

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Одобрено на заседании УМС
ИАТЭ НИЯУ МИФИ Протокол от
30.08.2022 №2-8/2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Высокопроизводительные вычисления

название дисциплины

09.04.01 Информатика и вычислительная техника

код и наименование направления подготовки

профиля

«Большие данные и машинное обучение (в атомной энергетике)»

код и наименование профиля

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023г.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Программу составил:

_____ О.А.Мирзеабасов, доцент каф. ИС, к.т.н.

Рецензенты:

С.В.Ермаков, зав.каф.ПМ ИАТЭ НИЯУ МИФИ, к.ф.-м.н., доцент

Д.А.Камаев, зав.лаб. № 1 ФИАЦ Росгидромета, д.т.н.

Руководитель магистерской программы

_____ С.О. Старков, профессор, д.т.н., начальник ИКС(О)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций*</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ПК-1	Способен применять научно обоснованные перспективные методы исследования и решать задачи на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий с внедрением результатов исследований в реальный сектор экономики	Знать: алгоритмы распределения ресурсов вычислительных систем Уметь: управлять заданиями в вычислительных системах коллективного пользования Владеть: навыками организации вычислительных экспериментов
СПК-1	Способен использовать и развивать методы научных исследований и инструментарий в области интеллектуального анализа данных	Знать: архитектуру современных вычислительных систем Уметь: удаленно запускать на выполнение задачи на вычислительном кластере Владеть: навыками администрирования вычислительных систем
		Знать: парадигмы параллельного программирования Уметь: разрабатывать параллельные программы с использованием модели передачи сообщений в стандарте MPI и модели общей памяти в стандарте OpenMP Владеть: навыками разработки параллельных и многопоточных программ
		Знать: методы и алгоритмы параллельной обработки данных Уметь: применять существующие библиотеки алгоритмов обработки данных Владеть: навыками распараллеливания алгоритмов обработки данных
		Знать: алгоритмы обработки сигналов Уметь: применять существующие библиотеки цифровой обработки сигналов Владеть: навыками применения параллельных алгоритмов обработки сигналов

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина реализуется в рамках базовой части. Индекс дисциплины: М.02.08

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Информатика, Информационные технологии, Программирование на языках высокого уровня.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Научно-исследовательская работа, Научно-исследовательская практика.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 1 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)
	Очная
	Семестр
	№ 3
Количество часов на вид работы:	
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	48
В том числе:	
<i>лекции (лекции в интерактивной форме)</i>	16 (0)
<i>практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)</i>	16
<i>лабораторные занятия</i>	16
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
<i>зачет</i>	-
<i>экзамен</i>	36
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	57
В том числе:	
<i>Проработка учебного материала из списка рекомендованной литературы</i>	20
<i>Подготовка к лабораторным работам</i>	17
<i>Подготовка к экзамену (по окончании семестра)</i>	20
Всего (часы):	144
Всего (зачетные единицы):	4

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)			
		Очная форма обучения			
		Лек	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Модель передачи сообщений	11	20	-	32
1.1.	Введение в параллельное программирование	2	2	-	4
1.2.	Модель передачи сообщений и стандарт MPI	4	12	-	20
1.3	Администрирование вычислительных кластеров	3	6	-	8
2.	Многопоточное программирование	7	14	-	25
2.1.	Библиотека pthreads	2	-	-	5
2.2.	Стандарт OpenMP	5	14	-	20
	Всего:	16	34	-	57

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Модель передачи сообщений	
1.1.	Введение в параллельное программирование	Архитектуры высокопроизводительных вычислительных систем. Список Top-500. Закон Амдала. Модели параллельных вычислений.
1.2.	Модель передачи сообщений и стандарт MPI	Модель передачи сообщений. Реализации MPI. Коммуникаторы, типы данных, обмены точка — точка, коллективные обмены данными. Прикладные библиотеки алгоритмов обработки данных.
1.3	Администрирование вычислительных кластеров	Выбор и установка ПО. Управление ресурсами кластера. Очереди заданий.
2.	Многопоточное программирование	
2.1.	Библиотека pthreads	Процессы и потоки. Управление потоками в библиотеке pthreads. Критические секции и блокировки.
2.2.	Стандарт OpenMP	Организация многопоточных вычислений с помощью директив OpenMP.

