

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
цифровых технологий



/ Кургалин С.Д.

22.04.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.01 ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

02.04.01 Математика и компьютерные науки

2. Профиль подготовки/специализация:

компьютерные науки и информационные технологии для цифровой экономики

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: цифровых технологий

6. Составители программы:

Борзунов Сергей Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС ФКН (протокол № 5 от 05.03.2024)

8. Учебный год: 2024-2025 Семестр: 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: освоение основных принципов параллельного программирования для графических ускорителей.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомление с основами технологий параллельного программирования CUDA и OpenCL для современных графических ускорителей;
- развитие умения применять новые идеи и технологии для решения сложных вычислительных задач профессиональной деятельности;
- приобретение навыков реализации алгоритмов на графических процессорах.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Факультативная дисциплина. Для успешного освоения дисциплины необходимо предварительное изучение следующих разделов математики и компьютерных наук: математический анализ, линейная алгебра, программирование.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий.	ПК-1.1	Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Знать: архитектуры массивно-параллельных вычислительных систем; основные понятия технологий CUDA и OpenCL.
		ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Уметь: применять модель распараллеливания CUDA и OpenCL для обработки больших объемов цифровых данных.
		ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Владеть: навыком реализации методов численного анализа на параллельных системах и проведения теоретических оценок эффективности полученных параллельных программ.
ПК-2	Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных	ПК-2.1	Знает основные методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программных продуктов и программных комплексов, их	Знать: методы математического и алгоритмического моделирования в области параллельных вычислений.

	технологий, программирования и компьютерной техники		сопровождения, администрирования и развития (эволюции)	
		ПК-2.2	Умеет использовать методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программного продукта	Уметь: выбирать и адаптировать существующие математические методы из области параллельных вычислений для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности.
		ПК-2.3	Имеет практический опыт применения указанных выше методов и технологий	Владеть: навыками квалифицированного выбора и адаптации существующих методов параллельных вычислений.
ПК-3	Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.	ПК-3.1	Владеет современными методами разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования.	Знать: области применения параллельных алгоритмов в прикладных задачах.
		ПК-3.2	Умеет разрабатывать и реализовывать алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования.	Уметь: разрабатывать алгоритмы математических моделей с использованием параллельных вычислений.
		ПК-3.3	Имеет практический опыт разработки и реализации алгоритмов на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования.	Владеть: практическим опытом реализации алгоритмов параллельных вычислений.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации 1 семестр – зачёт.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		1 сем.
Аудиторные занятия	36	36
в том числе:	лекции	18
	практические	18
	лабораторные	
Самостоятельная работа	36	36
Зачёт		
Итого:	72	72

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
1.1	Введение в высокопроизводительные вычисления	Высокопроизводительные вычисления. Основные понятия и определения. Области применения высокопроизводительных вычислений.	
1.2	Архитектура графических процессоров	Архитектура CPU и GPU; программная модель CUDA; программная модель OpenCL; модель памяти GPU.	
1.3	Некоторые методы линейной алгебры и их распараллеливание	Умножение матрицы на вектор; перемножение матриц.	
2. Практические занятия			
2.1	Введение в высокопроизводительные вычисления	Высокопроизводительные вычисления. Основные понятия и определения. Области применения высокопроизводительных вычислений.	
2.2	Архитектура графических процессоров	Архитектура CPU и GPU; программная модель CUDA; программная модель OpenCL; модель памяти GPU.	
2.3	Некоторые методы линейной алгебры и их распараллеливание	Умножение матрицы на вектор; перемножение матриц.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Введение в высокопроизводительные вычисления	4	4		8	16
2	Архитектура графических процессоров	8	8		12	28
3	Некоторые методы линейной алгебры и их распараллеливание	6	6		16	28
	Итого:	18	18		36	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Освоение дисциплины складывается из аудиторной работы (учебной деятельности, выполняемой под руководством преподавателя) и внеаудиторной работы (учебной деятельности, реализуемой обучающимся самостоятельно).

