

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
программного обеспечения
и администрирования
информационных систем



М.А. Артемов
02.04.2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.09 Параллельное программирование

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

**02.04.03 Математическое обеспечение
и администрирование информационных систем**

2. Профиль подготовки/специализация:

Управление проектированием и разработкой информационных систем

3. Квалификация (степень) выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: ПОиАИС

6. Составители программы: Артемов М.А., профессор / доктор физико-математических наук, Верлин А.А., преподаватель

7. Рекомендована: НМС факультета ПММ, протокол № 5 от 22.03.2024

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Цель изучения дисциплины: сформировать у студентов представление об архитектурных особенностях распределенных вычислений, а также развить способности проектировать, разрабатывать и внедрять программные продукты и программные комплексы различного назначения для распределенных систем с помощью модели параллельного программирования MPI. Развить способность проводить анализ качества, эффективности применения параллельного программирования MPI и соблюдение ин-

формационной безопасности при разработке программных продуктов и программных комплексов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить основы параллельного программирования;
- познакомиться с методами/подходами в разработке программных продуктов и программных комплексов;
- получить навыки внедрения и поддержки разработанного ПО, а также соблюдения требований информационной безопасности при разработке ПО с помощью библиотеки MPI.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

учебная дисциплина относится к обязательной части Блока 1.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	Способен проектировать, разрабатывать и внедрять программные продукты и программные комплексы различного назначения	ОПК-2.2	Разрабатывает программные продукты и программные комплексы.	Знать: концептуальные основы параллельных вычислений, способы разработки параллельных программ в распределенных системах; Уметь: реализовывать алгоритмы в рамках подхода параллельного программирования, самостоятельно исследовать и решать проблемы, возникающие при реализации и запуске параллельных программ в распределенных системах; Владеть (иметь навык(и)): теоретическими и практически навыками разработки программного обеспечения в парадигме параллельного программирования и работы программ в распределенных системах.
		ОПК-2.3	Внедряет и поддерживает разработанное ПО	
ОПК-3	Способен проводить анализ качества, эффективности применения и соблюдение информационной безопасности при разработке программных продуктов и программных комплексов	ОПК-3.3	Соблюдает информационную безопасность при разработке ПО	Знать: теоретические основы проектирования и разработки масштабируемого программного обеспечения; Уметь: разрабатывать и развертывать параллельные программы в распределенной системе; Владеть (иметь навык(и)): средствами разработки и отладки приложений в парадигме параллельных вычислений.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 5/180.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) экзамен.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1 семестр
Аудиторные занятия		64	64
в том числе:	лекции	32	32
	практические	0	0
	лабораторные	32	32
	курсовая работа		
Самостоятельная работа		80	80
Промежуточная аттестация (для экзамена)		36	экзамен
Итого:		180	180

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Введение в параллельное программирование	Основные понятия и история развития.	Курс «Параллельное программирование» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10738
1.2	MPI – «Интерфейс передачи сообщений»	Организация MPI , OpenMPI. Привязка к языку C/C++. Коды завершения. Организации MPI-программ. Создание программы в Visual Studio.	
1.3	Двухточечный обмен сообщениями	Понятие двухточечного обмена. Блокирующие операции обмена. Стандартный обмен, синхронный обмен, буферизованный обмен, обмен по готовности. Совместные прием и передача. Неблокирующие операции обмена. Инициализация неблокирующего обмена. Проверка выполнения обмена.	
1.4	Коллективный обмен данными	Широковещательная рассылка. Обмен с синхронизацией. Сбор данных, сбор данных(векторный вариант). Разброс данных, разброс данных(векторный вариант)	
1.5	Операции приведения и сканирования	Рассмотрение различных операций приведения и механизмы реализации собственных функций приведения.	
1.6	Типы, определяемые пользователем	Строители типов. Строитель смежных типов данных CONTIGUOUS. Векторный строитель типов данных VEKTOR. Векторный строитель типов данных HVEKTOR. Строитель типов данных INDEXED. Строитель типов данных HINDEXED. Строитель типов данных STRUCT. Использование производных типов данных. Освобождение ресурсов после работы.	
1.7	Виртуальная топология	Перекрытие топологий. Функции декартовых топологий. Декартова функция задания сетки. Декартовы информационные функции. Декартовы функции транспонирования. Декартовы функции смещения.	
2. Лабораторные работы			
2.1	Решение алгебраической задачи с векторами. с помощью стан-	Разработать алгоритм для поставленной задачи, реализовать его в парадигме параллельных вычислений с помощью стандартного двухточечного	

	дартного двухточечного обмена.	обмена сообщениями.	
2.2	Решение алгебраической задачи (вычисление значений в точках отрезка), с помощью коллективных обменов.	Разработать алгоритм для поставленной задачи, реализовать его в парадигме параллельных вычислений с помощью коллективных обменов сообщениями.	
2.3	Реализация собственной функции приведения	Разработать алгоритм для поставленной задачи, реализовать функцию и интегрировать в MPI-программу.	
2.4	Создать свой тип и применить его для набора данных	Разработать свой тип данных для поставленной задачи, выбрать верный строитель типов и корректно сконфигурировать его.	
2.5	Виртуальная топология	Разработать алгоритм для поставленной задачи, реализовать задачу используя инструменты виртуальной топологии.	

* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в параллельное программирование	2		2	5	9
2	MPI – «Интерфейс передачи сообщений»	5		5	5	9
3	Двухточечный обмен сообщениями	5		5	12	22
4	Коллективный обмен данными	14		14	12	22
5	Операции приведения и сканирования	10		10	10	22
6	Типы, определяемые пользователем	10		10	12	22
7	Виртуальная топология	10		10	12	22
	Итого	56	0	56	68	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина реализуется посредством организации лекций, проведения практических и лабораторных занятий, самостоятельной работы обучающихся. На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов. Лекционные занятия посвящены рассмотрению теоретических основ дисциплины. Практические и лабораторные занятия предназначены для формирования умений и навыков, закрепленных компетенциями по ОПОП. Они организовываются в виде выполнения практико-ориентированных заданий. Самостоятельная работа студентов включает в себя проработку учебного материала лекций, разбор заданий практики, выполнение контрольной работы и подготовку к зачету. Для успешного освоения дисциплины необходимо прослушать курс лекций, выполнить задания лабораторных работ, изучить справочный материал, представленный в разделах электронного курса.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения следует выполнять все указания преподавателя по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Параллельное программирование : учебно-методическое пособие / составители М. А. Артемов [и др.]. — Воронеж : ВГУ, 2021. — 114 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/455021
2	Абрамов, Г. В. Параллельное программирование. Лабораторный практикум : учебное пособие / Г. В. Абрамов, Н. А. Каплиева. — Воронеж : ВГУ, 2021. — 75 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/455057

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : учебное пособие / А. А. Малявко. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-2614-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118245

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
8	ЭБС «Издательство Лань» http://e.lanbook.com/
9	Курс «Параллельное программирование» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10738

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы:

Самостоятельная работа обучающегося должна включать в себя подготовку к лабораторным работам и выполнение заданий по ним, подготовку к промежуточной аттестации. Для обеспечения самостоятельной работы студентов в электронном курсе дисциплины на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» сформирован учебно-методический комплекс, который включает в себя: программу курса, учебные пособия и справочные материалы, методические указания по выполнению заданий лабораторных работ. Студенты получают доступ к данным материалам на первом занятии по дисциплине.

Указанные в учебно-методическом комплексе учебные пособия и справочные материалы, приведены в таблице ниже:

№ п/п	Источник
1	Артемов М.А., Барановский Е.С., Воцинская Г.Э. Параллельное программирование. Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2021. — 112 с.
2	Курс «Параллельное программирование» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10738

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

При реализации дисциплины используются следующие образовательные технологии: логическое построение дисциплины, обозначение теоретического и практического

компонентов в учебном материале. Применяются разные типы лекций (вводная, обзорная, информационная, проблемная). Задания лабораторных работ практико-ориентированные.

Информационные технологии для реализации учебной дисциплины:

- - технологии синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателя посредством служб (сервисов) по пересылке и получению электронных сообщений, в том числе, по сети Интернет;
- - сервис электронной почты для оперативной связи преподавателя и студентов.,

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения практических занятий: специализированная мебель, персональные компьютеры для индивидуальной работы. ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Google Chrome, Mozilla Firefox), Microsoft Visual Studio Community Edition, ПО NetBeans IDE

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины: ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.3

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение в параллельное программирование	ОПК-2,3	ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.3	Лабораторная работа
2	МРІ – «Интерфейс передачи сообщений»	ОПК-2,3	ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.3	Лабораторная работа
3	Двухточечный обмен сообщениями	ОПК-2,3	ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.3	Лабораторная работа
4	Коллективный обмен данными	ОПК-2,3	ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.3	Лабораторная работа
5	Операции приведения и сканирования	ОПК-2,3	ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.3	Лабораторная работа
6	Типы, определяемые пользователем	ОПК-2,3	ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.3	Лабораторная работа
7	Виртуальная топология	ОПК-2,3	ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.3	Лабораторная работа
Промежуточная аттестация, форма контроля - экзамен				Перечень вопросов

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

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: лабораторная работа.

Технология проведения

Задание на практику является общим для группы, выбор объекта – индивидуальным.

Критерии оценки:

- - оценка «зачтено» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена полностью, допускаются незначительные ошибки;
- - оценка «не зачтено» - работа не выполнена или в работе много ошибок.

20.2 Перечень вопросов к экзамену:

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к экзамену. На итоговую оценку влияет успешность в освоении дисциплины по другим оценочным средствам.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Перечислить и дать краткие определения основных понятий параллельного программирования.
2. Рассказать идею двухточечного обмена сообщениями.
3. Перечислить и объяснить какие существуют режимы при двухточечном обмене.
4. Рассказать о способах коллективных обменов сообщениями в MPI.
5. Рассказать идею совместной приема и передачи сообщений.
6. Объяснить для чего нужны функции приведения и сканирования.
7. Рассказать об основных строителях типов.
8. Перечислить какие существуют строители типов.
9. Рассказать идею виртуальной топологии.
10. Перечислить какие существуют реализации виртуальных топологий.

