

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики  
*(факультет / институт / филиал)*

УТВЕРЖДЕНО  
решением президиума Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«16» января 2024 г. № 1

**Рабочая программа дисциплины**

**Программирование для гетерогенных вычислительных систем**  
*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования  
**Бакалавриат**  
*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность  
**02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии**  
*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы  
**Инженерия программного обеспечения**  
*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения  
**очная**  
*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижегород

2024 год

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ДВ.04.04 Программирование для гетерогенных вычислительных систем относится к части ООП направления подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
<b>ПК-4:</b> Способен проектировать программное обеспечение	<b>ПК-4.1:</b> Знает типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения <b>ПК-4.2:</b> Знает методы и средства проектирования программного обеспечения <b>ПК-4.3.:</b> Знает методы и средства проектирования баз данных	<i>Знать архитектуру и принципы работы графических процессоров; Знать современные подходы к разработке, анализу и отладке программных систем на GPU.</i>	<i>Тестирование</i>
	<b>ПК-4.4:</b> Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения <b>ПК-4.5:</b> Умеет применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных	<i>Уметь оценивать целесообразность применения графического процессора для решения конкретных прикладных задач; Уметь проектировать, разрабатывать и реализовывать программное обеспечение для графических процессоров; Уметь пользоваться навыками и методиками анализа и оптимизации производительности приложений на GPU</i>	<i>Собеседование Задача</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
<b>в том числе</b>	
<b>контактная работа:</b>	<b>33</b>
- занятия лекционного типа	<b>16</b>
- занятия лабораторного типа	<b>16</b>
- текущий контроль (КСР)	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа работы	Всего	
Введение в вычисления общего назначения на GPU	21	3		3	6	9
Введение в архитектуру GPU	18	3		3	6	6
Язык CUDA C	18	3		3	6	6
Оптимизация приложений на CUDA	18	3		3	6	6
Использование стандартных библиотек CUDA	16	2		2	4	6
Программирование с использованием технологии OpenCL	16	2		2	4	6

Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация –зачет						
Итого	72	16		16	33	39

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лабораторного типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

##### Виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Программирование для гетерогенных вычислительных систем» включает в себя проработку материалов лекционных занятий и подготовку к зачету.

Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, указанным в списке литературы, решении практических задач, подготовке ответов на вопросы самоконтроля. Самостоятельная работа может происходить как в читальном зале библиотеки, так и в домашних условиях.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозмож-	При решении стандартных задач не продемонстрир	Продемонстрированы основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения,	Продемонстрированы все основные умения,

	ность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего- ся от ответа	ированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	решены все основные задачи с отдельными несущест- венным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможнос- ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего- ся от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр- ированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонст- рированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри- рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр- ированы навыки при решении нестандартн- ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр- ирован творческий подход к решению нестандартн- ых задач.

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Гетерогенные вычисления. Типы ускорителей для гетерогенных вычислений.	ПК-4
2. Методы и технологии для программирования на графических процессорах.	ПК-4
3. Архитектура графических процессоров от NVidia. Общее описание.	ПК-4
4. Иерархия памяти графических процессоров.	ПК-4
5. Технология CUDA. Host API.	ПК-4
6. Технология CUDA. Программирование на стороне GPU.	ПК-4
7. Технология CUDA. Иерархия памяти.	ПК-4
8. Подходы к оптимизации приложений на CUDA.	ПК-4
9. Оптимальные шаблоны доступа к памяти на GPU (разделяемой и глобальной).	ПК-4
10. Библиотека cuBLAS.	ПК-4
11. Библиотека cuFFT.	ПК-4
12. Библиотека cuRAND.	ПК-4
13. Библиотека cuSPARSE.	ПК-4
14. Технология OpenCL. Host API.	ПК-4
15. Технология OpenCL. Программирование на стороне GPU.	ПК-4
16. Технология OpenCL. Иерархия памяти.	ПК-4

### 5.2.2 Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-4

Выполнить реализацию алгоритма решения задачи на GPU с использованием технологии CUDA (либо OpenCL):

1. Скалярное умножение векторов;
2. Умножение матрицы на вектор;
3. Простое умножение матриц;
4. Блочное умножение матриц;
5. Численное вычисление интеграла методом прямоугольников;
6. Численное вычисление интеграла методом трапеций;
7. Численное вычисление интеграла методом Монте-Карло;
8. Решение системы линейных уравнений методом Якоби;
9. Решение системы линейных уравнений методом Зейделя;

10. Решение системы линейных уравнений методом верхней релаксации;  
Проверить корректность результатов. Сравнить время работы алгоритма на GPU со времени работы на центральном процессоре.

## **5.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4**

1. RAM память современных графических процессоров:
  - a. Размещена отдельно от основной памяти CPU
  - b. Совмещена с RAM памятью CPU
  - c. Возможны оба варианта
2. Современные графические процессоры в сравнении с центральными процессорами характеризуются:
  - a. Большим объемом кэш памяти на ядро и большим объемом управляющей логики на кристалле GPU
  - b. Малым объемом кэш памяти на ядро и большим объемом управляющей логики на кристалле GPU
  - c. Малым объемом кэш памяти на ядро и малым объемом управляющей логики на кристалле GPU
  - d. Большим объемом кэш памяти на ядро и малым объемом управляющей логики на кристалле GPU

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Боресков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA. –М.: ДМК Пресс, 2010. -232 с. <https://e.lanbook.com/book/1260>
2. Сандерс Дж., Кэндрот Э. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров. - М.: ДМК Пресс, 2011. -232 с. <https://e.lanbook.com/book/3029>

### **б) дополнительная литература**

3. Боресков А.В., Харламов А.А., Марковский Н.Д., Микушин Д.Н. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA. –М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2015. 336 с. <https://e.lanbook.com/book/73095>
4. Рутш Г., Фатика М. CUDA Fortran для инженеров и научных работников. Рекомендации по эффективному программированию на языке CUDA Fortran. –М.: ДМК Пресс, 2014. 364 с. <https://e.lanbook.com/book/58702>

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. Программное обеспечение CUDA - <https://developer.nvidia.com/cuda-downloads>  
(Свободное ПО)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: операционная система Windows (лицензия), Microsoft Visual Studio (лицензия), CUDA Toolkit: <https://developer.nvidia.com/cuda-downloads> (свободно распространяемое ПО, лицензия: <http://docs.nvidia.com/cuda/eula/index.html>).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 02.03.02  
Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор:

к.т.н. \_\_\_\_\_ Горшков А.В.