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название лабораторной работы
---	---------------------------------------	------------------------------

1.	Модель передачи сообщений	
1.1.	Введение в параллельное программирование	Последовательная реализация вычислительного алгоритма
1.2.	Модель передачи сообщений и стандарт MPI	Распараллеливание задачи с использованием технологии MPI
1.3	Администрирование вычислительных кластеров	Анализ производительности параллельной задачи при запуске на нескольких узлах кластера
2.	Многопоточное программирование	
2.2.	Стандарт OpenMP	Распараллеливание задачи с использованием OpenMP

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Презентации по темам лекций (в электронном виде).

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль			
1.1.	Введение в параллельное программирование	СПК-1 ПК-1 (уметь, владеть)	Лабораторная работа № 1
1.2.	Модель передачи сообщений и стандарт MPI	СПК-1 ПК-1 (уметь, владеть)	Лабораторная работа № 2 Контрольная работа № 1
1.3	Администрирование вычислительных кластеров	СПК-1 ПК-1 (уметь, владеть)	Лабораторная работа № 3
2.1.	Библиотека pthreads	ПСПК-1 ПК-1 (владеть)	Контрольная работа № 2
2.2.	Стандарт OpenMP	СПК-1 ПК-1 (уметь, владеть)	Лабораторная работа № 4 Контрольная работа № 2
Промежуточный контроль			
	Все разделы	СПК-1 ПК-1 (знать),	экзамен
Всего:			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.2.1. Экзамен

Экзамен проводится в виде ответов на два вопроса билета.

Первый вопрос:

1. Закон Амдала

2. Архитектуры высокопроизводительных вычислительных систем
3. Модель передачи сообщений. Стандарт MPI. Инициализация и завершение программы.
4. Стандарт MPI: передача сообщений между отдельными процессами.
5. Стандарт MPI: коллективные обмены данными. Синхронизация, массовая рассылка.
6. Стандарт MPI: коллективные обмены данными. Распределение и сбор данных.
7. Стандарт MPI: коллективные обмены данными. Редукция данных.
8. Администрирование вычислительных кластеров.
9. Система PVM. Модель передачи сообщений.
10. Стандарт MPI. Ранг процесса. Коммуникаторы и группы.
11. Библиотеки алгоритмов цифровой обработки сигналов
12. Параллельные генераторы псевдослучайных чисел.

Второй вопрос:

1. Процессы и потоки в операционных системах.
2. Многопоточное программирование с использованием pthreads. Управление потоками.
3. Многопоточное программирование с использованием pthreads. Критические секции.
4. Стандарт OpenMP. Параллельный блок. Описание переменных.
5. Стандарт OpenMP. Распараллеливание цикла.
6. Стандарт OpenMP. Параллельные секции.
7. Стандарт OpenMP. Директивы синхронизации.
8. Стандарт OpenMP. Информационные библиотечные функции.
9. Стандарт OpenMP. Управляющие библиотечные функции.
10. Сборка программ с поддержкой OpenMP.
11. Многопоточные реализации алгоритмов обработки данных.
12. Параллельные реализации БПФ.

Критерий оценки – правильность и полнота ответа на вопросы адекватность приведенных примеров. Оценка выставляется по шкале от 0 до 100% в равных долях по первому и второму вопросам — до 50% каждый. Экзамен считается сданным при оценке не ниже 60%.

6.2.2. Контрольная работа №1

Контрольная работа предназначена для выявления качества усвоения теоретических и знаний и практических умений по теме «Модель передачи сообщений и стандарт MPI».

Вопросы

1. Модель передачи сообщений. Стандарт MPI. Инициализация и завершение программы.
2. Стандарт MPI: передача сообщений между отдельными процессами.
3. Стандарт MPI: коллективные обмены данными. Синхронизация, массовая рассылка.
4. Стандарт MPI: коллективные обмены данными. Распределение и сбор данных.
5. Стандарт MPI: коллективные обмены данными. Редукция данных.
6. Стандарт MPI: типы данных.
7. Сборка и запуск параллельных программ.

