

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 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Введение в параллельное программирование

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Сопряженная разработка программного и аппаратного обеспечения

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 Введение в параллельное программирование 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-3: Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и компьютерной техники	<p>ПК-3.1: Знает методы анализа и исследования математических моделей в области фундаментальной информатики и информационных технологий</p> <p>ПК-3.2: Умеет определять ключевые свойства и ограничения системы</p>	<p>ПК-3.1: Знать основные положения современной концепции процесса, метамодели асинхронных и вычислительных процессов.</p> <p>ПК-3.2: Уметь применять современное программное обеспечение для разработки многопоточных приложений. Владеть навыками использования современных технологий разработки программного обеспечения.</p>	Тест Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы Практическое задание

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0

**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 (часы)	в том числе			
		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 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
1. Основные понятия параллельных вычислений	14	2	0	2	12
2. Архитектура параллельных систем	14	2	0	2	12
3. Модели параллельного программирования	20	2	6	8	12
4. Основы многопоточности	16	4	0	4	12
5. Введение в OpenMP	20	4	4	8	12
6. Введение в MPI	23	2	6	8	15
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

**Содержание разделов и тем дисциплины**

1. Основные понятия параллельных вычислений
  - o Определение, цели, области применения.
  - o Классификация параллельных систем (по Флинну).
2. Архитектура параллельных систем
  - o Системы с общей (SMP) и распределенной памятью (MPP).
  - o Гибридные архитектуры.
3. Модели параллельного программирования  
MPI, OpenMP, CUDA: краткий обзор
4. Основы многопоточности
  - o Потоки, процессы, синхронизация.
  - o Проблемы: гонки данных, deadlock.0
5. Введение в OpenMP
  - o Директивы, управление потоками.
  - o Распараллеливание циклов.
6. Введение в MPI (2 часа)
  - o Базовые операции: точка-точка, коллективные.

**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.

Дополнительная литература:

1. Эндрюс Г.Р. "Основы многопоточного программирования". - М.: Вильямс, 2003. - 512 с.
2. Параллельные вычисления. Технологии и численные методы : учеб. пособие : в 4 т. Т. 1. Библиотека MPI. Матрично-векторное и матричное умножение. Решение СЛАУ. Поиск путей на графе / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 239 с. - ISBN 978-5-91326-203-5 : 171.99.

## **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 - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

1. Какая архитектура использует общую память?
  - a) MPP
  - b) SMP
  - c) GPU
  - d) FPGA
2. Что описывает классификация Флинна?
  - a) Алгоритмы сортировки
  - b) Архитектуры вычислительных систем
  - c) Методы сжатия данных
  - d) Языки программирования
3. Какой инструмент НЕ используется для многопоточности?
  - a) OpenMP
  - b) MPI
  - c) CUDA
  - d) HTML
4. Какая директива OpenMP распараллеливает цикл?
  - a) #pragma omp parallel
  - b) #pragma omp for
  - c) #pragma omp critical
  - d) #pragma omp barrier
5. Как избежать гонки данных?
  - a) Использовать мьютексы
  - b) Увеличить число потоков
  - c) Отключить кэширование
  - d) Уменьшить размер данных

## Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	более 80% правильных ответов в тесте
не зачтено	менее 80% правильных ответов в тесте

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. **Создание многопоточной программы на C++**
  - Реализация потоков через `std::thread`, синхронизация мьютексами.
2. **Решение проблемы производителя-потребителя**
  - Использование условных переменных и буфера.
3. **Параллельное вычисление числа  $\pi$  (метод Монте-Карло)**
  - Распараллеливание с OpenMP.
4. **Умножение матриц с OpenMP**
  - Оптимизация доступа к памяти.
5. **Обмен сообщениями между процессами (MPI)**
  - Использование `MPI_Send` и `MPI_Recv`.
6. **Коллективные операции в MPI**
  - Редукция, широковещательная рассылка.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Программа и результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все лабораторные работы или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, программа работает некорректно, 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

	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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-3**

1. Определение параллельных вычислений.
2. Классификация Флинна: SIMD, MIMD.
3. Отличие потоков от процессов.
4. Проблема гонки данных и способы решения.
5. Что такое deadlock? Примеры.
6. Основные директивы OpenMP.
7. Как распараллелить цикл в OpenMP?
8. Преимущества MPI перед OpenMP.
9. Операции "точка-точка" в MPI.
10. Коллективные операции в MPI.
11. Что такое асинхронная передача данных?
12. Методы оптимизации параллельных программ.
13. Роль кэш-памяти в параллельных системах.
14. Понятие масштабируемости.

15. Инструменты профилирования параллельных программ.

### 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 и решении стандартных задач.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Реализовать параллельное суммирование массива (OpenMP).
2. Написать программу обмена сообщениями между процессами (MPI).
3. Решить задачу N-тел с распараллеливанием.
4. Оптимизировать алгоритм сортировки с помощью многопоточности.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами.
не зачтено	Задача выполнена некорректно или не в полном объеме.

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

Основная литература:

1. Теория и практика параллельных вычислений / Гергель В.П. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663423&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Основы многопоточного и параллельного программирования / Кареева Е.Д. - Москва : СФУ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=654998&idb=0>.
2. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью : учеб. пособие / [под ред. В. П. Гергеля] ; ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 201 с. - ISBN 978-5-91326-138-0 : 100.00., 21 экз.

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

1. Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
2. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом.
3. Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio, лицензия по подписке Microsoft Imagine.

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), 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 по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.