

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» июня 2021 г. № 8

Рабочая программа дисциплины

Программирование на новых
архитектурах

(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

2021 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 на новых архитектурах</i> относится к части ООП направления подготовки 09.03.04 Программная инженерия , 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

| | |
|---|-----------------------------|
| | очная форма обучения |
| Общая трудоемкость | 3 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| контактная работа: | 49 |
| - занятия лекционного типа | 16 |
| - занятия семинарского типа | 32 |
| - текущий контроль (КСР) | 1 |
| самостоятельная работа | 59 |
| Промежуточная аттестация – зачет | |

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 на новых архитектурах» 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 ошибки. | 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.
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.

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
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 2 июня 2021 года, протокол № 8