Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 8/1/2025

от 25.08.2025 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Направление подготовки (специальность) [1] 09.03.04 Программная инженерия

| Семестр | Трудоемкость, кред. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | В форме практической подготовки, час. | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 2 | 72 | 16 | 0 | 16 | | 40 | 0 | З |
| Итого | 2 | 72 | 16 | 0 | 16 | 0 | 40 | 0 | |

## АННОТАЦИЯ

В курсе излагаются способы эффективной реализации классических параллельных алгоритмов на видеокарте и оценке времени их работы: решение систем линейных уравнений, умножение матриц, параллельная редукция, частичная (префиксная) сумма, сортировка и фильтрация, объясняется принцип работы видеокарт, их отличие от центрального процессора, а также особенности работы с видеопамятью.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются освоение архитектуры и принципов работы видеокарт, особенностей работы с видеопамятью и эффективной реализации параллельных алгоритмов, знакомство с библиотеками NVIDIA CUDA и их использование как готового инструмента практической работы при проектировании и разработке систем математической обработке большого количества данных технических, экономических и других задач, а также освоение студентами основных принципов параллельного программирования с использованием Windows API.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Изучение дисциплины базируется на следующих прослушанных ранее курсах: математический анализ, теория вероятностей, линейная алгебра и теория функций комплексного переменного, практикум на ЭВМ. Основные положения данного учебного курса должны / могут быть использованы при изучении дисциплин: методы оптимизации, численные методы, методы решения некорректных задач, теория вероятности и математическая статистика, математические методы принятия решений, исследование операций, математическая физика и т.д. Также, полученные умения, навыки и знания необходимы для успешного выполнения научно–исследовательской работы.

## 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| **Код и наименование компетенции** | **Код и наименование индикатора достижения компетенции** |
|---|---|
| ОПК-1 [1] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности | З-ОПК-1 [1] – Знать основные объекты дискретной математики и методы их описания и исследований; проблемы алгоритмической разрешимости задач и эффективной вычислимости чисел.<br>У-ОПК-1 [1] – Уметь решать основные задачи математической логики; однозначно задавать объекты дискретной математики, приводить их к стандартным формам, выполнять эквивалентные преобразования; определять сложности алгоритмов, применение прямых и косвенных доказательств теорем, определение принадлежности функций к соответствующим классам |

| | |
|---|---|
| | В-ОПК-1 [1] – Владеть методами математической логики для решения задач формализации, анализа и синтеза логических схем, для нахождения инвариантов циклических и условных конструкций в информатике, для выполнения эквивалентных преобразований; методами применения логического подхода к решению сложных задач с помощью их декомпозиции. |
| ОПК-6 [1] – Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов | З-ОПК-6 [1] – Знать основы информатики и программирования<br>У-ОПК-6 [1] – Уметь разрабатывать алгоритмы и программы; проектировать, конструировать и тестировать программные продукты<br>В-ОПК-6 [1] – Владеть основами информатики и программирования |
| ОПК-7 [1] – Способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой | З-ОПК-7 [1] – Знать основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой<br>У-ОПК-7 [1] – Уметь применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой<br>В-ОПК-7 [1] – Владеть основными концепциями и принципами, связанными с информатикой |
| УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах | З-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи<br>В-УКЕ-1 [1] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами |

## 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| **Направления/цели воспитания** | **Задачи воспитания (код)** |
|---|---|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18) |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры |

| | |
|---|---|
| | поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19) |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование профессионально значимых установок: не производить, не копировать и не использовать программные и технические средства, не приобретённые на законных основаниях; не нарушать признанные нормы авторского права; не нарушать тайны передачи сообщений, не практиковать вскрытие информационных систем и сетей передачи данных; соблюдать конфиденциальность доверенной информации (В40) |

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *7 Семестр* | | | | | | |
| 1 | Первый раздел | 1-8 | 8/0/8 | | 25 | КИ-8 | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, З-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1 |
| 2 | Второй раздел | 9-16 | 8/0/8 | | 25 | КИ-16 | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, З-ОПК-7, У-ОПК-7, |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | В-ОПК-7, З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1 |
| | *Итого за 7 Семестр* | | 16/0/16 | | 50 | | |
| | **Контрольные мероприятия за 7 Семестр** | | | | 50 | 3 | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, З-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1 |

