

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета информационных
технологий и компьютерной безопасности



/ П.Ю. Гусев /
И.О. Фамилия

«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Параллельные алгоритмы для многоядерных систем»

Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль Жизненный цикл изделий в едином информационном пространстве
цифрового производства

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года / 2 года и 4 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2021

Автор программы

А.Ю. /Юров А.Н./

Заведующий кафедрой

Компьютерных

интеллектуальных

технологий проектирования

Чижов /Чижов М.И./

Руководитель ОПОП

Чижов /Чижов М.И./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины является изучение общих сведений о вычислительных комплексах, построенных на многоядерной архитектуре. В рамках курса содержится материал, включающий назначение и области применения параллельных вычислений, описание многоядерных архитектур, изучение компонентов и технологий, применяемых таких системах. Изучение дисциплины должно способствовать формированию у студентов основ понимания и разработки программных решений с многоядерной архитектурой, в том числе: понятие общих принципов работы многоядерных вычислительных систем, способами и средствами управления информацией в них, настройки и работы с программным обеспечением под указанные системы.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- приобретение знаний по общим принципам работы вычислительных систем;
- особенностей проектирования многоядерной архитектуры процессоров;
- синхронизации вычислительных процессов в приложениях САПР, поддерживающих такие аппаратные архитектуры.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Параллельные алгоритмы для многоядерных систем» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Параллельные алгоритмы для многоядерных систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен проводить проверку работоспособности программных продуктов и цифровых моделей

ПК-4 - Способен разрабатывать и использовать техническую документацию на высоком уровне в соответствии со спецификой образовательной программы

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать общие принципы построения вычислительных систем, математические основы, способы организации и особенности проектирования процессоров, работу и синхронизацию процессов в многопроцессорной архитектуре систем, тестирование работоспособности

	программных продуктов и цифровых моделей
	уметь создавать решения и управлять существующими, посредством которых достигается стабильная работа многопроцессорных вычислительных систем;
	владеть математическими основами организации вычислительных систем.
ПК-4	знать архитектуру современных многопроцессорных вычислительных систем;
	уметь применять техническую документацию на высоком уровне
	владеть приемами создания технической документации на высоком уровне в соответствии со спецификой образовательной программы

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Параллельные алгоритмы для многоядерных систем» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	40	40
В том числе:		
Лекции	20	20
Лабораторные работы (ЛР)	20	20
Самостоятельная работа	104	104
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	16	16
В том числе:		
Лекции	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа	124	124
Контрольная работа	+	+
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет с	+	+

оценкой		
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	144 4	144 4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в дисциплину	Назначение, область применения и способы оценки производительности многоядерных вычислительных систем	4	4	16	24
2	Технологии параллельной обработки	Технологии по распараллеливанию вычислений: OpenMP, TBB, OpenCL, Cuda, C++AMP	4	4	16	24
3	Технология OpenMP	Программная разработка решений под многоядерные вычислительные системы: OpenMP	4	4	18	26
4	Работа с потоками. Основы	Работа с потоками. Разделение задач на потоки.	4	4	18	26
5	Работа с потоками. Дополнительные сведения	Потоки, блокировки и условные переменные	2	2	18	22
6	Примеры для практического использования	Программная разработка решений под многоядерные вычислительные системы: параллельное программирование на C++	2	2	18	22
Итого			20	20	104	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в дисциплину	Назначение, область применения и способы оценки производительности многоядерных вычислительных систем	2	2	20	24
2	Технологии параллельной обработки	Технологии по распараллеливанию вычислений: OpenMP, TBB, OpenCL, Cuda, C++AMP	2	2	20	24
3	Технология OpenMP	Программная разработка решений под многоядерные вычислительные системы: OpenMP	2	2	20	24
4	Работа с потоками. Основы	Работа с потоками. Разделение задач на потоки.	2	2	20	24
5	Работа с потоками. Дополнительные сведения	Потоки, блокировки и условные переменные	-	-	22	22
6	Примеры для практического использования	Программная разработка решений под многоядерные вычислительные системы: параллельное программирование на C++	-	-	22	22
Итого			8	8	124	140

5.2 Перечень лабораторных работ

очная форма обучения

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1-3	Создание и настройка среды разработки программных проектов, конфигурирование и инструментарий для отладки приложений	4	Отчет и защита
4-6	Изучение и построение типовой архитектуры по параллельной обработке данных с использованием OpenMP	4	Отчет и защита
7-9	Управление потоками	4	Отчет и защита

10-12	Разделение данных между потоками	4	Отчет и защита
13-15	Синхронизация параллельных операций	2	Отчет и защита
16-18	Проектирование параллельных программ	2	Отчет и защита
Итого часов		20	

заочная форма обучения

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
	Создание и настройка среды разработки программных проектов, конфигурирование и инструментарий для отладки приложений	2	Отчет и защита
	Изучение и построение типовой архитектуры по параллельной обработке данных с использованием OpenMP	2	Отчет и защита
	Управление потоками, разделение данных между потоками	2	Отчет и защита
	Синхронизация параллельных операций, проектирование параллельных программ	2	Отчет и защита
Итого часов		20	

