

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. Гаюровский  
01 » июня 2021 г.



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Взаимодействующие процессы и многопоточное программирование

Направление подготовки: 09.03.02 - Информационные системы и технологии

Профиль подготовки: Информационные системы и технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

## 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): доцент, к.н. (доцент) Хайруллина Л.Э. (Кафедра информационных систем, отделение фундаментальной информатики и информационных технологий), Liliya.Hajrullina@kpfu.ru

### 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-8	Способен применять математические модели, методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем.
ПК-2	Способен выполнять работы по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы
ПК-3	Способен управлять проектами в области ИТ на основе полученных планов проектов в условиях, когда проект не выходит за пределы утвержденных параметров

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- методы параллельного программирования с разделяемыми переменными, синхронизацию процессов через доступ к общим ресурсам, понятие о критических интервалах, семафорах, программирование параллельных алгоритмов с помощью критических интервалов и семафоров.
- методы распределенного параллельного программирования, синхронизацию процессов, взаимодействие распределенных процессов.
- системы параллельного программирования MPI и OpenMP.

Должен уметь:

создавать параллельные программы для алгоритмов матричных задач, для задач решения систем линейных уравнений, для задач сортировок разными методами, для алгоритмов матричных задач на вычислительных системах с топологией двух и трех мерных решеток.

Должен владеть:

теоретическими знаниями о параллельных алгоритмах, о моделях вычислений с параллельно-последовательными структурами управления о модели взаимодействующих процессов, о моделях параллельно-последовательного программирования

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять навыки создания параллельных программ для алгоритмов матричных задач: параллельное умножение матрицы на вектор и матрицы на матрицу несколькими способами. Создавать параллельные программы для задач решения систем линейных уравнений методом Гаусса. Создавать параллельные программы для задач сортировок разными методами. Создавать параллельные программы для алгоритмов обработки графов.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.07.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 09.03.02 "Информационные системы и технологии (Информационные системы и технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 6 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

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

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 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	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. История развития параллельных вычислений. Принципы построения параллельных вычислительных систем.	6	2	2	0	0	2	0	6
2.	Тема 2. Моделирование и анализ параллельных вычислений. Принципы разработки параллельных алгоритмов.	6	2	2	0	0	2	0	6
3.	Тема 3. Оценка коммуникационной сложности параллельных алгоритмов. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных.	6	2	2	0	0	2	0	6
4.	Тема 4. Параллельное программирование на MPI. Принципы разработки параллельных методов.	6	4	4	0	0	4	0	6
5.	Тема 5. Параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор. Параллельные алгоритмы матричного умножения. Параллельные алгоритмы решения систем линейных уравнений.	6	4	4	0	0	4	0	6
6.	Тема 6. Параллельные алгоритмы сортировки данных. Организация параллельных вычислений для систем с общей памятью.	6	4	4	0	0	4	0	6
	Итого		18	18	0	0	18	0	36

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. История развития параллельных вычислений. Принципы построения параллельных вычислительных систем.

Этапы развития параллельных вычислительных систем. Классификация вычислительных систем. Направления развития современных суперкомпьютеров. Пути достижения параллелизма. Классификация Флинна вычислительных систем. Типовые схемы коммуникации в многопроцессорных вычислительных системах

###### Тема 2. Моделирование и анализ параллельных вычислений. Принципы разработки параллельных алгоритмов.

Моделирование и анализ параллельных вычислений. Модель вычислений в виде графа "Операции - операнды". Определение времени выполнения параллельного алгоритма. Показатели эффективности параллельного алгоритма. Принципы разработки параллельных алгоритмов. Моделирование параллельных программ. Этапы разработки параллельных программ

### **Тема 3. Оценка коммуникационной сложности параллельных алгоритмов. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных.**

Оценка коммуникационной сложности параллельных алгоритмов. Характеристики топологии сети передачи данных. Общая характеристика механизмов передачи данных. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных. Передача данных от одного процессора другому. Передача данных от одного процессора всем. Передача данных от всех процессоров всем. Обобщенная передача данных. Циклический сдвиг.

### **Тема 4. Параллельное программирование на MPI. Принципы разработки параллельных методов.**

Параллельное программирование на основе MPI. Основные понятия и определения. Операции передачи данных между двумя процессорами. Операции коллективной передачи данных. Производные типы данных. Управление группами процессов и коммутаторами. Принципы разработки параллельных методов. Моделирование параллельных программ. Этапы разработки параллельных алгоритмов. Параллельное решение гравитационной задачи для N тел.