Практическое задание

Разработать алгоритмы для каждой темы, применив на практике различные инструменты обмена сообщениями из библиотеки MPI.

Требования разработке:

- Использовать принципы MPI - интерфейса обмена сообщениями.

Технология проведения

Студенту предлагается ответить на два теоретических вопроса из списка. Их выбор является случайным (на усмотрение преподавателя или путем случайного выбора варианта задания). Выполнение заданий не предусматривает использование конспектов лекций, материалов из открытых источников и учебной литературы.

Критерии оценки ответов на вопросы экзамена

Для оценивания результатов обучения на промежуточной аттестации – экзамен используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенции	Шкала оценок
Обучающийся дал правильные развернутые ответы на все вопросы КИМ, не допускал ошибок при использовании	Повышенный уровень	Отлично

терминологии. Выполнение всех лабораторных и контрольных работ с оценкой «зачтено». Посещение занятий в объеме более 75%.		
В ответах на вопросы КИМ обучающийся допускает ошибки, но дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Выполнение всех лабораторных и контрольных работ с оценкой «зачтено». Посещение занятий в объеме 50-75%.	Базовый уровень	Хорошо
При ответах на вопросы КИМ обучающийся допускает ошибки в терминологии или нет ответа на один вопрос. Лабораторные и контрольные работы выполнены с оценкой «зачтено». Посещение занятий в объеме более 50%.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся не дает ответы на материалы КИМ или в них содержится множество ошибок, в том числе в терминологии. Лабораторные или контрольные работы не выполнены в полном объеме и/или по ним оценка «не зачтено» и/или посещение занятий в объеме менее 50%.	-	Неудовлетворительно

20. Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

Вопросы с вариантами ответов (закрытые)

1)Какая функция используется для передачи сообщений между процессами?

- a)MPI_Recv;
- b)MPI_Send;
- c)MPI_Wait;
- d)MPI_Test.

Ответ: b)

2)Какая функция используется для передачи сообщений между процессами?

- a)MPI_Recv;
- b)MPI_Send;
- c)MPI_Wait;
- d)MPI_Test.

Ответ: a)

3)Какая функция используется для передачи сообщений между процессами “по готовности”?

- a)MPI_Recv;
- b)MPI_BSend;
- c)MPI_RSend;
- d)MPI_Test.

Ответ: c)

4)Какая функция используется для передачи сообщений между процессами через системный буфер?

- a)MPI_Recv;
- b)MPI_BSend;
- c)MPI_RSend;
- d)MPI_Test.

Ответ: b)

5)Какие функции используются для проверки передачи сообщений между процессами?

- a)MPI_Recv;
- b)MPI_Wait;
- c)MPI_RSend;
- d)MPI_Test.

Ответ: b),d)

6)Какие функции используется для коллективной передачи сообщений между процессами?

- a)MPI_Recv;
- b)MPI_Barrier;
- c)MPI_Bcast;
- d)MPI_Test.

Ответ: b),d)

7)Какие функции используется для сбора и разброса данных между процессами?

- a)MPI_Scatter;
- b)MPI_Barrier;
- c)MPI_Gather;
- d)MPI_Test.

Ответ: a),c)

8)Какая функция используется для операций приведения и сканирования?

- a)MPI_Scatter;
- b)MPI_Barrier;
- c)MPI_Gather;
- d)MPI_Reduce.

Ответ: d

9)Какие функции используется для создания нового типа?

- a)MPI_Contiguous;
- b)MPI_Barrier;
- c)MPI_Struct;
- d)MPI_Reduce.

Ответ: a),c)

10)Какая функция используется для создания топологии?

- a)MPI_Contiguous;
- b)MPI_Barrier;
- c)MPI_Struct;
- d)MPI_Cart_create.

Ответ: d

Вопросы с кратким текстовым ответом (открытые)

1. Перечислить компоненты двухточечного обмена сообщениями.

Ответ: источник, сообщение, получатель.

2. Перечислить какие существуют режимы передачи при двухточечном обмене(MPI_Send).

Ответ: стандартная, синхронная, буферизованная, по готовности

3. Перечислить какие существуют режимы приема при двухточечном обмене(MPI_Recv).

Ответ: блокирующая, неблокирующая

4. Перечислить функции проверки выполнения обмена.

Ответ: MPI_Wait, MPI_Test

5. Перечислить функции коллективного обмена.

Ответ: Широковещательная рассылка, обмен с синхронизацией, сбор и разброс данных

6. Перечислить основные строители типов.

Ответ: Contiguous, Vector, Indexed, Struct

7. Перечислить какие существуют строители типов.

Ответ: Contiguous, Vector, HVector, Indexed, HIndexed, Struct

8. Каких двух видов существуют топологии.

Ответ: физическая и логическая

9. Перечислить какие существуют реализации виртуальных топологий.

Ответ: Кольцо, решетка, тор, звезда, дерево, произвольная

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые с вариантами ответов, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые с кратким текстовым ответом, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).