

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 27.08.2025

Рабочая программа дисциплины

Параллельное программирование для систем с общей памятью

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Системное программирование

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.17 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-4: Способен проектировать программное обеспечение	<p>ПК-4.1: Выполняет формализацию и алгоритмизацию поставленных задач для разработки программного кода</p> <p>ПК-4.2: Формализует задачу ИТ отрасли в язык естественнонаучных дисциплин</p> <p>ПК-4.3: Осуществляет обоснованный выбор методов и алгоритмов для программной реализации формальной математической модели</p> <p>ПК-4.4: Разрабатывает программный код с использованием языков программирования</p> <p>ПК-4.5: Оформляет программный код в соответствии с установленными требованиями</p>	<p>ПК-4.1: ЗНАТЬ возможности библиотек OpenMP и TBB для разработки параллельных программ для систем с общей памятью, типовые схемы распределения вычислений средствами OpenMP и TBB, типовые схемы организации OpenMP- и TBB-программ</p> <p>ПК-4.2: ЗНАТЬ методiku разработки параллельных программ для систем с общей памятью, типовые схемы организации параллельных вычислений.</p> <p>ПК-4.3: ЗНАТЬ методы и средства проектирования программного обеспечения; методы и средства проектирования современных баз данных.</p> <p>ПК-4.4: УМЕТЬ использовать языки программирования C и C++, а также библиотеки OpenMP и TBB для разработки параллельных программ для систем с общей памятью.</p>	Отчет по лабораторным работам Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>ПК-4.5: УМЕТЬ применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, современных баз данных</p>		
<p>ПК-ТОП_6: Способен оптимизировать производительность программного обеспечения</p>	<p>ПК-ТОП_6.1: Выполняет мониторинг производительности программного обеспечения. ПК-ТОП_6.2: Выполняет оптимизацию программного кода.</p>	<p>ПК-ТОП_6.1: Знает методы и средства мониторинга производительности компьютерного программного обеспечения. Знает метрики производительности программного обеспечения. Знает современные инструменты мониторинга производительности программного обеспечения. Умеет применять методы и средства мониторинга производительности компьютерного программного обеспечения. Умеет интерпретировать диагностические данные мониторинга производительности компьютерного программного обеспечения. Умеет определять "узкие места" программного обеспечения</p> <p>ПК-ТОП_6.2: Знает типовые приемы оптимизации программ с использованием возможностей OpenMP. Умеет проводить оценку и обоснование рекомендуемых решений по оптимизации производительности.</p>	Собеседование	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	38
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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	
Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	
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 (ТВВ). Распараллеливание циклов	16	4	4	8	8
Библиотека ТВВ. 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

Цели и задачи дисциплины:

Изучение математических моделей, методов и технологий параллельного программирования для многопроцессорных и многоядерных вычислительных систем в объеме, достаточном для успешного начала работ в области параллельного программирования. Излагаемый набор знаний и умений составляет теоретическую основу для методов разработки сложных программ.

Содержание 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: создание потоков, параллельные области, алгоритм задания числа потоков, ограничения на число потоков, вложенный параллелизм.
3. Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP: схемы распределения циклов между потоками, виды расписаний, привязка потоков к ядрам/процессорам, векторизация циклов, средства синхронизации.
4. Параллельное программирование для систем с общей памятью на основе технологии Intel Threading Building Blocks (TBB): назначение и возможности TBB, инициализация и завершение библиотеки, распараллеливание циклов с известным числом повторений, итерационные пространства.
5. Библиотека TBB. Распараллеливание циклов с редукцией (функторы и итерационные пространства для циклов с редукцией), параллельные алгоритмы, примитивы синхронизации, потокобезопасные контейнеры, ядро библиотеки (логические задачи, 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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

1. Основы параллельных вычислений ДО, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=835>.
2. Теория и практика параллельных вычислений, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=132>.

Иные учебно-методические материалы:

– 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 госуниверситета, 2010.

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-4:

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 решетка».
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».

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 ТВВ.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код 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, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

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 (ТВВ).
5. Библиотека ТВВ. Распараллеливание циклов с редукцией, механизм задач и распараллеливание рекурсивных алгоритмов.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-ТОП_6:

1. Средства автоматизированного распределения итераций циклов между потоками в OpenMP.
2. Средства привязки потоков к ядрам процессора в OpenMP.
3. Средства векторизации в OpenMP.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.

Оценка	Критерии оценивания
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	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 отдельным и 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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	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-4

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 (ТВВ).
5. Библиотека ТВВ. Распараллеливание циклов с редукцией, механизм задач и распараллеливание рекурсивных алгоритмов.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-ТОП_6

1. Средства автоматизированного распределения итераций циклов между потоками в OpenMP.
2. Средства привязки потоков к ядрам процессора в OpenMP.
3. Средства векторизации в OpenMP.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
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
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.06.2025, протокол № Протокол №11.