МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

*И.о. заведующего кафедрой
программного обеспечения
и администрирования
информационных систем*

Е. Барановский
Е.С

27.03.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.04 Параллельное программирование

1. Шифр и наименование направления подготовки:

09.03.03 Прикладная информатика

2. Профиль подготовки: Прикладная информатика в информационном обществе

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

программного обеспечения и администрирования информационных систем

6. Составители программы: Вошинская Г.Э., ст. преп.

7. Рекомендована: НМС факультета ПММ протокол № 6 от 17.03.2025

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины: сформирование у студентов представление о физических основах и архитектурных особенностях параллельных вычислительных машин различных классов. Дать студентам представление о способах проектирования и средствах создания параллельных программ. Для реализации этой цели ставятся задачи, вытекающие из государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1.;

требования к входным знаниям: программирование, структуры и алгоритмы обработки данных, вычислительные сети и коммуникации, операционные системы.

Дисциплина «Параллельное программирование» является предшествующей для следующих дисциплин:

- Компьютерное моделирование физических процессов.
- Концепция MVC и фреймворки.
- Облачные технологии.
- Разработка сервис-ориентированных приложений на основе WCF.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен обрабатывать, анализировать и оформлять результаты исследований и разработок под руководством специалиста более высокой квалификации	1.1	Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение	Знать: Средства ПО, используемые в параллельном программировании Уметь: выбрать подходящие системные средства среды разработки Владеть: Современными информационными технологиями
ПК-1	Способен обрабатывать, анализировать и оформлять результаты исследований и разработок под руководством специалиста более высокой квалификации	1.2	Представляет/оформляет полученные результаты работы в соответствии с действующими технологическими регламентами/требованиями	Знать: Требования к оформлению результатов Уметь: Применять технологические требования. Владеть: Современными информационными технологиями
ПК-3	Способен разрабатывать и тестировать алгоритмическое и	3.1	Демонстрирует знание методов и способов формализации и	Знать: идеи, лежащие в основе построения параллельных алгоритмов; основные способы распараллеливания

	программное обеспечение для отдельных компонентов вычислительных систем		алгоритмизации поставленных задач, способы анализа требований к ПО, методологии проектирования ПО	алгоритмов. Уметь: выбрать алгоритм, подходящий для данной задачи; реализовывать выбранный алгоритм, используя системные средства среды разработки
ПК-3	Способен разрабатывать и тестировать алгоритмическое и программное обеспечение для отдельных компонентов вычислительных систем	3.2	Создает программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными и оформляет его в соответствии с установленными требованиями, проверяет и отлаживает его	Знать: идеи, лежащие в основе распараллеливания алгоритмов; основные особенности архитектуры компьютеров, используемые в параллельном программировании; алгоритмы, используемые в параллельном программировании Уметь: выбрать подходящий алгоритм при решении поставленной задачи; реализовать выбранный алгоритм, используя системные средства среды разработки

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	Сем.6
Аудиторные занятия	32	32
в том числе:		
лекции		
лабораторные	32	32
практические		
Самостоятельная работа	40	40
Итого	72	72
Контроль:		
Итого:	72	72
Форма промежуточной аттестации		зачет

13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Введение в параллельное программирование с использованием MPI.	Операции обмена сообщениями. Организация MPICH. Подпрограммы MPI_Init, MPI_Finalize, MPI_Comm_size, MPI_Comm_rank, MPI_Send, MPI_Recv. Структура MPI-программы.
2	Обмен данными в MPI. Двухточечный обмен сообщениями.	Стандартная передача. Синхронная передача. Буферизованная передача. Передача «по готовности». Совместные прием и передача. Блокирующие и неблокирующие операции.
3	Коллективный обмен данными.	Управление окружающей средой. Таймеры и синхронизация. Широковещательная рассылка. Операция приведения и сканирования.

