

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Вятский государственный университет»  
(ВятГУ)  
г. Киров

Утверждаю  
Директор/Декан Бушмелева Н. А.



Номер регистрации  
РПД\_3-01.03.02.52\_2020\_114716  
Актуализировано: 04.03.2021

**Рабочая программа дисциплины**  
**Параллельное программирование**

	наименование дисциплины
Квалификация выпускника	Бакалавр
Направление подготовки	01.03.02 шифр
	Прикладная математика и информатика наименование
Направленность (профиль)	3-01.03.02.52 шифр
	Математическое и программное обеспечение информационных систем наименование
Формы обучения	Очная наименование
Кафедра-разработчик	Кафедра прикладной математики и информатики (ОРУ) наименование
Выпускающая кафедра	Кафедра прикладной математики и информатики (ОРУ) наименование

## Сведения о разработчиках рабочей программы дисциплины

Торбеева Анна Владимировна

---

ФИО

## Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины	Цель дисциплины: ознакомление студентов с теоретическими и практическими аспектами параллельного программирования. Формирование знаний и представлений о современных технологиях параллельного программирования и их применении в научной деятельности и при разработке программных систем и комплексов.
Задачи дисциплины	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Формирование представления об общих принципах параллельного программирования.</li> <li>2. Знакомство с технологиями параллельного программирования.</li> <li>3. Ознакомление с основными тенденциями развития и требованиями, предъявляемыми к параллельному программированию.</li> <li>4. Обучение самостоятельному поиску и использованию нормативно-технической и справочной литературы и электронных источников информации.</li> <li>5. Развитие всех видов мышления в процессе творческого исследования различных методов решения задач.</li> <li>6. Воспитание творческого подхода к решению проблем, возникающих в процессе профессиональной деятельности.</li> </ol>

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

#### Компетенция ПК-1

Способен разрабатывать и анализировать требования к программному обеспечению, разрабатывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие, проектировать программное обеспечение		
Знает	Умеет	Владеет
классификацию вычислительных систем, принципы взаимодействия и взаимоисключения потоков, средства синхронизации потоков; общую схему разработки параллельных методов; параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор; технологии параллельного программирования	выбирать технологию параллельного программирования в зависимости от архитектуры вычислительной системы; разрабатывать параллельные алгоритмы и выполнять оценку их временной сложности; проектировать взаимодействие потоков с учетом возможностей используемой технологии и вычислительной системы	навыками разработки параллельных программ, их отладки и оценки временной сложности

**Структура дисциплины**  
**Тематический план**

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Шифр формируемых компетенций
1	Введение в параллельное программирование	ПК-1
2	Основы разработки параллельных программ для систем с общей памятью	ПК-1
3	Основы разработки параллельных программ для распределенных и гибридных систем	ПК-1
4	Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	ПК-1

**Формы промежуточной аттестации**

Зачет	Не предусмотрен (Очная форма обучения)
Экзамен	6 семестр (Очная форма обучения)
Курсовая работа	Не предусмотрена (Очная форма обучения)
Курсовой проект	Не предусмотрена (Очная форма обучения)

### Трудоемкость дисциплины

Форма обучения	Курсы	Семестры	Общий объем (трудоемкость)		Контактная работа, час	в том числе аудиторная контактная работа обучающихся с преподавателем, час				Самостоятельная работа, час	Курсовая работа (проект), семестр	Зачет, семестр	Экзамен, семестр
			Часов	ЗЕТ		Всего	Лекции	Семинарские, практические занятия	Лабораторные занятия				
Очная форма обучения	3	6	144	4	83	54	18	0	36	61			6