Аудиторная работа состоит из работы на лекциях и выполнения практических (или лабораторных) заданий в объеме, предусмотренном учебным планом. Лекция представляет собой последовательное и систематическое изложение учебного материала, направленное на знакомство обучающихся с основными понятиями и теоретическими положениями изучаемой дисциплины. Лекционные занятия формируют базу для практических (или лабораторных) занятий, на которых полученные теоретические знания применяются для решения конкретных практических задач. Обучающимся для успешного освоения дисциплины рекомендуется вести конспект лекций и практических (лабораторных) занятий.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также конспектов лекций, презентационным материалом (при наличии) и конспектов практических (лабораторных) занятий. В качестве плана для самостоятельной работы может быть использован раздел 13.1 настоящей рабочей программы, в котором зафиксированы разделы дисциплины и их содержание. В разделе 13.2 рабочей программы определяется количество часов, отводимое на самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины. Больше количество часов на самостоятельную работу отводится на наиболее трудные разделы дисциплины. Для самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины используется перечень литературы и других ресурсов, перечисленных в пунктах 15 и 16 настоящей рабочей программы.

Успешность освоения дисциплины определяется систематичностью и глубиной аудиторной и внеаудиторной работы обучающегося.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Стуколов, С. В. Параллельное программирование. Практикум : учебное пособие / С. В. Стуколов. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 273 с. — ISBN 978-5-8353-2723-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173547
2	Борзунов, С.В. Суперкомпьютерные вычисления: практический подход / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин. — СПб. : БХВ, 2019. — 256 с. — (Серия: Учебная литература для вузов). — ISBN 978-5-9909805-2-5. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36628828

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Филатов, А. С. Параллельное программирование : учебное пособие / А. С. Филатов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 46 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/218429
2	Парфенов, Д. В. Параллельные и распределенные вычисления : учебное пособие / Д. В. Парфенов, Д. А. Петрусович. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/265658

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1	ЗНБ ВГУ: https://lib.vsu.ru/
2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online": http://biblioclub.ru/
3	Электронно-библиотечная система "Лань": https://e.lanbook.com/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Стуколов, С. В. Параллельное программирование. Практикум : учебное пособие / С. В. Стуколов. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 273 с. — ISBN 978-5-8353-2723-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173547

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория для лекционных занятий: мультимедиа-проектор, экран для проектора, компьютер с выходом в сеть «Интернет». Специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

Компьютерный класс: специализированная мебель, персональные компьютеры, мультимедийный проектор, экран.

ПО: ОС Windows v.7, 8, 10, Интерпретатор языка CPython, дистрибутив Anaconda, IDE PyCharm, редактор Jupyter.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Разделы 1-3	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3	Доклад
2.	Разделы 1-3	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Доклад
3.	Разделы 1-3	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3	Доклад
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт				Перечень вопросов к зачёту

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих средств: доклад по выбранной тематике.

Примерный перечень тем докладов

1. Классификация архитектур вычислительных систем. Классификация Флинна.
2. Средства параллельного программирования..
3. Модели RAM и PRAM.
4. Условия Бернштейна.
5. Основные директивы OpenMP.

6. Основные методы распараллеливания.
7. Параллельная реализация методов Монте-Карло.
8. Матричные операции в OpenMP.
9. Технология MPI.
10. Использование параллельных технологий для математического описания квантовой системы.
11. Использование параллельных технологий для многомерного дискретного преобразования Фурье.
12. Комплексное одномерное дискретное преобразование Фурье.
13. Комплексное многомерное дискретное преобразование Фурье.
14. Двумерное комплексное дискретное преобразование Фурье с использованием MPI.

Для оценки доклада используются оценки «зачтено» и «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся ориентируется в материале, изложение отличается логичностью и последовательностью. Сообщение имеет исследовательский характер, сделано в научном стиле, используется материал из нескольких авторитетных источников. Использует наглядный материал (презентация). Докладчик уверенно отвечает на дополнительные вопросы.	Пороговый уровень	Зачтено
Обучающийся не ориентируется в материале, изложение неструктурировано, имеются проблемы с формулировкой выводов. Используется материал из одного или двух источников. Докладчик не отвечает на дополнительные вопросы. ИЛИ Доклад не подготовлен.	–	Не зачтено

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по вопросам к зачёту.

Перечень вопросов к зачёту

1. Высокопроизводительные вычисления.
2. Архитектура CPU.
3. Архитектура GPU.
4. Программная модель CUDA.
5. Программная модель OpenCL.
6. Модель памяти GPU.
7. Умножение матрицы на вектор.
8. Перемножение матриц.

Требования к студентам при проведении промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачёте используются оценки: «зачтено» и «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Сформированные знания основных понятий, определений и теорем, изучаемых в курсе, возможно с затруднениями при воспроизведении.	Пороговый уровень	Зачтено
Обучающийся демонстрирует отрывочные знания (либо их отсутствие) основных понятий, определений и теорем, используемых в курсе.	–	Не зачтено