4	Обмен с синхронизацией. Управление областью взаимодействия и группой процессов.	Создание групп процессов. Получение информации о группе. Управление коммуникаторами. Операции обмена между группами процессов.
5	Определяемые пользователем типы данных и упаковка данных. Строители типов.	MPI_Type_extent, MPI_TYPE_SIZE, MPI_Type_contiguous, MPI_Type_vectir, MPI_Type_hvector, MPI_Type_commit, MPI_Type_indexed, MPI_Type_hindexed, MPI_Type_struct
6	Виртуальные топологии.	Понятие виртуальной топологии. Перекрытие топологий. Функции декартовых топологий. MPI_Cart_create, MPI_Dims_create, MPI_Cartdim_get, MPI_Cart_get, MPI_Cart_rank, MPI_Cart_coords, MPI_Cart_shift.
7	Пример использования виртуальной топологии.	Произведение двух матриц в топологии "двухмерная решетка".
8	Примеры реализации и оценки параллельных алгоритмов.	Параллельные методы умножения матрицы на вектор. Параллельные методы матричного умножения. Параллельные методы сортировки. Параллельные методы на графах.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	
1	Введение в параллельное программирование с использованием MPI.		2		2	4
2	Обмен данными в MPI. Двухточечный обмен сообщениями.		6		10	16
3	Коллективный обмен данными.		6		6	12
4	Обмен с синхронизацией. Управление областью взаимодействия и группой процессов.		2		4	6
5	Определяемые пользователем типы данных и упаковка данных. Строители типов.		6		6	12
6	Виртуальные топологии.		6		8	14
7	Пример использования виртуальной топологии.		2		2	4
8	Примеры реализации и оценки параллельных алгоритмов.		2		2	4
Итого:			32		40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с конспектами практических заданий для самостоятельной работы, выполнение лабораторных работ по дисциплине, использование рекомендованной литературы и методических материалов, в том числе находящихся в личном кабинете.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Туральчук К.А. Параллельное программирование с помощью языка C# / К. А. Туральчук. – Москва : Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016, 190с. // "Университетская библиотека online": электронно – библиотечная система . — URL : http://biblioclub.ru

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования : учебное пособие/ К.Ю.Богачев – Москва, 2013. http://elibrary.ru
3	Сальников А.М Введение в параллельные вычисления. Основы программирования на языке Си с использованием интерфейса MPI / А.М.Сальников, Е.А. Ярошенко, О.С. Гребенник, С.В.Спиридонов – Москва, 2010. http://elibrary.ru
4	Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем: учебник для вузов / В.П.Гергель – Москва : Изд-во Московского университета, 2010. – 543с.
5	Немнюгин, С. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем / С. Немнюгин, О. Стесик .— Санкт-Петербург : БХВ – Петербург, 2002 .— 396 с.
6	Воеводин, В.В. Параллельные вычисления : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин .— Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2002 .
7	Параллельное программирование : Message Passing Interface : справ. материалы: Для студ. 3 к. д/о / Воронеж. гос. ун-т. Каф. информ. систем; Сост. В.В.Фертиков.Ч. 1 .— 2002 .— 56 с.
8	Параллельное программирование : Message Passing Interface: Справ. материалы: Для студ. 3 к. д/о / Воронеж. гос. ун-т. Каф. информ. систем. Сост. В.В. Фертиков. Ч. 2 .— 2002 .— 36 с.
9	.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
10	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – http://www.lib.vsu.ru/
11	ЭБС «Издательство Лань» http://e.lanbook.com/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Параллельное программирование в MPI : учебно-методическое пособие для вузов : [для проведения лаб. занятий по предмету "Параллельное программирование" со студ. 4 к. д/о специальности 010503-математическое обеспечение и администрирование информационных систем] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. Г.Э, Воцинская .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011 .— 69 с

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

ОС Windows, Microsoft Visual Studio 2015, библиотека MPI.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория с проектором, доска, лаборатория с компьютерами.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций:

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
<p>ПК 1.1 Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение</p> <p>Представляет/оформляет полученные результаты работы в соответствии с действующими технологическими регламентами/требованиями</p>	<p>Знать: Средства ПО , используемые в параллельном программировании</p> <p>Уметь: выбрать подходящие системные средства среды разработки</p> <p>Владеть: Современными информационными технологиями.</p>	Разделы 1 - 8	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
<p>ПК 1.2 Демонстрирует знание методов и способов формализации и алгоритмизации поставленных задач, способы анализа требований к ПО, методологии проектирования ПО</p>	<p>Знать: Требования к оформлению результатов</p> <p>Уметь: Применять технологические требования.</p> <p>Владеть: Современными информационными технологиями</p>	Разделы 1 - 8	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
<p>ПК 3.1 Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение</p>	<p>Знать: идеи, лежащие в основе построения параллельных алгоритмов; основные способы распараллеливания алгоритмов.</p> <p>Уметь: выбрать алгоритм, подходящий для данной задачи; реализовывать выбранный алгоритм, используя системные средства среды разработки</p>	Разделы 1 - 8	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
<p>ПК 3.2 Представляет/оформляет полученные результаты работы в соответствии с действующими технологическими регламентами/требованиями</p>	<p>Знать: Требования к оформлению результатов</p> <p>Уметь: Применять технологические требования.</p> <p>Владеть: Современными информационными технологиями</p>	Разделы 1 - 8	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
<p>Промежуточная аттестация форма контроля – зачет</p>			

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация по дисциплине осуществляется проверкой выполнения задач лабораторного практикума.