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать общие принципы построения вычислительных систем,	Выполнение практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	математические основы, способы организации и особенности проектирования процессоров, работу и синхронизацию процессов в многопроцессорной архитектуре систем, тестирование работоспособности программных продуктов и цифровых моделей		рабочих программах	в рабочих программах
	уметь создавать решения и управлять существующими, посредством которых достигается стабильная работа многопроцессорных вычислительных систем;	Выполнение практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть математическими основами организации вычислительных систем.	Выполнение практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать архитектуру современных многопроцессорных вычислительных систем;	Выполнение практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять техническую документацию на высоком уровне	Выполнение практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть приемами создания технической документации на высоком уровне в соответствии со спецификой образовательной программы	Выполнение практических работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2 семестре для очной формы обучения, 3 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	знать общие принципы построения вычислительных систем, математические основы, способы организации и особенности проектирования процессоров, работу и синхронизацию процессов в многопроцессорной архитектуре систем.	Защита реферата	Подготовлен реферат, получен развернутый ответ на все вопросы	Подготовлен реферат, получен развернутый ответ большую часть вопросов	Подготовлен реферат,	Реферат отсутствует

	тестирование работоспособности программных продуктов и цифровых моделей					
	уметь создавать решения и управлять существующими, посредством которых достигается стабильная работа многопроцессорных вычислительных систем;	Выполнение практических заданий	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть математическими основами организации вычислительных систем.	Выполнение практических заданий	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-4	знать архитектуру современных многопроцессорных вычислительных систем;	Защита реферата	Подготовлен реферат, получен развернутый ответ на все вопросы	Подготовлен реферат, получен развернутый ответ большую часть вопросов	Подготовлен реферат,	Реферат отсутствует
	уметь применять техническую документацию на высоком уровне	Выполнение практических заданий	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть приемами создания технической документации на высоком уровне в соответствии со спецификой образовательной программы	Выполнение практических заданий	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Настройка производственной среды для разработки приложений с параллельной архитектурой, сборки и запуск приложения.

Разделение массива на блоки и вычисление сумм данных каждого блока в отдельном потоке

Синхронизация потоков

Передача параметров в потоки и возврат значений переменных, структур и массивов из потоков

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Параллелизм как основа высокопроизводительных вычислений. Уровни параллелизма.

2. Симметричные мультимикропроцессорные системы.

3. Системы с массовым параллелизмом (MPP).

4. Распределенные системы: основные понятия и проблемы организации.

5. Программный параллелизм. Зависимости по данным, по управлению и по ресурсам.

6. Аппаратный параллелизм: идеальный параллелизм, конвейерный параллелизм, синхронный и асинхронный параллелизм.

7. Проблема когерентности памяти при организации параллельных вычислений.

8. Микропроцессорная когерентность кэш памяти.

9. Метрики параллельных вычислений. Профиль параллелизма программы.

10. Метрики параллельных вычислений. Ускорение и эффективность.

11. Метрики параллельных вычислений. Коэффициент использования (избыточность) параллелизма и качество.

12. Модели параллельных вычислений.

13. Кластерные вычислительные системы. Основные свойства кластерных систем.

14. Технология OpenMP.

15. Технология Cuda.

16. Потоки. Распределение по потокам

17. Синхронизация потоков.

18. Переданных в потоки.

19. Извлечение данных из потоков.

20. Блокировка потоков.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Зачет проводится в виде теста, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается в 2 балла, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 14.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 5 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 5 до 7 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 8 до 11 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 12 до 14 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в дисциплину	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Технологии параллельной обработки	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Технология OpenMP	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Работа с потоками. Основы	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Работа с потоками. Дополнительные сведения	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Примеры для практического использования	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач

на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Бересков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 232 с.

2. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. - 342 с.

3. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А. Вычислительное дело и кластерные системы. - М.: Изд-во МГУ, 2007. - 150 с.

4. Камерон Х., Трейси Х. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++.: Пер. с англ. - М.: Изд-во "Вильямс", 2004. - 672 с.

5. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. - Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. - 304 с.

6. Лупин С.А., Посыпкин М.А. Технологии параллельного программирования. Серия: Высшее образование. - М.: Форум, Инфра-М, 2008. - 208 с.

7. Миллер Р., Боксер Л. Последовательные и параллельные алгоритмы: Общий подход. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 406 с.

8. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования.: Пер. с англ. - М.: Изд-во "Вильямс", 2003. - 512 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

-Среда разработки Qt Creator +Qt SDK;

-Среда разработки Microsoft Visual Studio с компонентом SQL Server Data Tools.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

- Проекционная аппаратура;

- Учебная лаборатория с доступом к локальной сети и Интернет.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Параллельные алгоритмы для многоядерных систем» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.