

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

  
Т.А. Хагуров

подпись

«26» мая 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.ДВ.01.02 Современные вычислительные алгоритмы**

Специальность: 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Специализация: Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Форма обучения: очная

Квалификация: Математик. Механик. Преподаватель.

Краснодар  
2023

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.02 СОВРЕМЕННЫЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ составлена в соответствии с  
федеральным государственным образовательным стандартом высшего  
образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 01.05.01  
Фундаментальные математика и механика

Программу составил(и):

Голуб М. В., зав. кафедрой, д. ф.-м. н.



Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.02 СОВРЕМЕННЫЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ

утверждена на заседании кафедры ТЕОРИЯ ФУНКЦИИ  
протокол № 10 «18» апреля 2023 г.

Заведующий кафедрой (разработчик) Голуб М. В.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета  
математики и компьютерных наук  
протокол № 8 «27» апреля 2023 г.

Председатель УМК факультета/института Шмалько С. П.



Рецензенты:

Фоменко Сергей Иванович, канд. физ. - мат. наук,  
старший научный сотрудник лаборатории волновых процессов

Анопко Михаил Викторович,  
Генеральный директор ООО «УК АЙСТРИМ »

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины.**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

Цель дисциплины «Современные вычислительные алгоритмы» освоение современных методов и алгоритмов высокопроизводительных компьютерных вычислений для решения естественно-научных и инженерных исследовательских задач, современных технологий объектно-ориентированного программирования для компьютерного моделирования и разработки пользовательских приложений для решения естественно-научных и инженерных задач, развитие профессиональных компетентностей и приобретение практических навыков решения программистских и инженерных задач современными численными методами и приемами программирования. Полученные в результате освоения дисциплины навыки и умения позволяют поднять общий уровень исследовательской, математической и программистской культуры обучающихся.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

- изучить основные приемы разработки параллельных алгоритмов (методы распараллеливания вычислений);
- познакомиться с основными средствами параллельного и распределенного программирования алгоритмов (MPI, OpenMP, многопоточное программирование), приобрести навыки применения данных средств для решения конкретных прикладных задач;
- освоить основные современные численные методы и подходы к решению задач вычислительной механики, математического и компьютерного моделирования в естественных науках;
- приобрести навыки применения средств высокопроизводительных вычислений и алгоритмов для решения конкретных прикладных исследовательских и инженерных задач.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Современные вычислительные алгоритмы» относится к вариативной части профессионального цикла Блока1 "Дисциплины (модули)" учебного плана (Б1.В.ДВ). Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками по программе дисциплин Б1.О.20 «Линейная алгебра», Б1.О.23 «Дифференциальные уравнения», Б1.О.14 «Технология программирования и работа на электронно-вычислительной машине (ЭВМ)», Б1.О.13 «Численные методы».

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                       | Результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-4 Способен разрабатывать программное обеспечение для решения прикладных задач в сфере профессиональной деятельности</b>                                              |                                                                                                                                                                                                                                |
| ИПК-4.4. Ориентируется в современных алгоритмах компьютерной математики и имеет практический опыт разработки программных модулей на основе механико-математических моделей | Знает основные концепции разработки вычислительных программ и приложения, а также основные приемы программирования на основе объектно-ориентированных технологий для компьютерного моделирования при решении прикладных задач. |
|                                                                                                                                                                            | Умеет реализовать компьютерные алгоритмы иерархий объектов для реализации алгоритмов решения численных задач математической физики и инженерии, проводить анализ производительности программ и анализ результатов расчета.     |
|                                                                                                                                                                            | Владеет навыками программирования и разработки эффективных иерархических алгоритмов, анализа                                                                                                                                   |

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине                                                                            |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      | структуры вычислительных алгоритмов, связями между задачами и промежуточными методами компьютерного проекта. |

