

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский



» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Системы параллельных вычислений

Направление подготовки: 10.03.01 - Информационная безопасность

Профиль подготовки: Безопасность компьютерных систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший преподаватель, б/с Еникеев Р.Р. (кафедра системного анализа и информационных технологий, отделение фундаментальной информатики и информационных технологий), renikееv@kpfu.ru ; Афанасьев Марат Наилевич

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	способность применять соответствующий математический аппарат для решения профессиональных задач
ПК-14	способность организовывать работу малого коллектива исполнителей в профессиональной деятельности
ПК-2	способность применять программные средства системного, прикладного и специального назначения, инструментальные средства, языки и системы программирования для решения профессиональных задач

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- понимать принципы построения и функционирования аппаратно-программных комплексов, предназначенных для проведения параллельных вычислений

Должен уметь:

- ориентироваться в аппаратном и программном обеспечении параллельных систем

Должен владеть:

- теоретическими знаниями о построении и программировании параллельных систем

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания в своей профессиональной деятельности

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.09.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 10.03.01 "Информационная безопасность (Безопасность компьютерных систем)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 54 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Архитектуры компьютеров параллельного действия	7	6	0	3	12
2.	Тема 2. Сети межсоединений	7	6	0	3	12
3.	Тема 3. Производительность СПВ	7	4	0	2	8
4.	Тема 4. Программное обеспечение	7	4	0	2	8
5.	Тема 5. Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы	7	4	0	2	8
6.	Тема 6. Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы	7	4	0	2	0
7.	Тема 7. ПО для многомашинных систем	7	4	0	2	0
8.	Тема 8. Большие задачи параллельных вычислений	7	4	0	2	6
	Итого		36	0	18	54

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Архитектуры компьютеров параллельного действия

Архитектура ЭВМ: память, процессор, системная шина, кэш-память, регистры, магнитные диски, твердотельные накопители, RAID-массив.

Параллельное выполнение последовательных программ: конвейеры в ЦП и в памяти, суперскалярные процессоры.

Архитектуры компьютеров параллельного действия: основные задачи, многопроцессорные и многомашинные системы, принципы конструирования и функционирования.

###### Тема 2. Сети межсоединений

Сети межсоединений: построение эффективных сетей передачи данных для осуществления взаимодействия вычислительных устройств и памяти в системах параллельных вычислений.

Эффективное соединение процессоров и памяти в многопроцессорных системах.

Эффективное соединение компьютеров в многомашинных системах.

###### Тема 3. Производительность СПВ

Производительность систем параллельных вычислений и эффективность параллельных компьютеров: оценка пиковой производительности параллельной системы, методы достижения пиковой производительности, асимпт. Закон Амдала и теоретическая оценка максимального ускорения программы путем распараллеливания.

Тесты для измерения реальной производительности.

###### Тема 4. Программное обеспечение

Программное обеспечение: способы построения параллельного программного обеспечения, модели управления, вычислительные парадигмы, методы коммуникации.

Создание процессов, потоков и их различия.

Примитивы синхронизации: мьютексы, семафоры, события, атомарные переменные, состояние гонки и дедлоки.

Разработка параллельных структур данных.

### **Тема 5. Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы**

Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы: классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с коммутируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA.

### **Тема 6. Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы**

Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы. Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, программное обеспечение для управления многомашинными системами, коммерческие сети межсоединений.

Распределенные системы.

### **Тема 7. ПО для многомашинных систем**

ПО для многомашинных систем, связанное ПО для многомашинных систем, системы PVM и MPI, совместно используемая память, распределённая совместно используемая память, системы "Linda" и "Orca".

MPI для распределенных систем: концепция работы, блокирующая и неблокирующая посылка сообщений, передача сообщений точка-точка и широковещательная рассылка, ранги процессов.

### **Тема 8. Большие задачи параллельных вычислений**

Большие задачи параллельных вычислений: климатические и аэродинамические модели, вычислительная математика, цикл моделирования, граф алгоритма.

Применение параллелизма в задачах физики, химии, биологии, медицины.

Параллелизм в системах управления базами данных, интернет-серверах запросов (WWW, DNS, FTP).

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

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"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Цифровой образовательный ресурс "Многопоточное программирование на C/C++" - <https://stepik.org/course/149>

Цифровой образовательный ресурс "Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных", МГУ им.

