

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 27.08.2025

Рабочая программа дисциплины

Программирование для графических процессоров

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Системное программирование

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01 Программирование для графических процессоров относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-4: Способен проектировать программное обеспечение	<p>ПК-4.1: Выполняет формализацию и алгоритмизацию поставленных задач для разработки программного кода</p> <p>ПК-4.2: Формализует задачу ИТ отрасли в язык естественнонаучных дисциплин</p> <p>ПК-4.4: Разрабатывает программный код с использованием языков программирования</p>	<p>ПК-4.1:</p> <p>ПК-4.1. 3-1. Знает алгоритмы решения типичных задач, области и способы их применения.</p> <p>ПК-4.1. 3-2. Знает нотации и программное обеспечение для графического отображения алгоритмов.</p> <p>ПК-4.1. 3-3. Знает методы и приемы алгоритмизации поставленных задач.</p> <p>ПК-4.1. У-1. Умеет использовать методы и приемы формализации и алгоритмизации поставленных задач.</p> <p>ПК-4.1. У-2. Умеет применять алгоритмы решения типовых задач в соответствующих областях.</p> <p>ПК-4.2:</p> <p>ПК-4.2. 3-1. Знает основные разделы математики, применяемые для анализа и моделирования непрерывных процессов и дискретных систем в прикладных задачах.</p> <p>ПК-4.2. У-1. Умеет выбирать адекватный математический аппарат для формализованного описания сущностей и отношений на основе ТЗ и бизнес-требований.</p>	Задания	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Тест</p>

		<p>ПК-4.2. В-1. Владеет навыками описания задач предметной области в виде формальных математических моделей, пригодных для последующей алгоритмизации и программной реализации.</p> <p>ПК-4.4:</p> <p>ПК-4.3. З-1. Знает основные классы методов программной реализации моделей и критерии выбора алгоритмов</p> <p>ПК-4.3. У-1. Умеет проводить сравнительный анализ и обоснование выбора алгоритмов для программной реализации модели.</p> <p>ПК-4.3. В-1. Владеет методами адаптации методов и алгоритмов под специфику задачи.</p> <p>ПК-4.3. В-2. Владеет навыками оценки эффективности выбранных алгоритмов.</p>		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	23
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Введение в вычисления общего назначения на GPU	11	3	6	9	2
Введение в архитектуру GPU	12	3	6	9	3
Язык CUDA C	12	3	6	9	3
Оптимизация приложений на CUDA	14	3	6	9	5
Использование стандартных библиотек CUDA	11	2	4	6	5
Программирование с использованием технологии OpenCL	11	2	4	6	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	32	49	23

Содержание разделов и тем дисциплины

Цели и задачи изучения дисциплины.

Целью освоения дисциплины «Программирование для графических процессоров» является систематическое изучение следующих аспектов:

- краткие сведения о существующих инструментах и подходах к программированию графических процессоров (GPU);
- краткие сведения об архитектуре современных графических процессоров;
- модели исполнения программ на GPU;
- общие вопросы создания программ для выполнения на графических процессорах с использованием технологий CUDA и OpenCL;
- различные подходы к оптимизации программ для графических процессоров;
- существующие оптимизированные библиотеки для графических процессоров.

1. Введение в вычисления общего назначения на GPU
2. Введение в архитектуру GPU
3. Язык CUDA C
4. Оптимизация приложений на CUDA
5. Использование стандартных библиотек CUDA
6. Программирование с использованием технологии OpenCL

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Программирование на новых архитектурах, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6048>.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Выполнить реализацию алгоритма решения задачи с использованием языка SYCL:

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;

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Гетерогенные вычисления. Типы ускорителей для гетерогенных вычислений.
2. Методы и технологии для программирования на графических процессорах.
3. Архитектура графических процессоров от NVidia. Общее описание.
4. Иерархия памяти графических процессоров.
5. Архитектура центральных процессоров. Общее описание.
6. Сравнение архитектур CPU и GPU. Основные различия.
7. Технология oneAPI и DPC++. Основные принципы и инструменты.
8. Язык SYCL. Особенности и архитектура компилятора
9. Язык SYCL. Модель исполнения.
10. Язык SYCL. Модель памяти. Типы памяти.
11. Язык SYCL. Buffers & Accessors.
12. Язык SYCL. Разделяемая память.
13. Подходы к оптимизации приложений на языке SYCL.
14. Язык SYCL. Подгруппы.
15. Векторизация в языке SYCL.
16. Стандартные библиотеки (oneMKL, oneDAL, oneDNN).

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) 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.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Более 80% правильных ответов в тесте.
не зачтено	Менее 80% правильных ответов в тесте.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Основы работы с технологией CUDA / Боресков А.В., Харламов А.А. - Москва : ДМК-пресс, 2010., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=636496&idb=0>.
2. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров / Сандерс Дж., Кэндрот Э. - Москва : ДМК-пресс, 2011., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647163&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Малявко Александр Антонович. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : Учебное пособие для академического бакалавриата / Малявко А. А. - 2-е

- изд. - Москва : Юрайт, 2019. - 116 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-09825-9 : 239.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=590970&idb=0>.
2. Многоядерные процессоры / Калачев А.В. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662986&idb=0>.
3. Теория и практика параллельных вычислений / Гергель В.П. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663423&idb=0>.
4. Рыбальченко Михаил Викторович. Архитектура информационных систем : Учебное пособие для вузов / Рыбальченко М. В. - Москва : Юрайт, 2016. - 91 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-9916-9326-4 : 179.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=566682&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

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
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 (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Горшков Антон Валерьевич, кандидат технических наук.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.06.2025, протокол № Протокол №11.