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

| Виды работ                                                                                                                                                                                                                |                                      | Всего часов | Форма обучения   |                  |                  |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                                                           |                                      |             | очная            |                  | очно-заочная     | заочная       |
|                                                                                                                                                                                                                           |                                      |             | 7 семестр (часы) | – семестр (часы) | – семестр (часы) | – курс (часы) |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>                                                                                                                                                                                    |                                      | <b>22,2</b> | <b>22,2</b>      |                  |                  |               |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>                                                                                                                                                                                        |                                      | <b>18</b>   | <b>18</b>        |                  |                  |               |
| занятия лекционного типа                                                                                                                                                                                                  |                                      | –           | –                |                  |                  |               |
| лабораторные занятия                                                                                                                                                                                                      |                                      | 18          | 18               |                  |                  |               |
| <b>Иная контактная работа:</b>                                                                                                                                                                                            |                                      | <b>4,2</b>  | <b>4,2</b>       |                  |                  |               |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                                                                                                                                                                     |                                      | 4           | 4                |                  |                  |               |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                                                                                                                                                                            |                                      | 0,2         | 0,2              |                  |                  |               |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                                                                                                                                                                               |                                      | <b>49,8</b> | <b>49,8</b>      |                  |                  |               |
| <i>Контрольная работа</i>                                                                                                                                                                                                 |                                      | 12          | 12               |                  |                  |               |
| <i>Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т. д.)</i> |                                      | 37,8        | 37,8             |                  |                  |               |
| Подготовка к текущему контролю                                                                                                                                                                                            |                                      | –           | –                |                  |                  |               |
| <b>Контроль:</b>                                                                                                                                                                                                          |                                      | <b>–</b>    | <b>–</b>         |                  |                  |               |
| Подготовка к экзамену                                                                                                                                                                                                     |                                      | –           | –                |                  |                  |               |
| <b>Общая трудоёмкость</b>                                                                                                                                                                                                 | <b>час.</b>                          | <b>72</b>   | <b>72</b>        |                  |                  |               |
|                                                                                                                                                                                                                           | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>22,2</b> | <b>22,2</b>      |                  |                  |               |
|                                                                                                                                                                                                                           | <b>зач. ед</b>                       | <b>2</b>    | <b>2</b>         |                  |                  |               |

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 7 семестре (очная форма обучения)

| №  | Наименование разделов (тем)                                                                            | Количество часов |                   |    |    |                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|----------------------|
|    |                                                                                                        | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Внеаудиторная работа |
|    |                                                                                                        |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                      |
| 1. | Методы разработки эффективных высокопроизводительных компьютерных алгоритмов и параллельные вычисления |                  |                   |    | 4  | 12                   |
| 2. | Основы многопоточного и многозадачного программирования, средства OpenMP, MPI и Cuda                   |                  |                   |    | 8  | 23                   |
| 3. | Разработка компьютерных моделей и алгоритмов для решения прикладных задач                              |                  |                   |    | 4  | 8,4                  |
| 4. | Анализ эффективности и вычисленный эксперимент                                                         |                  |                   |    | 2  | 6,4                  |
|    | ИТОГО по разделам дисциплины                                                                           | 67,8             |                   |    | 18 | 49,8                 |
|    | Контроль самостоятельной работы (КСР)                                                                  | 4                |                   |    |    |                      |
|    | Промежуточная аттестация (ИКР)                                                                         | 0,2              |                   |    |    |                      |
|    | Подготовка к текущему контролю                                                                         | –                |                   |    |    |                      |
|    | Общая трудоемкость по дисциплине                                                                       | 72               |                   |    |    |                      |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

Занятия лекционного типа не предусмотрены учебным планом

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

| №  | Наименование раздела (темы)                                                                            | Тематика занятий/разбор                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Форма текущего контроля |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. | Методы разработки эффективных высокопроизводительных компьютерных алгоритмов и параллельные вычисления | Ускорение, эффективность параллельной программы, законы Амдала. Разработка параллельных программ на основе декомпозиции данных. Функциональная и конвейерная декомпозиция. Графовые модели алгоритма, параллельная форма графа алгоритма. Распараллеливание итерационных алгоритмов. Распараллеливание рекурсивных алгоритмов и решение задачи балансировки нагрузки.                                                                                                    | РГЗ                     |
| 2. | Основы многопоточного и многозадачного программирования, средства OpenMP, MPI и Cuda                   | Разработка многопоточных программ для решения некоторых задач линейной алгебры (сложение векторов, скалярное умножение). Разработка параллельной программы для высокопроизводительного умножения матриц на системах с общей памятью. Решение больших систем линейных уравнений на высокопроизводительных вычислительных системах с общей памятью средствами OpenMP. Средства программирования кластеров и вычислительных сетей. Программный интерфейс MPI и службы MPICH | РГЗ                     |
| 3. | Разработка компьютерных моделей и алгоритмов для решения прикладных задач                              | Разработка программ высокопроизводительных вычислений для решения численных задач линейной алгебры на системах с распределенной памятью. Параллельные программы для решения различных численных задач (интегрирование функций, решение нелинейных уравнений, решение дифференциальных уравнений)                                                                                                                                                                         | РГЗ                     |
| 4. | Анализ эффективности и вычисленный эксперимент                                                         | Анализ ускорения и эффективности. Вычислительные эксперименты.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | РГЗ                     |

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и выполнение контрольной работы (КР).