20.2. Промежуточная аттестация

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) владение навыками реализации программ с использованием системных средств среды разработки;
- 2) знание основных идей распределенной обработки данных;
- 3) знание и умение реализовать алгоритмы, параллельной обработки данных;
- 4) знание теоретического материала.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 2-балльная шкала «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Знание теоретического материала. Должны быть выполнены ВСЕ лабораторные задания	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Не выполняются вышеуказанные критерии оценки.	–	<i>Не зачтено</i>

Перечень вопросов к зачету:

1. Параллельные компьютеры и супер-ЭВМ.
2. Краткая история появления параллелизма в архитектуре ЭВМ.
3. Архитектура высокопроизводительных ЭВМ. Классификация Флинна. SISD- SIMD- MISD- MIMD-компьютеры. Основные элементы архитектуры высокопроизводительных систем. Суперскалярные процессоры. RISC- процессоры. Процессоры со сверхдлинным командным словом.
4. Организация оперативной памяти. Связь между элементами параллельных вычислительных систем. Статические топологии. Маршрутизация. Динамические топологии. Методы коммутации.
5. Особенности программирования параллельных вычислений. Последовательная и параллельная модели программирования. Парадигмы параллельного программирования. Параллелизм данных. Параллелизм задач.
6. Разработка параллельного алгоритма. Декомпозиция. Проектирование коммуникаций между задачами. Укрупнение. Планирование вычислений. Количественные характеристики быстродействия. Программные средства высокопроизводительных вычислений.
7. Введение в параллельное программирование с использованием MPI. Операции обмена сообщениями. Организация MPICH. Подпрограммы MPI_INIT, MPI_FINALIZE, MPI_COMM_SIZE, MPI_COMM_RANK, MPI_SEND, MPI_RECV. Структура MPI-программы.
8. Обмен данными в MPI. Двухточечный обмен сообщениями. Стандартная передача. Синхронная передача. Буферизованная передача. Передача «по готовности».
9. Совместные приём и передача.
10. Управление окружающей средой. Таймеры и синхронизация. Широковещательная рассылка. Операция приведения и сканирования.
11. Коллективный обмен данными. Обмен с синхронизацией. Управление областью взаимодействия и группой процессов. Создание групп процессов. Получение информации о группе. Управление коммутаторами. Операции обмена между группами процессов.
12. Виртуальные топологии. Перекрытие топологий. Функции декартовых топологий.
13. Определяемые пользователем типы данных и упаковка данных. Строители типов.

Иллюстрируется на примере КИМ

Вопросы

1. Двухточечный обмен сообщениями.

2. Виртуальные топологии. Перекрытие топологий.

19.3.3 Перечень заданий для лабораторных работ

Иллюстрируется на примерах индивидуальных заданий

Пример задания № 1

Требуется вычислить значения суммы ряда в n точках заданного интервала $[A, B]$ с точностью ε . Процесс-мастер вводит с клавиатуры A , B , ε и n , вычисляет аргументы $x_1=A$, $x_2, \dots, x_n=B$ и рассылает каждому процессу n/k (k – количество запущенных процессов) значений, используя функцию `MPI_Scatter` и значение ε с помощью функции `MPI_Bcast`. Каждый процесс вычисляет значения функции в полученных точках и отправляет процессу-мастеру с помощью функции `MPI_Gather`. Процесс-мастер выводит полученные результаты и точные значения функции в соответствующих точках в виде таблицы.

$$\frac{\sin(x)}{x} = 1 - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^4}{5!} - \frac{x^6}{7!} + \dots \quad (R=\infty).$$

Пример задания № 2

Получить результат операции пересечения двух множеств, хранимых как вектора произвольной длины.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если задача решена правильно (возможно с небольшими недочетами);
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если не выполняются вышеуказанные критерии оценки.