

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 от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Параллельное программирование

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
090404 Программная инженерия

Направленность образовательной программы
Инженерия программного обеспечения

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.04 «Параллельное программирование» читается на втором курсе в третьем семестре магистратуры и относится к обязательной части ООП по направлению «Программная инженерия» по очной форме обучения. Дисциплина преподается в 3 семестре. Трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 час., экзамен.

Дисциплина опирается на базовые знания студентов по языкам и методам программирования, алгоритмам и структурам данных, системному программированию (архитектура ЭВМ, операционные системы).

Цель освоения дисциплины

Цель данной дисциплины состоит в изучении математических моделей, методов и технологий параллельного программирования для 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. Изучение курса поддерживается расширенным лабораторным практикумом.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.04 «Параллельное программирование» относится к обязательной части ООП направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия».

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	
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах	УК-2.1. Знает структуру жизненного цикла проекта / UC-2.1. Knows the structure of the project life cycle.	Знать структуру жизненного цикла проекта / Knows the structure of the project life cycle.	Собеседование Вопросы к экзамену

его жизненного цикла / UC-2. Able to manage a project at all stages of its life cycle	УК-2.2. Умеет адаптировать жизненный цикл под специфику конкретных проектов / UC-2.2. Knows how to adapt the life cycle to the specifics of concrete projects.	Уметь адаптировать жизненный цикл под специфику конкретных проектов / Knows how to adapt the life cycle to the specifics of concrete projects.	Лабораторная работа (текущий контроль) Вопросы к экзамену
	УК-2.3. Владеет методами управления проектом на всех этапах его жизненного цикла / UC-2.3. Owns methods of project management at all stages of its life cycle.	Владеть методами управления проектом на всех этапах его жизненного цикла / Owns methods of project management at all stages of its life cycle.	Лабораторная работа (текущий контроль) Вопросы к экзамену
ОПК-1. Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте / GPC-1. Able to independently acquire, develop and apply mathematical, natural, socio-economic and professional knowledge to solve non-	ОПК-1.1. Знает математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности / GPC-1.1. Knows mathematical, natural and socio-economic methods for use in professional activities;	Знать математические методы для использования в параллельном программировании	Собеседование Вопросы к экзамену
	ОПК-1.2. Умеет решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных социально-экономических и профессиональных знаний / GPC-1.2. Is able to solve non-standard professional problems, including in a new or unfamiliar environment and in an interdisciplinary context, using mathematical, natural, socio-economic and professional knowledge;	Уметь решать нестандартные профессиональные задачи в междисциплинарном контексте с применением математических и профессиональных знаний	Лабораторная работа (текущий контроль) Вопросы к экзамену
	ОПК-1.3. Имеет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте / GPC-1.3. Has the skills of theoretical and experimental research of objects of professional activity, including in a new or unfamiliar environment and in an interdisciplinary context.	Иметь навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Лабораторная работа (текущий контроль) Вопросы к экзамену

standard problems, including in a new or unfamiliar environment and in an interdisciplinary context			
ОПК-2. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач / ОПК-2. Able to develop original algorithms and software, including using modern intelligent technologies, to solve professional problems	ОПК-2.1. Знает современные интеллектуальные технологии для решения профессиональных задач / GPC-2.1. Knows modern intelligent technologies for solving professional problems;	Знать современные интеллектуальные технологии для решения профессиональных задач	Собеседование Вопросы к экзамену
	ОПК-2.2. Умеет обосновывать выбор современных интеллектуальных технологий и программной среды при разработке оригинальных программных средств для решения профессиональных задач / GPC-2.2. Knows how to justify the choice of modern intelligent technologies and software environment when developing original software for solving professional problems;	Уметь обосновывать выбор современных интеллектуальных технологий и программной среды при разработке оригинальных программных средств для решения профессиональных задач	Лабораторная работа (текущий контроль) Вопросы к экзамену
	ОПК-2.3. Имеет навыки разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач / GPC-2.3. Has the skills to develop original software tools, including using modern intelligent technologies, to solve professional problems.	Иметь навыки разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	Лабораторная работа (текущий контроль) Вопросы к экзамену

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	10 ЗЕТ

Часов по учебному плану	360
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	82
– занятия лекционного типа	40
– занятия семинарского типа	40
– занятия лабораторного типа	0
– текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	242
Промежуточная аттестация: экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов	
Основы параллельного программирования для многоядерных систем. Взаимодействие и взаимоисключение потоков, синхронизация потоков. Проблемы взаимоблокировки потоков.	22	4		3	7	15
Примеры классических задач синхронизации: «Производители-Потребители», «Читатели-Писатели», «Обедающие философы» и «Спящий парикмахер». Обзор методов повышения эффективности параллельных программ.	22	4		3	7	15
Принципы организации параллелизма с использованием технологии OpenMP.	20	2		3	5	15
Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP.	24	4		5	9	15
Параллельное программирование для систем с общей памятью на основе технологии Intel Array Building Blocks (ArBB)	19	2		2	4	15
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация – экзамен	36					
Итого	360	40	40	0	82	242

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме проверки работ на занятиях лабораторного типа.

Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов подразделяется на следующие категории:

– Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).

– Выполнение лабораторных работ на следующие темы: настройка среды разработки и проекта в Microsoft Visual Studio для сборки OpenMP-, ArBB-программ, вычисление скалярного произведения векторов, вычисление числа Пи, параллельная сортировка, решение задач матрично-векторного и матричного умножения.

Задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	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 незначительными 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 владения материалом. Невозможность	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных	Продemonстрирован творческий подход к решению

	оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	рированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	стандартных задач с некоторыми недочетами.	стандартных задач с некоторыми недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов.	ых задач без ошибок и недочетов.	нестандартных задач.
--	--	---	--	---	---	----------------------------------	----------------------

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Критерий оценивания лабораторной работы

Результаты работы	Оценка
Работа выполнена в полном объеме и в срок, результаты работы алгоритма корректные на тестовых примерах, результаты работы представлены преподавателю.	Зачтено
Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно на тестовых примерах, результаты работы не представлены преподавателю).	Не зачтено

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Вопросы к экзамену

Вопрос	Код компетенции
1. Взаимодействие и взаимоисключение потоков, синхронизация потоков. Проблемы взаимоблокировки потоков.	ОПК-1
2. Задача синхронизации: «Производители-Потребители».	ОПК-1
3. Задача синхронизации: «Читатели-Писатели».	ОПК-1
4. Задача синхронизации: «Обедающие философы».	ОПК-1
5. Задача синхронизации: «Спящий парикмахер».	ОПК-1
6. Методы повышения эффективности параллельных программ.	ОПК-2

7. Принципы организации параллелизма с использованием технологии OpenMP.	ОПК-2
8. Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP.	ОПК-2
9. Параллельное программирование для систем с общей памятью на основе технологии Intel Array Building Blocks (ArBB).	ОПК-2
10. Основные синтаксические конструкции ArBB	УК-2
11. Основные типы и структуры данных ArBB	УК-2
12. Функции работы с контейнерами в ArBB	УК-2
13. Управляющие конструкции библиотеки ArBB	УК-2
14. Объявление и вызов функций при использовании библиотеки ArBB	УК-2

5.2.2. Типовые темы лабораторных работ для оценки сформированности компетенции ОПК-1

- 1) Умножение плотных матриц. Блочная схема, алгоритм Фокса
- 2) Умножение плотных матриц. DNS-алгоритм
- 3) Умножение плотных матриц. Алгоритм Штрассена
- 4) Умножение разреженных матриц. Формат хранения матрицы – координатный
- 5) Умножение разреженных матриц. Формат хранения матрицы – строковый (CRS)

5.2.2. Типовые темы лабораторных работ для оценки сформированности компетенции ОПК-2

- 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».

5.2.3. Типовые темы лабораторных работ для оценки сформированности компетенции УК-2

- 9) Поразрядная сортировка LSD Radix Sort для целых чисел
- 10) Поразрядная сортировка LSD Radix Sort для вещественных чисел (тип double)
- 11) Поиск кратчайших путей из одной вершины (алгоритм Дейкстры)
- 12) Поиск кратчайших путей из одной вершины (алгоритм Мура)
- 13) Алгоритм глобального поиска для одномерных задач оптимизации.
Распараллеливание путем разделения области поиска

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

- а) основная литература:

- В.П. Гергель, К.А. Баркалов, И.Б. Мееров, А.В. Сысоев, и др. Параллельные вычисления. Технологии и численные методы: Учебное пособие в 4 томах. - Н. Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2013. (50 экз)
- Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем. - М.: Издательство Московского университета, 2010. (47 экз)
- 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. (19 экз.)

б) дополнительная литература:

- 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>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и лабораторного типа), оснащенные оборудованием и 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 ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 09.04.04 Программная инженерия.

Автор: к.т.н., доцент кафедры МОСТ, Сысоев А.В.

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент кафедры ДУМЧА, Кузенков О.А.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н, проф. заведующий кафедрой МОСТ, Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики
от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.