

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук
Кафедра «Вычислительная техника»

Утверждено на заседании кафедры
«Вычислительная техника»
«27» января 2023г. протокол №6

Заведующий кафедрой

_____ А.Н. Ивутин

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Параллельное программирование»**

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

с направленностью (профилем)
**«Программное обеспечение интеллектуальных автоматизированных си-
стем»**

Формы обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 090301-04-23

Тула 2023 год

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
рабочей программы дисциплины (модуля)

Разработчик (и):

Волошко А.Г., доцент, к.т.н.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) является формирование знаний, умений и навыков параллельного программирования с использованием современных технологий.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

- освоение основных подходов к параллельному программированию;
- получение практических навыков ускорения программ для прикладных задач с использованием современных технологий распараллеливания.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина (модуль) относится к части основной профессиональной образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается в 7 и 8 семестре.

3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

- 1) возможности современных и перспективных средств разработки параллельных программных продуктов, технических средств (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.1);
- 2) виды параллельной архитектуры программного обеспечения и принципы ее построения (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.1);
- 3) типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке параллельного программного обеспечения (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.1).

Уметь:

- 1) проводить оценку и обоснование рекомендуемых решений в области параллельного программирования (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.2);
- 2) средства реализации требований к параллельному программному обеспечению (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.2);
- 3) вырабатывать варианты реализации параллельного программного обеспечения (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.2);
- 4) использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования параллельного программного обеспечения (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.2);
- 5) применять методы и средства проектирования параллельного программного обеспечения (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.2).

Владеть:

1) методами оценки времени и трудоемкости реализации требований к параллельному программному обеспечению (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.3);

2) методами оценки и обоснования рекомендуемых решений (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.3);

3) методами проектирования структур данных (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.3).

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

| Номер семестра | Формы промежуточной аттестации | Общий объем в зачетных единицах | Общий объем в академических часах | Объем контактной работы в академических часах | | | | | | Объем самостоятельной работы в академических часах |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------------------------|
| | | | | Лекционные занятия | Практические (семинарские) занятия | Лабораторные работы | Клинические практические занятия | Консультации | Промежуточная аттестация | |
| Очная форма обучения | | | | | | | | | | |
| 7 | Э | 4 | 144 | 28 | | 28 | – | 2 | 0,25 | 85,75 |
| 8 | ЗЧ, КР | 3 | 108 | 24 | | 24 | | 1 | 0,35 | 58,65 |
| Итого | – | 7 | 252 | 52 | – | 52 | – | 3 | 0,6 | 144,4 |

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

4.2 Содержание лекционных занятий

Очная форма обучения

| № п/п | Темы лекционных занятий |
|------------------|------------------------------------------------------------|
| 7 семестр | |
| 1 | Архитектура параллельных вычислительных систем |
| 2 | Программное обеспечение параллельных вычислительных систем |
| 3 | Автоматизация распараллеливания последовательных программ |
| 4 | Моделирование и анализ параллельных вычислений |
| 5 | Показатели эффективности параллельного алгоритма |
| 6 | Принципы разработки параллельных методов |
| 7 | Синхронизация потоков |
| 8 | Взаимоблокировка потоков |
| 9 | Классические задачи синхронизации |
| 10 | Оптимизация циклов в параллельных программах |
| 11 | Технология распараллеливания pthread |

| № п/п | Темы лекционных занятий |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | Технология распараллеливания WinAPI |
| 13 | Технология распараллеливания std::thread |
| 14 | Способы синхронизации процессов в различных технологиях распараллеливания |
| 15 | Шаблоны распараллеливания в C++ |
| 16 | Будущее встроенных средств распараллеливания |
| 8 семестр | |
| 1 | Основные технологии параллельных вычислений |
| 2 | Основы технологии OpenMP |
| 3 | Выделение параллельно-выполняемых фрагментов программного кода |
| 4 | Распределение вычислительной нагрузки между потоками (распараллеливание по данным для циклов) |
| 5 | Управление данными для параллельно-выполняемых потоков |
| 6 | Параллельное программирование с использованием технологии MPI. Базовые функции MPI |
| 7 | Процедуры передачи/приема сообщений между отдельными процессами |
| 8 | Коллективные взаимодействия процессов |
| 9 | Основы технологии Intel TBB |
| 10 | Эффективность параллельных вычислений |
| 11 | Параллельные вычисления с использованием видеокарты |
| 12 | Технология CUDA |
| 13 | Технология OpenCL |
| 14 | Перспективы развития параллельного программирования |

4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.4 Содержание лабораторных работ

Очная форма обучения

| № п/п | Наименования лабораторных работ |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 7 семестр | |
| 1 | Анатомия простого многопоточного приложения |
| 2 | Практические приемы построения многопоточных приложений |
| 3 | Разработка параллельных приложений с использованием std::thread |
| 4 | Механизмы синхронизации. Двоичные семафоры: защита совместного доступа к памяти |
| 5 | Механизмы синхронизации. Условные переменные |
| 6 | Механизмы синхронизации. std::async и std::promise |
| 8 семестр | |
| 7 | Создание приложения в среде OpenMP |
| 8 | Создание простого приложения с помощью библиотеки MPI |
| 9 | Коллективные обмены в MPI |
| 10 | Разработка и отладка параллельного приложения Intel TBB |
| 11 | Параллельное программирование на C# |
| 12 | Параллельное программирование на Go |

