

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)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

_____ В.П. Гергель

«____» _____ 2019

Рабочая программа дисциплины

Программирование на новых
архитектурах-1 (GPU)

_____ *(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)*

Нижний Новгород

2019 год

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
_____ 2019 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2019-2020 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Б1.В.ДВ.06.02

Программирование на новых архитектурах-1 (GPU)

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-2.: Способен проектировать программное обеспечение | ПК-2.1: Знает типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения ПК-2.2: Знает методы и средства проектирования программного обеспечения ПК-2.3.: Знает методы и средства проектирования баз данных | <i>Знать архитектуру и принципы работы графических процессоров;</i> <i>Знать современные подходы к разработке, анализу и отладке программных систем на GPU.</i> | <i>Тестирование</i> |
| | ПК-2.4.: Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного | <i>Уметь оценивать целесообразность применения графического процессора для решения конкретных прикладных задач;</i> <i>Уметь проектировать,</i> | <i>Собеседование Задача</i> |

| | | | |
|--|---|---|--|
| | обеспечения ПК-2.5.: Умеет применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных | <i>разрабатывать и реализовывать программное обеспечение для графических процессоров;</i> <i>Уметь пользоваться навыками и методиками анализа и оптимизации производительности приложений на GPU</i> | |
|--|---|---|--|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | |
|---|-----------------------------|
| | очная форма обучения |
| Общая трудоемкость | 3 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| контактная работа: | 50 |
| - занятия лекционного типа | 16 |
| - занятия лабораторного типа | 32 |
| - текущий контроль (КСР) | 2 |
| самостоятельная работа | 22 |
| Промежуточная аттестация – экзамен | 36 |

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 | 13 | 3 | | 6 | 9 | 4 |
| Введение в архитектуру GPU | 13 | 3 | | 6 | 9 | 4 |
| Язык CUDA C | 13 | 3 | | 6 | 9 | 4 |
| Оптимизация приложений на CUDA | 13 | 3 | | 6 | 9 | 4 |
| Использование стандартных библиотек CUDA | 10 | 2 | | 4 | 6 | 4 |
| Программирование с использованием технологии OpenCL | 8 | 2 | | 4 | 6 | 2 |
| Текущий контроль (КСР) | 2 | | | | 2 | |
| Промежуточная аттестация –экзамен | 36 | | | | | |
| Итого | 108 | 16 | | 32 | 50 | 22 |

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

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Программирование на новых архитектурах – 1 (GPU)» включает в себя проработку материалов лекционных занятий и подготовку к экзамену.

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 | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------|-------------|--------|--------------|---------|-------------|
| | плохо | неудовлетво | удовлетвори | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |

| компетенций (индикатора достижения компетенций) | | нительно | тельно | | | | |
|--|--|--|---|---|--|---|--|
| | 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 ошибки. | 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, 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 несущественным 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-2 |
| 2. Методы и технологии для программирования на графических процессорах. | ПК-2 |
| 3. Архитектура графических процессоров от NVidia. Общее описание. | ПК-2 |
| 4. Иерархия памяти графических процессоров. | ПК-2 |
| 5. Технология CUDA. Host API. | ПК-2 |
| 6. Технология CUDA. Программирование на стороне GPU. | ПК-2 |
| 7. Технология CUDA. Иерархия памяти. | ПК-2 |
| 8. Подходы к оптимизации приложений на CUDA. | ПК-2 |
| 9. Оптимальные шаблоны доступа к памяти на GPU (разделяемой и глобальной). | ПК-2 |
| 10. Библиотека cuBLAS. | ПК-2 |
| 11. Библиотека cuFFT. | ПК-2 |
| 12. Библиотека cuRAND. | ПК-2 |

| | |
|---|------|
| 13. Библиотека cuSPARSE. | ПК-2 |
| 14. Технология OpenCL. Host API. | ПК-2 |
| 15. Технология OpenCL. Программирование на стороне GPU. | ПК-2 |
| 16. Технология OpenCL. Иерархия памяти. | ПК-2 |

5.2.2 Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

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-2

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:

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.