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| **Обозначение** | **Полное наименование** |
|---|---|
| КИ | Контроль по итогам |
| З | Зачет |

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|---|---|---|---|---|
| | *7 Семестр* | 16 | 0 | 16 |
| **1-8** | **Первый раздел** | 8 | 0 | 8 |
| 1 | **Тема 1. Вводное занятие**<br>Дается краткая характеристика предмета. Рассматриваются системы с общей и распределенной памятью, а также гибридные системы. Описывается программная модель и инструментарий NVIDIA CUDA.. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 0 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 2 - 3 | **Тема 2. Введение в технологию NVIDIA CUDA**<br>Рассматриваются директивы вызова кода на видеокарте. Приводятся простейшие примеры программ, использующих CUDA C API/ аппроксимации. Рассматриваются вспомогательные инструменты для отладки и оценки эффективности работы программ на видеокарте. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 0 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 4 - 5 | **Тема 3. Типы памяти в CUDA**<br>Регистры, локальная, глобальная и константная память. Выравнивание памяти и объединение запросов. Конфликты банков. Потоки CUDA. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 0 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 6 - 8 | **Тема 4. Параллельные алгоритмы** | Всего аудиторных часов | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Решение систем линейных уравнений, умножение матриц, параллельная редукция, частичная (префиксная) сумма, сортировка и фильтрация. Оценка эффективности различных способов реализации данных алгоритмов. | 2 | 0 | 4 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| **9-16** | **Второй раздел** | 8 | 0 | 8 |
| 9 - 10 | **Тема 5. Библиотеки CUDA: Thrust.** Рассматриваются контейнеры, алгоритмы, и итераторы библиотеки Thrust. Описывается ее совместимость с STL. Приводятся примеры использования кортежей и итераций. Рассматривается взаимодействие компонентов библиотеки с обычным кодом. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 0 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 11 - 12 | **Тема 6. Библиотеки CUDA: CUBLAS, CUSPARSE, CUFFT, CURAND, NVCUVID/NVCUVENC, NPP** Описываются реализованные в библиотеках CUDA: CUBLAS, CUSPARSE, CUFFT, CURAND, NVCUVID/NVCUVENC, NPP функции для решения систем линейных уравнений, работы с разреженными матрицами, осуществления прямого и обратного быстрого дискретного преобразования Фурье, генерации случайных чисел и др. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 0 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 13 - 14 | **Тема 7. Windows Native API: Потоки** Создание, контроль, уничтожение и взаимодействие потоков. Разделяемая память. Мьютексы и семафоры. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 0 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 15 - 16 | **Тема 8. Windows Native API: Процессы** Создание, контроль, уничтожение и взаимодействие процессов. Проецируемые файлы, разделяемая память, безымянные и именованные транспортеры. Внедрение кода, создание удаленных потоков, удаленное чтение и запись памяти. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 0 | 2 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| **Обозначение** | **Полное наименование** |
|---|---|
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** |
|---|---|
| | *7 Семестр* |
| 1 - 8 | **Лабораторные работы** Реализовать поиск локальных максимумов массива в однопоточном режиме и многопоточном при помощи: |

| | |
|---|---|
| | 1. Потоков ОС Windows через фукнцию CreateThread<br>2. Потоков ОС Linux через функцию pthread_create<br>3. Потоков C++, используя класс std::thread<br>4. Потоков, используя библиотеку OMP<br>5. Процессов ОС Windows, используя функцию CreateProcess |
| 9 - 16 | **Лабораторные работы**<br>Реализовать поиск локальных максимумов массива в однопоточном режиме и много поточном при помощи:<br>6. Процессов ОС Linux, используя функцию fork<br>7. Процессов, используя функции двухточечного обмена библиотеки MPI<br>8. Процессов, используя функции коллективного обмена библиотеки MPI<br>9. Видеокарты, используя библиотеку NVIDIA Cuda |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе занятий рассматриваются практические задачи, делается акцент на прикладных исследованиях. Студенты получают опыт самостоятельной подготовки законченных программ, улучшают навыки параллельного программирования, учатся систематизировать и представлять результаты исследований в виде отчетов, а также проводить оптимизацию программного кода для повышения его быстродействия.