При изучении дисциплины применяется электронное обучение (проектор и ЭВМ), дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Вид СРС                                                                               | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий | Онлайн-курс «Введение в параллельное программирование с использованием OpenMP и MPI». – Национальный исследовательский Томский государственный университет. – URL: <a href="https://www.coursera.org/learn/parallelnoye-programmirovaniye?utm_source=header-for-students-link&amp;utm_content=corp-to-landing-for-students&amp;utm_campaign=header-for-students&amp;utm_medium=coursera">https://www.coursera.org/learn/parallelnoye-programmirovaniye?utm_source=header-for-students-link&amp;utm_content=corp-to-landing-for-students&amp;utm_campaign=header-for-students&amp;utm_medium=coursera</a> |
| 2 | Подготовка к лабораторным занятиям                                                    | Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании кафедры теории функций факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №7 от 18.04.2019 г.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3 | Подготовка к коллоквиуму                                                              | Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании Совета экономического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 29.06.2017 г. Режим доступа: <a href="https://www.kubsu.ru/ru/econ/metodicheskie-ukazaniya">https://www.kubsu.ru/ru/econ/metodicheskie-ukazaniya</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4 | Выполнение расчетно-графических заданий и контрольных работ                           | Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий, утвержденные на заседании Совета экономического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 29.06.2017 г. Режим доступа: <a href="http://docspace.kubsu.ru/docspace/handle/1/1125">http://docspace.kubsu.ru/docspace/handle/1/1125</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в

использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, разбора конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Современные компьютерные алгоритмы».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме *тестовых заданий, разноуровневых заданий, отчетов по индивидуальным и расчетно-графическим заданиям* и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к зачету.

##### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

| № п/п | Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)                                                                                                                          | Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)                                                                                                                                                                                  | Наименование оценочного средства |                               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                | Текущий контроль                 | Промежуточная аттестация      |
| 1     | <i>ПК-4.4. Ориентируется в современных алгоритмах компьютерной математики и имеет практический опыт разработки программных модулей на основе механико-математических моделей</i> | Знает основные концепции разработки вычислительных программ и приложения, а также основные приемы программирования на основе объектно-ориентированных технологий для компьютерного моделирования при решении прикладных задач. | <i>РГЗ №1</i>                    | <i>Вопрос на зачете 1-10</i>  |
| 2     | <i>ПК-4.4. Ориентируется в современных алгоритмах компьютерной математики и имеет практический опыт разработки программных модулей на основе механико-математических моделей</i> | Умеет реализовать компьютерные алгоритмы иерархий объектов для реализации алгоритмов решения численных задач математической физики и инженерии, проводить анализ производительности программ и анализ результатов расчета.     | <i>РГЗ №2</i>                    | <i>Вопрос на зачете 10-22</i> |

|   |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                           |        |                        |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------|
| 3 | ПК-4.4. Ориентируется в современных алгоритмах компьютерной математики и имеет практический опыт разработки программных модулей на основе механико-математических моделей | Владеет навыками программирования и разработки эффективных иерархических алгоритмов, анализа структуры вычислительных алгоритмов, связями между задачами и промежуточными методами компьютерного проекта. | РГЗ №3 | Вопрос на зачете 22–33 |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------|

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**  
**Примерный перечень вопросов и заданий**

### **Расчетно-графическая работа**

*Разработать параллельные программы для систем с общей и распределенной памятью для решения следующих задач:*

- 1. Умножение матриц больших размерностей различными способами: строка на столбец, блочное умножение, быстрое умножение. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.*
- 2. Умножение разреженных матриц. Матрица хранится ненулевыми элементами строки. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.*
- 3. Пусть дана разреженная матрица, представленная ненулевыми элементами строки. Найти транспонированную матрицу. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.*
- 4. Реализовать параллельный алгоритм решения блочных систем уравнений.*
- 5. Реализовать параллельный алгоритм решения систем уравнений ленточного типа.*
- 6. Реализовать параллельный алгоритм нахождения всех нулей заданной на некотором интервале функции.*
- 7. Решение СЛАУ методом исключений Гаусса. Сравнить производительность программы для систем разного размера и при разном количестве рабочих процессов.*
- 8. Выполнить LU-разложение матрицы. Проверить корректность вычислений, т. е., что  $LU = A$ . Здесь  $L$  — нижняя треугольная матрица,  $U$  — верхняя треугольная матрица. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.*
- 9. Задача аппроксимации интеграла непрерывной функции  $f(x)$  на интервале  $[a, b]$ .*
- 10. Параллельный алгоритм поиска в неупорядоченном массиве.*
- 11. Поиск в упорядоченном массиве.*
- 12. Решение задачи оптимизации методом наискорейшего спуска.*
- 13. Про моделировать движение шаров на бильярдном столе. Задать начальные положения и скорости всех шаров, считая движение идеальным, без трения.*
- 14. Решить уравнение Лапласа (эллиптическое дифференциальное уравнение в частных производных) методом Якоби. Известны значения в точках на границе, нужно аппроксимировать решение во внутренних точках области, покрыв область равномерной сеткой точек (сеточные вычисления). В методе Якоби новое значение в каждой точке сетки равно среднему от предыдущих значений её соседних точек (4 точки). Вычисления выполняются по достижению заданной точности (разница между текущей и предыдущей итерацией).*
- 15. Решить уравнение Лапласа (эллиптическое дифференциальное уравнение в*