6.2.3. Контрольная работа №2

Цель контрольной работы состоит в проверке знаний по разделу «Стандарт OpenMP».

Вопросы

1. Стандарт OpenMP. Параллельный блок. Описание переменных.
2. Стандарт OpenMP. Распараллеливание цикла.
3. Стандарт OpenMP. Параллельные секции.
4. Стандарт OpenMP. Директивы синхронизации.
5. Стандарт OpenMP. Информационные библиотечные функции.
6. Стандарт OpenMP. Управляющие библиотечные функции.
7. Сборка программ с поддержкой OpenMP.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	24	40
	Лабораторная работа №1	6	10
	Лабораторная работа №2	6	10
	Лабораторная работа №3	6	10
	Контрольная работа №1	6	10
	Контрольная точка № 2	12	20
	Лабораторная работа №4	6	10
	Контрольная работа №2	6	10
Промежуточный	экзамен	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. Немнюгин С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. - 397 с (доступна на сайте ЭБС ibooks.ru)

б) дополнительная учебная литература:

1. Мирзеабасов О.А. Параллельное программирование для вычислительных кластеров: Учебное пособие по курсу «Параллельное программирование». - Обнинск: ИАТЭ, 2007. - 80 с. (40 экз, выдается студентам также в электронном виде).

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Сайт информации о параллельных вычислениях в России: parallel.ru
2. Официальная страница стандарта MPI: www.mpi-forum.org
3. Официальная страница стандарта OpenMP: openmp.org

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебного занятия	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на лабораторной работе.
Контрольная работа	Ознакомиться с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, основополагающие термины.
Лабораторная работа	При выполнении лабораторных работ необходимо ориентироваться на конспекты лекций, примеры, обсуждаемые на практических занятиях, рекомендуемую литературу и др.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Операционная система Linux (OpenSUSE);

Набор компиляторов GCC с поддержкой OpenMP, библиотеки pthreads, openmpi, mpich2 (все указанные программные средства распространяются их производителями свободно).

Электронные презентации лекций в формате PDF, демонстрируемые с использованием мультимедийного проектора.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Компьютерный класс сетевых технологий. Класс оснащен 10 компьютерами (Intel Core i5/8GB/1 TB) и 1 компьютером (Intel Celeron 1.6 GHz, 2 GB RAM, 250 GB) с операционной системой OpenSUSE Linux, а также мультимедийным проектором. Есть доступ к WI-FI.

Аудиторный класс, оборудованный проекционным экраном, мультимедийным проектором и персональным компьютером (AMD, ATHLON64, 2.7 GHz, 4 GB RAM, 250 GB). Есть доступ к WI-FI.

Вычислительный кластер ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия проходят с обсуждением учебного материала, демонстрируемого в форме презентаций на экране с использованием мультимедиа-проектора. Значительная часть

практических и лабораторных занятий также проводится в интерактивной форме при тесном контакте студентов с преподавателем.

В рамках лабораторных работ студенты получают практический опыт работы по программной реализации параллельных алгоритмов и их запуску на высокопроизводительных вычислительных системах.

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

№	Тема	Часть, изучаемая (осваиваемая) самостоятельно
1.1	Введение в параллельное программирование	Анализ списка Top-500
1.3	Администрирование вычислительных кластеров	Системы управления ресурсами кластера

Задания для самоконтроля:

- оценить изменение производительности первых десяти систем из списка Top-500;
- проанализировать сферы применения высокопроизводительных вычислений;
- вывести статистику по платформам и архитектуре систем из списка Top-500;
- привести список типичных ресурсов, доступных на кластере.

12.3. Краткий терминологический словарь

МРІ — стандарт интерфейса библиотеки параллельных вычислений в модели передачи сообщений.

OpenMP — стандарт интерфейса библиотеки для разработки многопоточных приложений, ориентированных на вычисления.