

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 Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины**

Программирование для графических  
процессоров

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**090304 Программная инженерия**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Разработка программно-информационных систем**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.24 Программирование для графических процессоров</i> относится к части ООП направления подготовки <b>09.03.04 Программная инженерия</b> , 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	
ПК-11.: Способен осуществлять анализ, разработку требований к системе и проектировать программное обеспечение, применяя современные методы и технологии разработки	ПК-11.1. Знает методы планирования проектных работ, основные принципы проектирования ПО, типы и атрибуты требований к системе	<i>Знать архитектуру и принципы работы графических процессоров;</i>  <i>Знать современные подходы к разработке, анализу и отладке программных систем на GPU.</i>	<i>Собеседование</i> <i>Тестирование</i>
	ПК-11.3. Умеет планировать проектные работы и выбирать методики разработки требований к системе.	<i>Уметь оценивать целесообразность применения графического процессора для решения конкретных прикладных задач;</i>  <i>Уметь проектировать, разрабатывать и реализовывать программное обеспечение для графических процессоров;</i>  <i>Уметь пользоваться навыками и методиками анализа и оптимизации производительности приложений на GPU</i>	<i>Собеседование</i> <i>Практические задания</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>контактная работа:</b>	<b>49</b>
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСР)	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>59</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	15	3	6		9	6
Введение в архитектуру GPU	15	3	6		9	6
Язык CUDA C	15	3	6		9	6
Оптимизация приложений на CUDA	18	3	6		9	9
Использование стандартных библиотек CUDA	22	2	4		6	16
Программирование с использованием технологии OpenCL	22	2	4		6	16
Текущий контроль (КСР)	1				1	

Промежуточная аттестация –зачет						
Итого	108	16	32		49	59

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает:

Техническое задание на проектирование робота. Выполнение реализации алгоритма решения задачи на GPU с использованием технологии CUDA (либо OpenCL) в соответствии с задачей.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 10 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: проектирование программно-аппаратных средств в соответствии с техническим заданием; применение современных инструментальных средств при разработке программного обеспечения;
- компетенций – ПК-11.

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

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

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Программирование для графических процессоров» 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.

Самостоятельная работа под контролем преподавателя направлена на активизацию познавательной деятельности студента и установление «обратной связи» между студентом и преподавателем.

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

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс (Программирование на новых архитектурах, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6048>), созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

#### **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. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных 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-11
2. Методы и технологии для программирования на графических процессорах.	ПК-11
3. Архитектура графических процессоров от NVidia. Общее описание.	ПК-11
4. Иерархия памяти графических процессоров.	ПК-11
5. Технология CUDA. Host API.	ПК-11
6. Технология CUDA. Программирование на стороне GPU.	ПК-11
7. Технология CUDA. Иерархия памяти.	ПК-11
8. Подходы к оптимизации приложений на CUDA.	ПК-11
9. Оптимальные шаблоны доступа к памяти на GPU (разделяемой и глобальной).	ПК-11
10. Библиотека cuBLAS.	ПК-11
11. Библиотека cuFFT.	ПК-11
12. Библиотека cuRAND.	ПК-11

13. Библиотека cuSPARSE.	ПК-11
14. Технология OpenCL. Host API.	ПК-11
15. Технология OpenCL. Программирование на стороне GPU.	ПК-11
16. Технология OpenCL. Иерархия памяти.	ПК-11

### 5.2.2 Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-3

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-11

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>

3. Параллельные вычисления. Технологии и численные методы: учеб. пособие : в 4 т./Гергель В. П., Баркалов К. А., Мееров И. Б., Сысоев А. В., Бастратов С. И. - Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2013. (более 50 экз.)

б) дополнительная литература

1. 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>
2. 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>
3. Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, mpi, cuda : учебное пособие для академического бакалавриата / А. А. Малявко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 115 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02916-1. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/46BBEB77-8697-4FF5-BE49-711BB1388D50](http://www.biblio-online.ru/book/46BBEB77-8697-4FF5-BE49-711BB1388D50).
4. Учебный курс «Многоядерные процессоры» - <http://www.intuit.ru/studies/courses/622/478/info>
5. Учебный курс «Теория и практика параллельных вычислений» - <http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>
6. Рыбальченко, М. В. Архитектура информационных систем : учебное пособие для вузов / М. В. Рыбальченко. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 91 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-01159-3. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/453CB056-891F-4425-B0A2-78FFB780C1F1](http://www.biblio-online.ru/book/453CB056-891F-4425-B0A2-78FFB780C1F1).

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Программное обеспечение CUDA - <https://developer.nvidia.com/cuda-downloads>
2. Параллельные вычисления CUD - <http://www.nvidia.ru/object/cuda-parallel-computing-ru.html>
3. NVidia Corporation. Вводный обучающий курс по CUDA - [http://www.nvidia.ru/object/cuda\\_state\\_university\\_courses\\_new\\_ru.html](http://www.nvidia.ru/object/cuda_state_university_courses_new_ru.html)
4. NVidia Corporation. Базовый курс по CUDA и OpenACC - <http://www.nvidia.ru/object/cuda-openacc-online-course-ru.html>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

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 **09.03.04 Программная инженерия.**

Автор:

ст. преподаватель каф. математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий,  
к.т.н. \_\_\_\_\_ Горшков А.В.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий,

д.ф-м.н. \_\_\_\_\_Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики  
от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.