

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Параллельное программирование для систем с общей памятью

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.03 Параллельное программирование для систем с общей памятью 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-13: Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике	ПК-13.1: Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике ПК-13.2: Знает математические методы обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований ПК-13.3: Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности ПК-13.4: Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований	ПК-13.1: Знает методику разработки параллельных программ для систем с общей памятью, общие принципы использования вычислительной техники для решения прикладных задач  ПК-13.2: Знает методику анализа эффективности параллельных программ и подходы к ее повышению  ПК-13.3: Умеет применять на практике технологии OpenMP и TBB для разработки параллельных программ  ПК-13.4: Владеет навыками настройки IDE Microsoft Visual Studio для разработки OpenMP- и TBB-программ, использования технологий OpenMP и TBB	Отчет по лабораторным работам Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<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	<b>16</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>16</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>38</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

### 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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Основы параллельного программирования для многоядерных систем. Взаимодействие и взаимоисключение потоков, синхронизация потоков. Проблемы взаимоблокировки потоков.	10	2	2	4	6
Принципы организации параллелизма с использованием технологии OpenMP.	16	4	4	8	8
Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP.	16	4	4	8	8
Параллельное программирование для систем с общей памятью на основе технологии Intel Threading Building Blocks (TBB). Распараллеливание циклов	16	4	4	8	8
Библиотека TBB. Распараллеливание циклов с редукцией, механизм задач и распараллеливание рекурсивных алгоритмов	12	2	2	4	8
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	16	16	34	38

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основы параллельного программирования для многоядерных систем. Взаимодействие и взаимоисключение потоков, синхронизация потоков. Проблемы взаимоблокировки потоков.
2. Принципы организации параллелизма с использованием технологии OpenMP.

3. Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP.
4. Параллельное программирование для систем с общей памятью на основе технологии Intel Threading Building Blocks (TBB).
5. Библиотека TBB. Распараллеливание циклов с редукцией, механизм задач и распараллеливание рекурсивных алгоритмов.

#### **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.

- Гергель В.П. Курс «Основы параллельных вычислений».  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1091/293/info>
- Гергель В.П. Курс «Теория и практика параллельных вычислений».  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>
- Корняков К.В., Мееров И.Б., Сиднев А.А., Сысоев А.В., Шишков А.В. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2010.
- Немнюгин С. Курс «Основы параллельного программирования с использованием MPI».  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1090/294/info>
- Бахтин В. Курс «Параллельное программирование с OpenMP».  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1111/295/info>

#### **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 - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-13:**

- 1) Лабораторная работа (проект) «Умножение плотных матриц. Блочная схема, алгоритм Фокса»
- 2) Лабораторная работа (проект) «Умножение плотных матриц. Блочная схема, алгоритм Фокса. Реализовать и использовать виртуальную топологию решетки»
- 3) Лабораторная работа (проект) «Умножение плотных матриц. DNS-алгоритм»
- 4) Лабораторная работа (проект) «Умножение плотных матриц. Алгоритм Штрассена»
- 5) Лабораторная работа (проект) «Умножение разреженных матриц. Формат хранения матрицы – координатный»
- 6) Лабораторная работа (проект) «Умножение разреженных матриц. Формат хранения матрицы – строковый (CRS)»
- 7) Лабораторная работа (проект) «Умножение разреженных матриц. Формат хранения матрицы – столбцовый (CCS)»

- 8) Лабораторная работа (проект) «Решение систем линейных уравнений методом сопряженных градиентов»
- 9) Лабораторная работа (проект) «Метод циклической редукции для трехдиагональных систем линейных уравнений»
- 10) Лабораторная работа (проект) «Поразрядная сортировка LSD Radix Sort для целых чисел»
- 11) Лабораторная работа (проект) «Поразрядная сортировка LSD Radix Sort для вещественных чисел (тип double)»
- 12) Лабораторная работа (проект) «Поразрядная сортировка MSD Radix Sort для целых чисел»
- 13) Лабораторная работа (проект) «Поразрядная сортировка MSD Radix Sort для вещественных чисел (тип double)»
- 14) Лабораторная работа (проект) «Поиск кратчайших путей из одной вершины (алгоритм Дейкстры)»
- 15) Лабораторная работа (проект) «Поиск кратчайших путей из одной вершины (алгоритм Мура)»
- 16) Лабораторная работа (проект) «Поиск кратчайших путей из одной вершины для разреженных графов (алгоритм Джонсона)»
- 17) Лабораторная работа (проект) «Алгоритм глобального поиска для одномерных задач оптимизации. Распараллеливание путем разделения области поиска»
- 18) Лабораторная работа (проект) «Алгоритм глобального поиска для одномерных задач оптимизации. Распараллеливание по характеристикам»
- 19) Лабораторная работа (проект) «Многошаговая схема решения двумерных задач глобальной оптимизации. Распараллеливание путем разделения области поиска»
- 20) Лабораторная работа (проект) «Многошаговая схема решения двумерных задач глобальной оптимизации. Распараллеливание по характеристикам»

Во всех лабораторных работах требуется разработать параллельную программу, решающую поставленную задачу указанным алгоритмом. При отсутствии явных указаний считается, что данные в задаче имеют тип с плавающей запятой двойной точности. Оценивание результатов выполняется в смысле а) работоспособности программы – малое отклонение результата от эталона; б) эффективности программы – ускорение параллельной версии должно быть не менее указанного преподавателем значения.

Программная реализация выполняется на языках С или С++ с использованием технологий OpenMP и библиотеки TBB (весенний семестр).

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок, при этом применен творческий подход к решению нестандартных задач. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.
отлично	Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты

Оценка	Критерии оценивания
	работы представлены преподавателю.
очень хорошо	Выполнены основные этапы решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
хорошо	Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
удовлетворительно	Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с существенными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков.
неудовлетворительно	Выполнены не все практические задания (лабораторные работы) или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).
плохо	Студент не приступал к выполнению практических заданий.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

1. Взаимодействие и взаимоисключение потоков, синхронизация потоков. Проблемы взаимоблокировки потоков.
2. Принципы организации параллелизма с использованием технологии OpenMP.
3. Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP.
4. Параллельное программирование для систем с общей памятью на основе технологии Intel Threading Building Blocks (TBB).
5. Библиотека TBB. Распараллеливание циклов с редукцией, механизм задач и распараллеливание рекурсивных алгоритмов.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

### 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	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 несущественными 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 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	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 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-13

1. Взаимодействие и взаимоисключение потоков, синхронизация потоков. Проблемы взаимоблокировки потоков.
2. Принципы организации параллелизма с использованием технологии OpenMP.
3. Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP.
4. Параллельное программирование для систем с общей памятью на основе технологии Intel Threading Building Blocks (TBB).
5. Библиотека TBB. Распараллеливание циклов с редукцией, механизм задач и распараллеливание рекурсивных алгоритмов.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и

Оценка	Критерии оценивания
	решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

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

Основная литература:

1. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундам. информатика и информац. технологии" / под ред. В. П. Гергеля ; ННГУ. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 2010. - 168 с. - (Суперкомпьютерное образование). - На обл. кн.: Суперкомпьютерный консорциум университетов России. - ISBN 978-5-211-05931-3 : 165.00., 48 экз.

Дополнительная литература:

1. 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):

- Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
- Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
- Компилятор семейства Intel C++ Compiler из пакета Intel Parallel Studio по бесплатной лицензии для преподавателей вузов.
- <http://www.intuit.ru/>

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Сысоев Александр Владимирович, кандидат технических наук.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.