функцию, оценивающую время выполнения процедуры сложения двух векторов (большой длины) распараллеленную с помощью OpenCL 2.Напишите оптимизированную функцию умножения двух вещественных матриц, использующую локальную память графического процессора 3.Сравните быстродействие реализации любой матрично-векторной операции на OpenCL, при выполнении на универсальном и графическом процессоре
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* Все разработанные программы работают корректно и демонстрируют ускорение при увеличении степени распараллеливания.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Одна из разработанных программ не демонстрирует ускорение при увеличении степени распараллеливания.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Одна из разработанных программ работает некорректно или две программы не демонстрируют ускорение при увеличении степени распараллеливания.

### КМ-5. Программирование реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование проводится по вариантам. Работа содержит 6 вопросов на 5 минут

**Краткое содержание задания:**

Тестирование ориентировано на проверку знания характеристик, особенностей и возможности использования параллельных вычислительных систем различного типа

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: характеристики, особенности и возможности использования параллельных вычислительных систем различного типа	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Разновидности реконфигурируемых микросхем</li><li>2.Основные элементы реконфигурируемых микросхем типа FPGA</li><li>3.Разновидности программных средств для разработки конфигураций FPGA</li><li>4.Основные особенности языков описания аппаратуры RTL-уровня</li><li>5.Основные особенности высокоуровневых средств разработки для ПЛИС</li><li>6.Основные стадии трансляции проекта для ПЛИС (и для заказной СБИС)</li></ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если даны правильные ответы на все вопросы теста.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если даны правильные ответы на 5 вопросов теста без существенных погрешностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если даны правильные ответы на 4 вопроса теста без существенных погрешностей.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. MPI. Обмен данными.
2. Потоки C++11. Основные принципы.
3. Используя intrinsic-функции SSE/AVX, реализовать вычисление скалярного произведения вещественных векторов (большой длины).

### Процедура проведения

Экзамен проводится в письменно-устной форме по билетам, содержащим 2 теоретических вопроса и практическую задачу. На подготовку ответа дается 60 минут. Кроме ответа на вопросы билета, студент должен ответить на дополнительные вопросы.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-4</sub> Выбирает и применяет современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

1. Классификация современных средств параллельного программирования.
2. MPI. Основные принципы.
3. MPI. Обмен данными.
4. OpenMP. Основные принципы.
5. OpenMP. Средства синхронизации.
6. Потоки POSIX. Основные принципы.
7. Потоки C++11. Основные принципы.
8. SSE/AVX инструкции в современных процессорах x86.
9. GPGPU. Язык программирования и библиотека OpenCL.
10. Реконфигурируемые процессоры на базе ПЛИС. Особенности их программирования.
11. Выбрать подходящую технологию распараллеливания и реализовать операцию умножения матриц размером 1000x1000 вещественных элементов.
12. Выбрать подходящую технологию распараллеливания и реализовать операцию умножения матриц размером 100000x100000 вещественных элементов.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В MPI порождение параллельных ветвей программы производится:

Ответы:

1. Вызовом функции MPI\_Init
2. Указанием числа запускаемых процессов параметром утилиты mpixes
3. Вызовом функции MPI\_Comm\_create
4. Всеми перечисленными способами

Верный ответ: 2. Указанием числа запускаемых процессов параметром утилиты mpixes

2. В технологии OpenMP распараллеливание программы производится:

Ответы:

1. С помощью функции omp\_in\_parallel

2. Автоматически, при указании параметра параметра компилятора -fopenmp
3. С помощью специальных директив #pragma omp
4. Всеми перечисленными способами

Верный ответ: 3. С помощью специальных директив #pragma omp

3. Технологии GPGPU предназначены для

Ответы:

1. Решения систем линейных уравнений
2. Выполнения универсальных вычислений на графических процессорах
3. Майнинга криптовалюты
4. Численного решения задач математической физики

Верный ответ: 1. Решения систем линейных уравнений 2. Выполнения универсальных вычислений на графических процессорах 3. Майнинга криптовалюты 4. Численного решения задач математической физики

4. ПЛИС это:

Ответы:

1. Параллельная логическая исполнительная система
2. Программируемая логическая интегральная схема
3. Прикладной логистический испытательный стенд

Верный ответ: 2. Программируемая логическая интегральная схема

5. Создание конфигураций ПЛИС производится:

Ответы:

1. С помощью языка Оссат
2. С помощью языков HDL
3. С помощью библиотеки MPI

Верный ответ: 2. С помощью языков HDL

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Выбирает и применяет современные инструментальные средства для решения прикладных задач

### Вопросы, задания

1. Реализовать с помощью MPI программу умножения матрицы на вектор и оценить увеличение быстродействия при увеличении числа параллельных ветвей программы.
2. Оптимизировать реализацию матричного умножения на OpenCL с помощью использования локальной памяти графического процессора и оценить полученное ускорение.
3. Используя intrinsic-функции SSE/AVX, разработать программу вычисления скалярного произведения вещественных векторов (большой длины).
4. Используя директивы распараллеливания OpenMP, разработать программу нахождения максимального элемента в массиве целых чисел (большой длины).

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие функции MPI относятся к коллективным операциям:

Ответы:

1. MPI\_Bcast
2. MPI\_Sendrecv
3. MPI\_Reduce
4. MPI\_Put
5. MPI\_Barrier
6. MPI\_Abort

Верный ответ: 1. MPI\_Bcast 3. MPI\_Reduce 5. MPI\_Barrier

2. Принудительное завершение другого потока в стандарте POSIX выполняется с помощью:

Ответы:

1. pthread\_terminate
2. pthread\_join
3. pthread\_cancel
4. pthread\_exit

Верный ответ: 3. pthread\_cancel

3. Порождение потока в стандарте Си++11-Си++20 производится созданием экземпляра класса:

Ответы:

1. std::async
2. std::thread
3. std::future
4. std::packaged\_task

Верный ответ: 2. std::thread

4. Сложение двух векторов вещественных чисел одинарной точности производится с помощью intrinsic-функции SSE

Ответы:

1. \_mm\_sum\_ps
2. \_mm\_add\_ps
3. \_mm\_plus\_ps
4. \_mm\_add\_epi64

Верный ответ: 2. \_mm\_add\_ps

5. Вычитание двух векторов вещественных чисел одинарной точности производится с помощью intrinsic-функции AVX

Ответы:

1. \_mm\_min\_ps
2. \_mm256\_sub\_ps
3. \_mm256\_div\_epi32
4. \_mm\_sub\_epi32

Верный ответ: 2. \_mm256\_sub\_ps

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета, и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил самостоятельно практическое задание из экзаменационного билета, но либо выполнил его с

незначительными погрешностями после пояснений по ходу решения экзаменатором, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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