

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совет ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины
Основы параллельных вычислений**

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки / специальность
01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Математическое моделирование динамики систем и процессов управления

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части. Код дисциплины - Б1.О.08.

№ 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.08, «Основы параллельных вычислений» относится к обязательной части ООП направления подготовки направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

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	
ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	ОПК-4.1. Знает существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	Знать: -методику разработки параллельных программ для систем с распределенной памятью, анализа их эффективности и подходы к ее повышению; -основные модели параллельных вычислений; - способы организации независимых потоков случайных чисел для нужд параллельных вычислений.	Собеседование
	ОПК-4.2. Умеет комбинировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	Уметь: -применять на практике технологию MPI для разработки параллельных программ. -проводить анализ трудоемкости параллельных алгоритмов; -моделировать случайные величины и векторы с заданным законом распределения; -разрабатывать имитационные алгоритмы и производить статистический анализ результатов моделирования.	Тест, лабораторная работа Задачи
	ОПК-4.3. Имеет навыки адаптации существующих информационно-коммуникационных технологий для решения задач в области профессиональной	Владеть: -навыками настройки IDE Microsoft Visual Studio для разработки MPI-программ, конфигурирования системного окружения для запуска MPI-программ, использования библиотеки MPI;	Тест, лабораторная работа Задачи

	деятельности с учетом требований информационной безопасности	-владеть навыками разработки и использования программного обеспечения с использованием параллельных алгоритмов.	
ПК-2. Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач в области профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знает типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач в области профессиональной деятельности	Знать: типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач в области профессиональной деятельности	Собеседование
	ПК-2.2. Умеет применять типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач в области профессиональной деятельности	Уметь: применять типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач в области профессиональной деятельности.	Тест, лабораторная работа Задачи
	ПК-2.3. Имеет опыт применения типовых математических методов и методологий разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач в области профессиональной деятельности	Владеть: опытом применения типовых математических методов и методологий разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач в области профессиональной деятельности	Тест, лабораторная работа Задачи

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	в том числе					
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа студента часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Лабораторные работы		Всего контактных часов	Всего СРС
1 семестр							
1.Цели и задачи введения параллельной обработки данных	9	1	0			1	8
2.Обзор современных параллельных вычислительных систем. Классификация и оценка производительности	9	1	0			1	8
3.Понятие многоядерных и многопроцессорных вычислительных систем с общей и распределенной памятью	10	2	0			2	8
4.Показатели эффективности параллельных вычислений: ускорение, эффективность, масштабируемость. Модель вычислений в виде графа «операции-операнды»	10	2	0			2	8
5.Анализ модели вычислений: определение времени выполнения параллельного метода, оценка максимально достижимого распараллеливания, выбор вариантов распределения вычислительной нагрузки, методы оценки масштабируемости параллельных алгоритмов. Агрегация модели вычислений	10	2	0			2	8

6.Принципы организации параллелизма с использованием MPI	14	2	3			5	9
7.Передача данных средствами MPI. Операции «точка-точка» и коллективные. Задача редукции	15	2	4			6	9
8.Передача данных средствами MPI. Типы операций передачи/приема. Сбор и рассылка данных. Организация асинхронной схемы вычислений	16	2	5			7	9
9.Типы данных MPI. Виртуальные топологии	14	2	4			6	8
Текущий контроль (КСР)	1					1	
Промежуточная аттестация – зачет							
Итого	108	16	16			33	75

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах проверки работ и опросов на занятиях семинарского типа.

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- основных понятий и определения курса «Основы параллельных вычислений»;
- способности разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач в области профессиональной деятельности–(ПК-2);
- способности адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач с учетом требований информационной безопасности –(ОПК-4);

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа в первом семестре обучения заключается в изучении учебной литературы и выполнении лабораторных работ, а во втором - в чтении конспектов лекций, литературы из списка основной литературы и решения домашних заданий. По ходу выполнения самостоятельной работы возможны консультации с преподавателем посредством электронной почты и социальных сетей.