частных производных) при помощи метода последовательной сверхрелаксации по схеме «красное-чёрное». Известны значения в точках на границе, нужно аппроксимировать решение во внутренних точках области, покрыв область равномерной сеткой точек (сеточные вычисления). Вычисления выполняются по достижению заданной точности (разница между текущей и предыдущей итерацией). Использовать алгоритм пульсации.

16. Решение задачи Коши:  $a_2(x)y'' + a_1(x)y' + a_0(x) = 0$ ;  $y(0) = y_0$ ,  $y'(0) = y_1$

17. Решение двумерной краевой задачи для неоднородного уравнения Лапласа методом

$$\begin{cases} \Delta u = f(x, y) \\ u(x) \big|_{x \in \Omega} = u_0(x) \end{cases}$$

конечных разностей в области  $\Omega$ :

18. Задача выделения областей изображения. Представить изображение матрицей чисел, определяющих цвет пикселя. Определить количество областей, составляющих изображение, используя алгоритм пульсации для межпроцессорного взаимодействия. Два пикселя принадлежат одной области, если они являются соседями по горизонтали или вертикали. Для решения задачи можно использовать матрицу меток областей, назначая метке максимальное значение среди соседей.

19. Задача сглаживания изображения. Представить изображение матрицей чисел, определяющих цвет пикселя (1 — есть цвет, 0 — нет). Нужно убрать «пики» и «зазубрины», затемнить все светлые пиксели, у которых как минимум  $d$  соседей не освещены, то же сделать и для тёмных пикселей. Использовать алгоритм пульсации. Рассмотреть задачу для разных изображений, разного количества процессоров, числа  $d$ .

20. Нахождение простых чисел  $< n$  решетом Эратосфена. Использовать конвейер процессов-фильтров, каждый получает поток чисел от соседа слева и отправляет поток соседу справа (последний — первому). Первое число, полученное фильтром, будет простым; отсылаем соседу числа, не кратные первому. Конец списка можно отслеживать специальным маркером, когда процесс завершает работу.

21. Генерация простых чисел  $< n$  с помощью портфеля задач. Используется алгоритм «управляющий-работчие». Управляющий передаёт рабочим процессам числа, кандидаты в простые (например, 5, 7, 9, ...). Рабочие процессы имеют начальный массив простых чисел (2, 3), простые числа, полученное простые числа передаются управляющему, который и может рассылать их остальным процессам.

22. Найти кратчайшие пути между всеми парами вершин непустого взвешенного графа, если в нём нет циклов отрицательной суммарной длины, либо обнаружить наличие таких циклов. Для решения задачи использовать параллельную реализацию алгоритма Флойда.

23. Для взвешенного неориентированного графа найти его поддерево, соединяющее все вершины и обладающее минимальным суммарным весом рёбер (минимальное остовное дерево). Для решения задачи использовать параллельную реализацию алгоритма Прима.

24. Найти разбиение множества вершин заданного неориентированного графа на непересекающиеся.

25. Реализовать параллельный алгоритм быстрой сортировки.

26. Реализовать параллельный алгоритм сортировки слиянием.