М.В.Ломоносова - <https://openedu.ru/course/msu/PARPROG/>

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-журнал по ИТ - <http://www.rsdn.ru>

Интернет-портал с образовательными материалами по ИТ - <http://www.intuit.ru>

Команда в MS Teams по курсу "Системы параллельных вычислений" -

<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a475f8327537a4037a49f09e01bdf3cad%40thread.tacv2/conversations?groupId=c6afb>

Портал информационных ресурсов по параллельным вычислениям - <http://parallel.ru/info/sites.html>

Форум по технологиям параллельных вычислений - <http://www.mpi-forum.org/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Изучить архитектуру и классификацию параллельных систем. Изучить закон Амдала и следствие из него. Понимать разницу между многопроцессным и параллельным программированием. Изучить, что такое состояние гонки. Изучить мьютексы и способы его использования для предотвращения состояния гонки. Изучить, что такое взаимные блокировки и способы их избежания. Изучить многопроцессное программирование с помощью библиотеки thread C++11. Изучить параллельное программирование на OpenMP. Изучить библиотеку MPI для распределенного программирования.
лабораторные работы	Научиться использовать библиотеку OpenMP для решения параллельных задач. Научиться распараллеливать итерации цикла, которые не связаны друг с другом. Научиться синхронизировать доступ к общей переменной с помощью критической секции и атомарных операций. Научиться избегать состояния гонки с помощью мьютексов. Научиться использовать библиотеку MPI для распределенного программирования
самостоятельная работа	Изучить прагмы, функции и переменные окружения OpenMP. Научиться использовать их на практике. Изучить основные понятия библиотеки C++ thread: thread, mutex, lock_guard. Научиться писать параллельный код, который позволяет избегать состояния гонки и взаимоблокировки. Изучить библиотеку MPI и научиться использовать ее на практике.
зачет	Изучить теорию по данному курсу: архитектура и классификация параллельных систем, многопроцессное и параллельное программирование, защита доступа к общим данным, синхронизация действий, состояние гонки, взаимная блокировка, библиотеки OpenMP, MPI, thread C++11. Подготовка компьютерных программ по каждой изученной теме: вычисление частичных сумм и задачу о философях.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 10.03.01 "Информационная безопасность" и профилю подготовки "Безопасность компьютерных систем".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.09.01 Системы параллельных вычислений

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 10.03.01 - Информационная безопасность

Профиль подготовки: Безопасность компьютерных систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

**Основная литература:**

1. Кузнецов, А. С. Теория вычислительных процессов : учебник / А. С. Кузнецов, Р. Ю. Царев, А. Н. Князьков. - Красноярск : СФУ, 2015. - 184 с. - ISBN 978-5-7638-3193-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/549796> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Федотов, И. Е. Модели параллельного программирования: Практическое пособие / Федотов И.Е. - Москва : СОЛОН-Пр., 2017. - 392 с. (Библиотека профессионала) ISBN 978-5-91359-222-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/858609> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Кареева, Е. Д. Основы многопоточного и параллельного программирования: Учебное пособие / Кареева Е.Д. - Красноярск: СФУ, 2016. - 356 с.: ISBN 978-5-7638-3385-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/966962> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
4. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления: Пособие / Воеводин В.В., Воеводин В.В. - СПб:БХВ-Петербург, 2015. - 603 с. ISBN 978-5-9775-1860-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/940115> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
5. Борзунов, С. В. Практикум по параллельному программированию: Учебное пособие / Борзунов С.В. - СПб:БХВ-Петербург, 2017. - 236 с. ISBN 978-5-9909805-0-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/978561> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.

**Дополнительная литература:**

1. Максимов, Н. В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем : учебник / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. - 511 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-511-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1079429> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Колдаев, В. Д. Архитектура ЭВМ : учебное пособие / В.Д. Колдаев, С.А. Лупин. - Москва : ИД 'ФОРУМ' : ИНФРА-М, 2020. - 383 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0868-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1047700> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Немнюгин, С. А. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем: Пособие / Немнюгин С.А., Стесик О.Л. - СПб:БХВ-Петербург, 2014. - 397 с. ISBN 978-5-9775-1877-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/940180> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
4. Параллельные вычисления общего назначения на графических процессорах: Учебное пособие / Некрасов К.А., Поташников С.И., Боярченко А.С., - 2-е изд., стер. - Москва :Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 102 с. ISBN 978-5-9765-3182-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/949717> (дата обращения: 07.03.2020). - Режим доступа: по подписке.

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.09.01 Системы параллельных вычислений

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 10.03.01 - Информационная безопасность

Профиль подготовки: Безопасность компьютерных систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.