

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

---

Направление подготовки/специальность: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ**  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	2 семестр - 32 часа;
<b>Консультации</b>	2 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 93,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Лабораторная работа Тестирование	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	2 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Филатов А.В.
	Идентификатор	R48fdeb40-FilatovAV-93eea018

А.В. Филатов


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Гольцов А.Г.
	Идентификатор	R64210572-GoltsovAG-cebbd3e8

А.Г. Гольцов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Вишняков С.В.
	Идентификатор	R35b26072-VishniakovSV-02810d9

С.В. Вишняков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** заключается в приобретении знаний и навыков в области разработки эффективного программного обеспечения для систем, рассчитанных на повышенную производительность вычислений. К последним относятся как сами высокопроизводительные вычислительные системы, так и системы с обычной производительностью, но снабженные дополнительным оборудованием (ускорителями) для ускорения выполнения особо трудоёмких фрагментов прикладных программ

### Задачи дисциплины

- приобрести знания и навыки в области разработки программного обеспечения для систем, рассчитанных на повышенную производительность вычислений;
- узнать, какие аппаратные и программные средства для ускорения вычислений существуют на сегодняшний день и могут появиться в будущем;
- научиться создавать эффективные вычислительные прикладные программы для современных аппаратных ускорителей.

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
ПК-1 Способен осуществлять проектирование вычислительных комплексов и систем, включая разработку аппаратного, программного обеспечения, системную интеграцию, ввод в эксплуатацию	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов проектирования ЭВМ, микропроцессорных систем и вычислительных систем	знать: - способы взаимодействия процессов; - устройство GPU ускорителей вычислений с технологией CUDA; - методы решения практических задач на параллельных системах и GPU.  уметь: - адаптировать программы под гетерогенную среду.
ПК-1 Способен осуществлять проектирование вычислительных комплексов и систем, включая разработку аппаратного, программного обеспечения, системную интеграцию, ввод в эксплуатацию	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Осуществляет разработку аппаратных и программных средств различного назначения в соответствии с техническим заданием	знать: - методы решения численных математических задач на параллельных системах и GPU.  уметь: - создавать системы взаимодействующих процессов.
РПК-1 Способен осуществлять техническое руководство проектно-исследовательскими работами при проектировании информационных и вычислительных	ИД-2 <sub>РПК-1</sub> Предлагает и обосновывает перспективные технические решения в области проектирования вычислительных комплексов, систем и сетей	знать: - технологию программирования CUDA; - технологию программирования OpenCL.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
комплексов, систем и сетей		

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Вычислительные машины, комплексы, системы и сети (далее – ОПОП), направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать программирование параллельных взаимодействующих процессов в рамках дисциплин магистратуры Вычислительны системы и Мультизадачные операционные системы
- уметь разрабатывать и отлаживать программы с параллельными взаимодействующими процессами

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], ЛР №1 [2], ЛР №1</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> подготовка к выполнению лабораторных работ №1-4</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], ЛР №№ 2-3 [2], ЛР №№ 2-3 [3], - [5], Глава 2</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> подготовка к выполнению лабораторных работ №№5,7</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение</u></b></p>	
1.1	Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем	4		2	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
2	Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA	40		6	12	-	-	-	-	-	-	-	22		-
2.1	Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA	40		6	12	-	-	-	-	-	-	-	22		-
3	Вычислительные алгоритмы на GPU	34		4	12	-	-	-	-	-	-	-	18		-
3.1	Вычислительные алгоритмы на GPU	34	4	12	-	-	-	-	-	-	-	18	-		

													<b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Параллельное программирование вычислительных алгоритмов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Глава 6 [2], JP №4 [4], Глава 2
4	Технология программирования OpenCL	22	2	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> подготовка к выполнению лабораторных работ №6
4.1	Технология программирования OpenCL	22	2	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Технология программирования OpenCL"
5	Управление задачами в распределённых системах	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Управление задачами в распределённых системах"
5.1	Управление задачами в распределённых системах	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>93.5</b>		

**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. Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем

##### 1.1. Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем

Рассматриваются виды системного и прикладного программного обеспечения вычислительных систем. Производится их сравнительный анализ. Осуществляется обзор и сравнительный анализ средств разработки программного обеспечения.

#### 2. Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA

##### 2.1. Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA

Изучение аппаратного обеспечения графических ускорителей Nvidia поддерживающих технологию CUDA. Изучение основ технологии программирования CUDA. Разработка прикладных программ с использованием CUDA.

#### 3. Вычислительные алгоритмы на GPU

##### 3.1. Вычислительные алгоритмы на GPU

Рассматриваются подходы к созданию эффективных параллельных прикладных программ с использованием технологии CUDA для решения прикладных задач.

#### 4. Технология программирования OpenCL

##### 4.1. Технология программирования OpenCL

Краткое знакомство с технологией программирования OpenCL на лекции и более детальное самостоятельное её изучение.