### **Тема 5. Параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор. Параллельные алгоритмы матричного умножения. Параллельные алгоритмы решения систем линейных уравнений.**

Параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор. Умножение матрицы на вектор при разделении данных по строкам. Умножение матрицы на вектор при разделении данных по столбцам. Умножение матрицы на вектор при блочном разделении данных. Параллельные алгоритмы матричного умножения. Умножение матриц при ленточной схеме разделения данных. Умножение матриц при блочной схеме разделения данных. Алгоритм Фокса. Алгоритм Кэннона. Параллельные алгоритмы решения систем линейных уравнений. Алгоритм Гаусса. Метод сопряженных градиентов.

### **Тема 6. Параллельные алгоритмы сортировки данных. Организация параллельных вычислений для систем с общей памятью.**

Параллельные алгоритмы сортировки данных. Алгоритмы сортировки данных. Параллельные вычисления для систем с общей памятью. Организация параллельных вычислений для систем с общей памятью. Использование OpenMP для параллельных вычислений. Проблемы синхронизации, взаимной блокировки. Организация волновой схемы параллельных вычислений.

## **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 науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/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

## 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)

Open MPI - [www.open-mpi.org/](http://www.open-mpi.org/)

Информационный сервер по параллельным вычислениям - <http://parallel.ru/>

Параллельные вычисления и многопоточное программирование - <https://www.intuit.ru/studies/courses/10554/1092/info>

Форум по OpenMP - [www.openmp.org/](http://www.openmp.org/)

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Для успешного освоения дисциплины рекомендуется в ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на основные определения, типичные примеры. Перед следующей лекцией рекомендуется повторить предыдущий теоретический материал, ознакомиться с примерами, приведенными в списке основной и дополнительной литературы.
лабораторные работы	Важной составной частью учебного процесса в вузе являются лабораторные занятия. При подготовке к лабораторной работе необходимо ознакомиться с заданием. Повторить материал лекций, материал из списка рекомендованной литературы, посмотреть приведенные примеры. Выполнить задание, подготовиться объяснить работу.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Самостоятельная работа - это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом. Во время самостоятельной работы рекомендуется изучить основную литературу, сетевые источники, ознакомиться с дополнительной литературой. В списке Интернет ресурсов для изучения данной дисциплины приведен материал, который помогает закрепить знания, полученные в ходе практических занятий. Самостоятельное прочтение (прослушивание) данного материала позволит повысить уровень знаний по дисциплине.
зачет	Для подготовки к зачету необходимо ознакомиться со списком вопросов, повторить теоретический материал, результаты лабораторных работ. По вопросам для подготовки к зачету изучить основную литературу, ознакомиться с материалом, приведенным в источниках из списка дополнительной литературы, изучить материал из сетевых источников.

### **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.

Мультимедийная аудитория.

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 09.03.02 "Информационные системы и технологии" и профилю подготовки "Информационные системы и технологии".

*Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.07.03 Взаимодействующие процессы и многопоточное  
программирование*

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

Направление подготовки: 09.03.02 - Информационные системы и технологии

Профиль подготовки: Информационные системы и технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

**Основная литература:**

1. Карпова, Е. Д. Основы многопоточного и параллельного программирования: учебное пособие / Карпова Е.Д. - Красноярск: СФУ, 2016. - 356 с.: ISBN 978-5-7638-3385-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/966962> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления: пособие / Воеводин В.В., Воеводин В.В. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2015. - 603 с. ISBN 978-5-9775-1860-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/940115> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. 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> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Федотов, И. Е. Модели параллельного программирования: практическое пособие / Федотов И.Е. - Москва: СОЛОН-Пресс, 2017. - 392 с. (Библиотека профессионала). - ISBN 978-5-91359-222-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/858609> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Бедердинова, О. И. Программирование на языках высокого уровня : учебное пособие / О.И. Бедердинова, Т.А. Минеева, Ю.А. Водовозова. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 159 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1044396> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Немнюгин, С. А. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем: Пособие / Немнюгин С.А., Стесик О.Л. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2014. - 397 с. ISBN 978-5-9775-1877-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/940180> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
4. Колдаев, В. Д. Основы алгоритмизации и программирования : учебное пособие / В.Д. Колдаев ; под ред. проф. Л.Г. Гагариной. - Москва : ИД 'ФОРУМ' : ИНФРА-М, 2019. - 414 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0733-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/980416> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.07.03 Взаимодействующие процессы и многопоточное  
программирование*

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

Направление подготовки: 09.03.02 - Информационные системы и технологии

Профиль подготовки: Информационные системы и технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

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.