4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

Очная форма обучения

| № п/п | Виды и формы самостоятельной работы |
|------------------|--------------------------------------------------------|
| 7 семестр | |
| 1 | Подготовка к лабораторным работам и их оформление |
| 2 | Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение |
| 3 | Подготовка реферата |
| 8 семестр | |
| 1 | Подготовка к лабораторным работам и их оформление |
| 2 | Выполнение курсовой работы |
| 3 | Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение |

5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

Очная форма обучения

| Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося | | | Максимальное количество баллов |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|
| 7 семестр | | | |
| Текущий контроль успеваемости | Первый рубежный контроль | Оцениваемая учебная деятельность обучающегося: | |
| | | Посещение лекционных занятий | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №1 | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №2 | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №3 | 5 |
| | | Тестирование | 10 |
| | | Итого | 30 |
| | Второй рубежный контроль | Оцениваемая учебная деятельность обучающегося: | |
| | | Посещение лекционных занятий | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №4 | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №5 | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №6 | 5 |
| | | Тестирование | 10 |
| | | Итого | 30 |
| Промежуточная аттестация | Экзамен | 40 (100*) | |
| 8 семестр | | | |
| Текущий контроль | Первый рубежный | Оцениваемая учебная деятельность обучающегося: | |

| Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося | | | Максимальное количество баллов |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|
| успеваемости | контроль | Посещение лекционных занятий | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №7 | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №8 | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №9 | 5 |
| | | Тестирование | 10 |
| | | Итого | 30 |
| | Второй рубежный контроль | Оцениваемая учебная деятельность обучающегося: | |
| | | Посещение лекционных занятий | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №10 | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №11 | 5 |
| | | Выполнение лабораторной работы №12 | 5 |
| | | Тестирование | 10 |
| | | Итого | 30 |
| Промежуточная аттестация | Зачет | | 40 (100*) |
| | Защита курсовой работы | | 100 |

* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

Шкала соответствия оценок в стобалльной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

| Система оценивания результатов обучения | Оценки | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|----------|
| Стобалльная система оценивания | 0 – 39 | 40 – 60 | 61 – 80 | 81 – 100 |
| Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы) | Неудовлетворительно | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Академическая система оценивания (зачет) | Не зачтено | Зачтено | | |

6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине требуется:

- Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная видеопроектором, настенным экраном;
- Для проведения лабораторных работ требуется компьютерный класс, подключение к сети интернет, локальная сеть;
- Для проведения практических занятий требуется компьютерный класс, подключение к сети интернет, локальная сеть.

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Червяков, Н.И. Модулярные параллельные вычислительные структуры нейропроцессорных систем / Н.И.Червяков, П.А.Сахнюк, А.В.Шапошников, С.А.Ряднов; Под ред. Н.И.Червякова. — М. : Физматлит, 2003. — 288с. — Библиогр.в конце кн.
2. Бэкон, Васон J. Операционные системы. Параллельные и распределенные системы / Д.Бэкон, Т.Харрис; пер.с англ.О.Здир. — СПб.и др. : Питер, 2004. — 800с. — Парал.тит.л.англ. —/в пер./
3. Воеводин В. В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления //СПб.: БХВ-Петербург. — 2002.
4. Гергель В. П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем //М.: Издательство Московского университета. — 2010. — С. 534.
5. Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52216.html>.— ЭБС «IPRbooks»
6. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI [Электронный ресурс]/ Антонов А.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 83 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73704.html>. — ЭБС «IPRbooks»
7. Филатов, А. С. Параллельное программирование : учебное пособие / А. С. Филатов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 46 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218429> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2 Дополнительная литература

1. Хьюз, Hughes C. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++ / К.Хьюз, Т.Хьюз; пер.с англ.и ред. Н.М.Ручко. — М.;СПб.;Киев : Вильямс, 2004. — 667с. : ил. — Парал.тит.л.англ. /в пер./
2. Афанасьев, К.Е. Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование: учебно-методическое пособие / К.Е.Афанасьев, С.В.Стуколов; Кемеровский ГУ, каф. ЮНЕСКО по новым информационным технологиям. — Кемерово, 2003.— 233с. : ил. — Библиогр.в конце кн.
3. Системная информатика : Сб.науч.тр. Вып.7. Проблемы теории и методологии создания параллельных и распределенных систем / РАН: Сиб. отд.; Ин-т систем информатики им. А.П.Ершова; Под ред. И.В.Поттосина.— Новосибирск : Наука, 2000. — 312с. — Библиогр.в конце кн. — /В пер./

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

1. Форум ЦИТ. Базы данных (Электронный ресурс) – Режим доступа: <http://citforum.ru/database/>
2. Научная Электронная Библиотека eLibrary – библиотека электронной периодики, режим доступа: <http://elibrary.ru/> , по паролю.- Загл. с экрана.
3. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа, режим доступа <http://cyberleninka.ru/> ,свободный.- Загл. с экрана.

9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Текстовый редактор (MSOffice, OpenOffice и т.п.)
2. Среда программирования на языке высокого уровня (Visual Studio).
3. Свободно распространяемые библиотеки параллельного программирования OpenMP, MPI, TBB
4. Пакет офисных приложений «МойОфис».

9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы не требуются