## Содержание дисциплины

### Очная форма обучения

Код занятия	Наименование тем занятий	Трудоемкость, академических часов
<b>Раздел 1 «Введение в параллельное программирование»</b>		<b>14.50</b>
<b>Лекции</b>		
Л1.1	Понятие параллельного программирования. Необходимость параллельного программирования. Значимость параллельного программирования. Примеры параллельных вычислительных систем: суперкомпьютеры, кластеры. Классификация архитектур вычислительных систем: SMP, MPP, PVP. Классификация вычислительных систем (систематика Флинна).	2.00
Л1.2	Оценка эффективности параллельных вычислений. Общая схема разработки параллельных методов. Оценка коммуникационной сложности алгоритмов	2.00
<b>Лабораторные занятия</b>		
Р1.1	Оптимизация при работе с памятью на примере умножения матриц	4.00
<b>Самостоятельная работа</b>		
С1.1	Подготовка к лекциям	2.00
С1.2	Подготовка к лабораторным работам	2.00
<b>Контактная внеаудиторная работа</b>		
КВР1.1	Контактная внеаудиторная работа	2.50
<b>Раздел 2 «Основы разработки параллельных программ для систем с общей памятью»</b>		<b>45.00</b>
<b>Лекции</b>		
Л2.1	Организация параллельных программ как системы потоков: понятия процесса и потока. Взаимодействие и взаимоисключение потоков. Алгоритмы взаимоисключения потоков. Проблемные ситуации при многопоточности: гонки, тупики, бесконечное откладывание.	2.00
Л2.2	Средства синхронизации потоков: семафоры, мьютексы, условные переменные. Потоки и их синхронизация средствами стандартной библиотеки языка C++ (начиная со стандарта C++11).	1.00
Л2.3	Классические задачи синхронизации: «поставщики-потребители», «обедающие философы», «читатели-писатели», «спящий парикмахер».	1.00
Л2.4	Основы технологии OpenMP.	2.00
<b>Лабораторные занятия</b>		
Р2.1	Основы работы с потоками средствами стандартной библиотеки языка C++ (заголовочный файл thread)	2.00

P2.2	Синхронизация потоков в C++	2.00
P2.3	Классические задачи синхронизации.	4.00
P2.4	Введение в OpenMP	2.00
P2.5	OpenMP. Синхронизация потоков	2.00
<b>Самостоятельная работа</b>		
C2.1	Подготовка к лекциям	3.00
C2.2	Подготовка к лабораторным работам	12.00
<b>Контактная внеаудиторная работа</b>		
КВР2.1	Контактная внеаудиторная работа	12.00
<b>Раздел 3 «Основы разработки параллельных программ для распределенных и гибридных систем»</b>		<b>57.50</b>
<b>Лекции</b>		
ЛЗ.1	Основы программирования для систем с распределенной памятью. Особенности разработки параллельных алгоритмов для распределенных и гибридных систем на примере параллельных методов умножения матрицы на вектор.	2.00
ЛЗ.2	Технология MPI. Введение. Компиляция и запуск MPI-программы. Парные операции.	1.00
ЛЗ.3	Технология MPI. Двухточечные обмены. Синхронная, буферизованная отправка и отправка по готовности. Неблокирующие обмены. Отложенные запросы.	1.00
ЛЗ.4	Технология MPI. Коллективные операции. Группы процессов и коммутаторы. Создание виртуальных топологий. Производные типы данных. Упаковка и распаковка данных.	2.00
ЛЗ.5	Основы программирования графических процессоров и гибридных систем. Технология CUDA.	2.00
<b>Лабораторные занятия</b>		
РЗ.1	MPI. Введение. Простейшие обмены. Синхронная, буферизованная отправка и отправка по готовности.	4.00
РЗ.2	MPI. Неблокирующие обмены и отложенные запросы.	4.00
РЗ.3	MPI. Коллективные обмены	4.00
РЗ.4	Реализация параллельных алгоритмов умножения матрицы на вектор с использованием технологии MPI	4.00
РЗ.5	Основы технологии CUDA. Программирование графических процессоров	4.00
<b>Самостоятельная работа</b>		
C3.1	Подготовка к лекциям	4.00
C3.2	Подготовка к лабораторным работам	13.50
<b>Контактная внеаудиторная работа</b>		
КВР3.1	Контактная внеаудиторная работа	12.00
<b>Раздел 4 «Подготовка и прохождение промежуточной аттестации»</b>		<b>27.00</b>
Э4.1	Подготовка к сдаче экзамена	24.50
КВР4.1	Консультация перед экзаменом	2.00
КВР4.2	Сдача экзамена	0.50
<b>ИТОГО</b>		<b>144.00</b>

Содержание дисциплины данной рабочей программы используется при обучении по индивидуальному учебному плану, при ускоренном обучении, при применении дистанционных образовательных технологий и электронном обучении (при наличии).



## Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие обучающегося на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. Обучающийся обязан посещать лекции, семинарские, практические и лабораторные занятия (при их наличии), получать консультации преподавателя и выполнять самостоятельную работу.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, методических указаний и разработок, указанных в программе, особое внимание уделить целям, задачам, структуре и содержанию дисциплины.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Тематика лекций определяется настоящей рабочей программой дисциплины.