#### **Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)**

- 1) Понятие, основные принципы и задачи параллельной обработки данных.
- 2) Архитектура Фон-Неймана и параллельные компьютеры.
- 3) Классификация многопроцессорных систем: классификация Флинна; сильно и

- слабосвязанные процессоры; системы с разделяемой и распределенной памятью, кластеры.
- 4) Производительность параллельных вычислительных систем: методы оценки (тест Linpack), единые числовые параметры Mflops и MIPS, пиковая и реальная производительность компьютеров.
  - 5) Оценка производительности параллельной программы: ускорение, эффективность.
  - 6) Законы Амдала и его следствия.
  - 7) Классификация методов распараллеливания: функциональная алгоритмическая декомпозиция и декомпозиция данных.
  - 8) Конвейерный способ организации параллельных вычислений.
  - 9) Граф алгоритма как компактная параметрическая форма представления информационных связей в программе.
  - 10) Информационная независимость операций и возможность их параллельного исполнения.
  - 11) Ярусно-параллельная форма графа алгоритма, высота, ширина, каноническая ЯПФ.
  - 12) Эквивалентные преобразования программ.
  - 13) Графовые модели алгоритма для линейного класса программ: лексикографический порядок; простые и элементарные итерационные алгоритмы;
  - 14) Постановка задачи построения графа алгоритма и определение подмножеств независимых операций в итерационных алгоритмах.
  - 15) Задача оптимального отображения параллельных процессов на архитектуру многопроцессорной вычислительной системы.
  - 16) Технологии параллельного программирования: MPI, OpenMP, специализированные языки программирования: достоинства и недостатки, связь с архитектурой вычислительной системы.
  - 17) Процесс и поток, функции для создания и управления процессами и потоками в ОС Windows.
  - 18) Многопоточное программирование. Interlocked-функции для атомарных операций. Критические секции.
  - 19) Многопоточное программирование. Синхронизация потоков с помощью объектов ядра ОС: семафоры, мьютексы, мониторы.
  - 20) Стандарт OpenMP программирования систем с общей памятью. Директивы, опции, функции и переменные окружения.
  - 21) Модель памяти OpenMP: Общие и локальные переменные
  - 22) Стандарт OpenMP. Параллельные циклы, управление распределением итераций между потоками, редукция.
  - 23) Параллельные секции, задачи и барьерная синхронизация в OpenMP.
  - 24) MPICH и запуск на исполнение MPI-программы на вычислительных узлах.
  - 25) Функция инициализации и завершения MPI-программы.
  - 26) MPI-функции определения числа процессов и номера процесса в коммуникационной группе.
  - 27) MPI-функции передачи и приема сообщений и данных между процессами.
  - 28) Различия между функциями MPI\_Send и MPI\_Isend.
  - 29) Различия между функциями MPI\_Send и MPI\_Ssend.
  - 30) Различия между MPI-функциями MPI\_RECV и MPI\_Irecv.
  - 31) Блокирующие и неблокирующие функции приема сообщений.
  - 32) Коллективная функция барьерной синхронизации в MPI.
  - 33) Функция коллективного обмена MPI\_Bcast, MPI\_Gather, MPI\_Reduce.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

*Критерии оценивания по зачету:*

*«зачтено»:* студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает вопросы основного учебно-программного материала, допускает незначительные ошибки; студент умеет обоснованно применять и правильно реализовывать современные компьютерные алгоритмы при решении прикладных задач; справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.

*«не зачтено»:* материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется реализовывать базовые компьютерные алгоритмы при решении прикладных задач, довольно ограниченный объем выполненных заданий, предусмотренных программой дисциплины.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1 Богачёв, К. Ю. Основы параллельного программирования: учебное пособие / К. Ю. Богачёв. — 4-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-758-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135516>

2. Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA: учебное пособие для академического бакалавриата / А. А. Малявко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 115 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02916-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/415311>

3. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 356 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN

978-5-534-02714-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/412710>

## **5.2. Периодическая литература**

1. Журнал "Вычислительная механика сплошных сред" <http://www2.icmm.ru/journal/>
2. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>

## **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
7. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### **Информационные справочные системы:**

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### **Ресурсы свободного доступа:**

1. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
2. Курсы ведущих вузов России" <http://www.openedu.ru/>;
3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
4. Онлайн-курсы и сертификаты от ведущих вузов мира <https://ru.coursera.org/>.
5. Российская система прочностного анализа на основе метода спектральных конечных элементов Fidesys <http://www.cae-fidesys.com/ru/about/info>

## **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

– *Общие рекомендации по самостоятельной работе обучающихся.*

*Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа*

обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение о самостоятельной работе студентов (утверждено приказом № 272 КубГУ от 03 марта 2016 г.).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

| Наименование специальных помещений                                                                                                                | Оснащенность специальных помещений                                     | Перечень лицензионного программного обеспечения                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа                                                                                         |                                                                        |                                                                                       |
| Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения:<br>Компьютеры | Microsoft Windows<br>Microsoft Office Professional Plus<br>Fortran, C++, C#<br>MatLab |

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

| Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся                       | Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся                                                                                                               | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки) | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети |                                                 |

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                                                               | «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)                                                                                                                                                                             |  |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ИС 6, ИС 7) | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi) |  |