Контрольные вопросы и 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 (модулю), 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 несущественных 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 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 владения материалом. 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 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 Контрольные вопросы 1 семестр:

Вопрос	Код компетенции
1. Цели и задачи введения параллельной обработки данных.	ОПК-4
2. Принципы построения параллельных вычислительных систем.	ОПК-4
3. Классификация современных параллельных вычислительных систем.	ОПК-4
4. Оценка производительности современных параллельных вычислительных систем.	ОПК-4
5. Понятие многоядерных и многопроцессорных вычислительных систем с общей и распределенной памятью.	ОПК-4
6. Показатели эффективности параллельных вычислений: ускорение, эффективность, масштабируемость.	ОПК-4
7. Модель вычислений в виде графа «операции-операнды».	ПК-2
8. Анализ модели вычислений в виде графа «операции-операнды»: определение времени выполнения параллельного метода, оценка максимально достижимого распараллеливания.	ПК-2
9. Анализ модели вычислений в виде графа «операции-операнды»: выбор вариантов распределения вычислительной нагрузки, методы оценки масштабируемости параллельных алгоритмов.	ПК-2
10. Агрегация модели вычислений в виде графа «операции-операнды».	ПК-2
11. Принципы организации параллелизма с использованием MPI.	ОПК-4
12. Передача данных средствами MPI. Операции «точка-точка» и коллективные. Задача редукции.	ОПК-4
13. Передача данных средствами MPI. Типы операций передачи/приема. Сбор и рассылка данных.	ОПК-4
14. Передача данных средствами MPI. Организация асинхронной схемы вычислений.	ОПК-4
15. Типы данных MPI. Виртуальные топологии.	ПК-2

5.2.3. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции

ОПК-4

- Ускорение параллельных вычислений – это:

- отношение времени последовательного алгоритма ко времени параллельного решения задачи (+)
- отношение времени последовательного алгоритма ко времени параллельного решения задачи при использовании максимально возможного количества процессоров
- отношение времени параллельного алгоритма ко времени последовательного решения задачи.

Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Отметьте верные утверждения:

- вызов MPI_Comm_rank(&ProcRank) определяет ранг (номер) вызвавшего процесса

- (+) вызов `MPI_Comm_rank(&ProcRank, MPI_COMM_WORLD)` определяет ранг (номер) вызвавшего процесса
- вызов `MPI_Comm_size(&ProcNum)` определяет общее число запущенных параллельных процессов приложения
- (+) вызов `MPI_Comm_size(&ProcNum, MPI_COMM_WORLD)` определяет общее число запущенных параллельных процессов приложения

5.2.4.

Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-4

Задача 1. Напишите программу с использованием технологии OpenMP для приближенного интегрирования функции $f(x) = x^2 \cdot \sin(x)$ по отрезку $[0, \pi]$. Сравните достигаемую точность при одинаковом объеме выборки и разных способах разбиения интегрируемой функции.

Задача 2. Сгенерируйте 100 членов последовательности $X_n = \{n \sqrt{3}\}$. Постройте гистограмму и выборочную функцию распределения.

Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задача 3. Сгенерируйте выборку из 100 значений из биномиального распределения. Постройте частотное распределение и выборочную функцию распределения.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. 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 госуниверситета, 2013. (50 экз)
2. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем. - М.: Издательство Московского университета, 2010. (47 экз)
3. Гергель В.П. Курс «Основы параллельных вычислений». <http://www.intuit.ru/studies/courses/1091/293/info>
4. Гергель В.П. Курс «Теория и практика параллельных вычислений». <http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>
5. 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. (19 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Немнюгин С. Курс «Основы параллельного программирования с использованием MPI». <http://www.intuit.ru/studies/courses/1090/294/info>
2. Бахтин В. Курс «Параллельное программирование с OpenMP». <http://www.intuit.ru/studies/courses/1111/295/info>

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

1. Сайт с ресурсами и документацией для высокопроизводительных вычислений на основе технологии OpenMP <http://www.openmp.org/>
2. Сайт с ресурсами и документацией для высокопроизводительных вычислений на основе технологии MPI <https://www.mpich.org/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

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 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Авторы ____ д.ф.-м.н. Зорин А.В., к.ф.-м.н. доцент Сысоев А.В.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой ____ д.ф.-м.н. Зорин А.В.

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