Лекции – это систематическое устное изложение учебного материала. На них обучающийся получает основной объем информации по каждой конкретной теме. Лекции обычно носят проблемный характер и нацелены на освещение наиболее трудных и дискуссионных вопросов.

Предполагается, что обучающиеся приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендованным программой. Часто обучающимся трудно разобраться с дискуссионными вопросами, дать однозначный ответ. Преподаватель, сравнивая различные точки зрения, излагает свой взгляд и нацеливает их на дальнейшие исследования и поиск научных решений. После лекции желательно вечером перечитать и закрепить полученную информацию, тогда эффективность ее усвоения значительно возрастает. При работе с конспектом лекции необходимо отметить материал, который вызывает затруднения для понимания, попытаться найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю.

Целью семинарских занятий является проверка уровня понимания обучающимися вопросов, рассмотренных на лекциях и в учебной литературе.

Целью практических и лабораторных занятий является формирование у обучающихся умений и навыков применения теоретических знаний в реальной практике решения задач; восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса.

Семинарские, практические и лабораторные занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и прикладных задач, выработку навыков интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий. Для успешного участия в семинарских, практических и лабораторных занятиях обучающемуся следует тщательно подготовиться.

Основной формой подготовки обучающихся к практическим (лабораторным) занятиям является самостоятельная работа с учебно-методическими материалами, научной литературой, статистическими данными и т.п.

Изучив конкретную тему, обучающийся может определить, насколько хорошо он в ней разобрался. Если какие-то моменты остались непонятными, целесообразно составить список вопросов и на занятии задать их преподавателю. Практические (лабораторные) занятия предоставляют обучающемуся возможность творчески раскрыться, проявить инициативу и развить навыки публичного ведения дискуссий и общения.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя выполнение различного рода заданий (изучение учебной и научной литературы, материалов лекций, систематизацию прочитанного материала, подготовку контрольной работы, решение

задач, подготовка докладов, написание рефератов, публикация тезисов, научных статей, подготовка и защита курсовой работы / проекта и другие), которые ориентированы на глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины.

Обучающимся рекомендуется систематически отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки.

Внутренняя система оценки качества освоения дисциплины включает входной контроль уровня подготовленности обучающихся, текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию, направленную на оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (в том числе результатов курсового проектирования (выполнения курсовых работ) при наличии).

При проведении промежуточной аттестации обучающегося учитываются результаты текущего контроля, проводимого в течение освоения дисциплины.

Процедура оценивания результатов освоения дисциплины осуществляется на основе действующих локальных нормативных актов ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», с которыми обучающиеся знакомятся на официальном сайте университета [www.vyatsu.ru](http://www.vyatsu.ru).

## **Учебно-методическое обеспечение дисциплины, в том числе учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося по дисциплине**

### **Учебная литература (основная)**

3) Сиротина, Н. Ю. Параллельные вычислительные системы : учебное пособие / Н. Ю. Сиротина, О. В. Непомнящий, К. В. Коршун, В. С. Васильев. - Красноярск : СФУ, 2019. - 178 с. - ISBN 978-5-7638-4180-0 : Б. ц. - URL: <https://e.lanbook.com/book/157580> (дата обращения: 15.05.2020). - Режим доступа: ЭБС Лань. - Текст : электронный.

4) Каропова, Е. Д. Основы многопоточного и параллельного программирования : учебное пособие / Е.Д. Каропова. - Красноярск : СФУ, 2016. - 355 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7638-3385-0 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497217/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

1) Гергель, Виктор Павлович. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : учеб. пособие / В. П. Гергель ; ННГУ. - М. : Изд-во МГУ : Физматлит : Изд-во ННГУ, 2010. - 539, [4] с. - (Суперкомпьютерное образование). - Библиогр.: с. 534-539. - ISBN 978-5-211-059937-5 : 220.00 р. - Текст : непосредственный.

2) Антонов, Александр Сергеевич. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP : учеб. пособие / А. С. Антонов ; МГУ. - Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2012. - 339, [1] с. - (Суперкомпьютерное образование). - Библиогр.: с. 333-334. - ISBN 978-5-211-06343-3 : 130.00 р. - Текст : непосредственный.