При обсуждении тем практических занятий используются интерактивные формы обучения, в частности используются презентации, обсуждаются последние научные работы, передовые технологии параллельного программирования и архитектуры новых видеокарт, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| **Компетенция** | **Индикаторы освоения** | **Аттестационное мероприятие (КП 1)** |
|---|---|---|
| ОПК-1 | З-ОПК-1 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ОПК-1 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ОПК-1 | З, КИ-8, КИ-16 |
| ОПК-6 | З-ОПК-6 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ОПК-6 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ОПК-6 | З, КИ-8, КИ-16 |
| ОПК-7 | З-ОПК-7 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ОПК-7 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ОПК-7 | З, КИ-8, КИ-16 |
| УКЕ-1 | З-УКЕ-1 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-УКЕ-1 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-УКЕ-1 | З, КИ-8, КИ-16 |

**Шкалы оценки образовательных достижений**

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="8">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. И Y91 Applied parallel computing : , Yuefan Deng , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2013

2. 004 П18 Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA : учебное пособие, Сахарных Н.А. [и др.], Москва: Издательство Московского университета, 2012

3. 004 М 60 Последовательные и параллельные алгоритмы. Общий подход : учебное пособие, Миллер Р., Боксер Л., Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2017

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М 21 Параллельное программирование на основе технологий openmp, cuda, opencl, mpi : учебник для вузов, Малявко А. А., Москва: Юрайт, 2025

2. 517 З-20 Параллельные алгоритмы логического управления : , Закревский А.Д., Москва: Едиториал УРСС, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В курсе излагаются способы эффективной реализации классических параллельных алгоритмов на видеокарте и оценке времени их работы: решение систем линейных уравнений, умножение матриц, параллельная редукция, частичная (префиксная) сумма, сортировка и фильтрация, объясняется принцип работы видеокарт, их отличие от центрального процессора, а также особенности работы с видеопамятью.

Используя прослушанный на лекциях материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи. Практика показала, что для наиболее эффективного усвоения студентами материала данной дисциплины необходимо использовать интерактивные формы проведения занятий с привлечением мультимедийных технологий. В рамках занятий следует проводить активное обсуждение, проводить групповой поиск ответов на вопросы, возникающие у студентов при подготовке заданий и во время лекционных занятий. Основной упор на занятиях должен делаться на понимание излагаемого материала и умение его использовать при выполнении заданий.

На каждом занятии отмечается посещаемость студентов.

При изучении курса студентам рекомендуется внимательно ознакомиться с программой дисциплины, взять в библиотеке рекомендованную литературу.

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использование фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Параллельное программирование» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются
- Большое домашние задание
- Задания
- Тест

Рубежный контроль проводится на 8 и 16 неделе. В конце семестра студенты сдают зачет по дисциплине.

Для допуска к зачету необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В курсе излагаются способы эффективной реализации классических параллельных алгоритмов на видеокарте и оценке времени их работы: решение систем линейных уравнений, умножение матриц, параллельная редукция, частичная (префиксная) сумма, сортировка и фильтрация, объясняется принцип работы видеокарт, их отличие от центрального процессора, а также особенности работы с видеопамятью.

. Используя прослушанный на лекциях материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи. Практика показала, что для наиболее эффективного усвоения студентами материала данной дисциплины необходимо использовать интерактивные формы проведения занятий с привлечением мультимедийных технологий. В рамках занятий следует проводить активное обсуждение, проводить групповой поиск ответов на вопросы возникающие у студентов при подготовке заданий и во время лекционных занятий. Основной упор на занятиях должен делаться на понимание излагаемого материала и умение его использовать при выполнении заданий.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. Рекомендуется не допускать студентов до сдачи контрольных мероприятий регулярно пропускающих занятия.

На первом занятии необходимо ознакомить студентов с программой дисциплины, а также предложить литературу, которая потребуется для успешного освоения материала.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине «Параллельное программирование» используются
- Большое домашние задание
- Задания
- Тест

Рубежный контроль проводится на 8 и 16 неделе. В конце семестра студенты сдают зачет.

Для допуска к зачету необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

Автор(ы):

Алюшин Виктор Михайлович, к.ф.-м.н.

Колобашкина Любовь Викторовна