#### 5. Управление задачами в распределённых системах

##### 5.1. Управление задачами в распределённых системах

Управление задачами в распределённых системах включает в себя как системное управление, так управление задачами. Структурная и географическая распределённость систем накладывает особые требования как к самим задачам и программа реализующим их решение, так и к управлению ими. Изучению вопросов управления и посвящён данный раздел.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Разработка параллельных программ для решения линейных уравнений;
2. Разработка приложений для графических ускорителей с использованием технологии OpenCL;
3. Применение графических процессоров для решения задач обработки изображений;
4. Создание программного комплекса и использование механизма сокетов для взаимодействия процессов;
5. Взаимодействие процессов посредством общей разделяемой памяти;
6. Программирование графических процессоров средствами NVIDIA CUDA. Размещение данных в глобальной, разделяемой и константной памяти;
7. Программирование графических процессоров средствами NVIDIA CUDA. Введение

в использование GPU в качестве сопроцессора для ускорения вычислений.

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Параллельное программирование вычислительных алгоритмов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Параллельное программирование вычислительных алгоритмов"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология программирования OpenCL"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология программирования OpenCL"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Управление задачами в распределённых системах"
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Управление задачами в распределённых системах"

### **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	
<b>Знать:</b>							
методы решения практических задач на параллельных системах и GPU	ИД-1ПК-1		+				Лабораторная работа/Защита лабораторных работ №№5-6 Тестирование/Итоговая проверка по теории
устройство GPU ускорителей вычислений с технологией CUDA	ИД-1ПК-1		+				Лабораторная работа/Защита лабораторных работ №№3-4
способы взаимодействия процессов	ИД-1ПК-1	+					Лабораторная работа/Защита лабораторных работ №№1-2
методы решения численных математических задач на параллельных системах и GPU	ИД-3ПК-1			+		+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №7 Тестирование/Итоговая проверка по теории
технологии программирования OpenCL	ИД-2РПК-1				+		Тестирование/Итоговая проверка по теории
технологии программирования CUDA	ИД-2РПК-1		+				Лабораторная работа/Защита лабораторных работ №№3-4 Тестирование/Итоговая проверка по теории
<b>Уметь:</b>							
адаптировать программы под гетерогенную среду	ИД-1ПК-1				+		Лабораторная работа/Защита лабораторных работ №№5-6
создавать системы взаимодействующих процессов	ИД-3ПК-1	+					Лабораторная работа/Защита лабораторных работ №№1-2

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

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №7 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторных работ №№1-2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторных работ №№3-4 (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторных работ №№5-6 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Итоговая проверка по теории (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Кластеры на многоядерных процессорах : учебное пособие по курсам "Вычислительные системы" и "Высокопроизводительные вычислительные системы" по направлению "Информатика и вычислительная техника" / И. И. Ладыгин, А. В. Логинов, А. В. Филатов, С. Г. Яньков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 112 с. - ISBN 978-5-383-00142-4 .;
2. Филатов, А. В. Разработка приложений для высокопроизводительных вычислительных систем : лабораторный практикум по курсу "программное обеспечение высокопроизводительных вычислительных систем" по направлению "Информатика и вычислительная техника" / А. В. Филатов, Д. А. Орлов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 48 с.  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=9190>;
3. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA : учебное пособие для вузов по направлениям 010400 "Прикладная математика и информатика", 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / А. В. Боресков, [и др.], Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова (МГУ) . – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012 . – 336 с. – (Суперкомпьютерное образование) . - ISBN 978-5-211-06340-2 .;
4. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления : Учебное пособие для вузов по направлению 510200 - Прикладная математика и информатика / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин . – СПб. : БХВ-Петербург, 2004 . – 608 с. - ISBN 5-941571-60-7 .;

5. Тоуманнен Б.- "Программирование GPU при помощи Python и CUDA", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2020 - (252 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/179469>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Visual Studio;
6. MPI;
7. CUDA;
8. ОС Linux.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
11. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
12. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
13. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
14. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
15. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
16. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
17. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
18. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
19. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
20. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
21. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
22. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории,	Оснащение
---------------	------------------	-----------

	<b>наименование</b>	
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	3-505, Лекционная аудитория каф. ВМСС	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	3-309, учебно-исследовательская лаборатория аппаратных средств каф. ВМСС	стол, стул, шкаф
	3-316, Учебно-исследовательская лаборатория сетевых технологий каф. ВМСС	стол, стул, шкаф, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	3-316, Учебно-исследовательская лаборатория сетевых технологий каф. ВМСС	стол, стул, шкаф, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	3-601, Класс самостоятельных занятий каф. ВМСС	
Помещения для консультирования	3-503, Кабинет сотрудников каф. ВМСС	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	3-300, Помещение для лабораторного инвентаря каф. ВМСС	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Программное обеспечение высокопроизводительных вычислительных систем

(название дисциплины)

#### 2 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Защита лабораторных работ №№1-2 (Лабораторная работа)
- КМ-2 Защита лабораторных работ №№3-4 (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторных работ №№5-6 (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №7 (Лабораторная работа)
- КМ-5 Итоговая проверка по теории (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	15	15
1	Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем						
1.1	Введение. Виды программного обеспечения вычислительных систем		+				
2	Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA						
2.1	Технология программирования графических ускорителей Nvidia CUDA			+	+		+
3	Вычислительные алгоритмы на GPU						
3.1	Вычислительные алгоритмы на GPU					+	+
4	Технология программирования OpenCL						
4.1	Технология программирования OpenCL				+		+
5	Управление задачами в распределённых системах						
5.1	Управление задачами в распределённых системах					+	+
Вес КМ, %:			20	20	20	15	25