5) Основы высокопроизводительных вычислений. Т. 2 Технологии параллельного программирования : учебное пособие / К.Е. Афанасьев, С.В. Стуколов, В.В. Малышенко, С.Н. Карабцев, Н.Е. Андреев. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - 412 с. - ISBN 978-5-8353-1246-7 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232204/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

### **Учебная литература (дополнительная)**

4) Арыков, С. Б. Параллельное программирование над общей памятью: OpenMP : учебное пособие / С.Б. Арыков, М.А. Городничев, Г.А. Шукин. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. - 95 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 88-90. - ISBN 978-5-7782-3796-4 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576119/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

3) Туральчук, К. А. Параллельное программирование с помощью языка С# / К.А. Туральчук. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 190 с. - Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429098/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

5) Гергель, Виктор Павлович. Современные языки и технологии параллельного программирования : учебник / В. П. Гергель ; Б-ка Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012. - 402, [4] с. - (Суперкомпьютерное образование). - Библиогр.: с. 394-402. - ISBN 978-5-211-06380-8 : 130.00 р. - Текст : непосредственный.

1) Кудин, А. В. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем : учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «информационные технологии и компьютерное моделирование в прикладной математике» / А. В. Кудин, А. В. Линёв. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2007. - 73 с. - Б. ц. - URL: <https://e.lanbook.com/book/153263> (дата обращения: 15.05.2020). - Режим доступа: ЭБС Лань. - Текст : электронный.

2) Якобовский, М. В. Введение в параллельные методы решения задач : учебное пособие / М.В. Якобовский. - Москва : Московский Государственный Университет, 2013. - 330 с. : ил., табл. - (Суперкомпьютерное образование). - ISBN 978-5-211-06382-2 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=595703/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

6) Немнюгин, С. А. Введение в программирование на кластерах / С.А. Немнюгин. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 247 с. - Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429082/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

7) Основы высокопроизводительных вычислений. Т. 1 Высокопроизводительные вычислительные системы : учебное пособие / К.Е. Афанасьев. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011. - 246 с. - ISBN 978-5-8353-1098-2 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232203/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

8) Афанасьев, К. Е. Основы высокопроизводительных вычислений. Т. 3 Параллельные вычислительные алгоритмы : учебное пособие / К.Е. Афанасьев. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - 185 с. - ISBN 978-5-8353-1546-8 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232205/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

**Учебно-методические издания**

РПД\_3-01.03.02.52\_2020\_114716

1) Практикум по методам параллельных вычислений : учебник / А. В. Старченко, Е. А. Данилкин, В. И. Лаева, С. А. Проханов ; ред. А. В. Старченко ; Том. гос. ун-т . - М. : [б. и.], 2010. - 199 с. - (Суперкомпьютерное образование). - Библиогр.: с. 194-195. - ISBN 978-5-211-05976-4 : 99.00 р. - Текст : непосредственный.

### **Электронные образовательные ресурсы**

- 1) Портал дистанционного обучения ВятГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://mooc.do-kirov.ru/>
- 2) Раздел официального сайта ВятГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: [https://www.vyatsu.ru/php/programms/eduPrograms.php?Program\\_ID=3-01.03.02.52](https://www.vyatsu.ru/php/programms/eduPrograms.php?Program_ID=3-01.03.02.52)
- 3) Личный кабинет студента на официальном сайте ВятГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://new.vyatsu.ru/account/>
- 4) Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/>

### **Электронные библиотечные системы (ЭБС)**

- ЭБС «Научная электронная библиотека eLIBRARY» (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)
- ЭБС «Издательства Лань» (<http://e.lanbook.com/>)
- ЭБС «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru))
- Внутренняя электронно-библиотечная система ВятГУ (<http://lib.vyatsu.ru/>)
- ЭБС «ЮРАЙТ» (<https://urait.ru>)

### **Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

- ГАРАНТ
- КонсультантПлюс
- Техэксперт: Нормы, правила, стандарты
- Роспатент (<https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema>)
- Web of Science® (<http://webofscience.com>)

## Материально-техническое обеспечение дисциплины

### Демонстрационное оборудование

Перечень используемого оборудования
Компьютер в сборе №1
Компьютер персональный
МУЛЬТИМЕДИА ПРОЕКТОР CASIO XJ-F210WN С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ КАБЕЛЕМ HDMI

### Специализированное оборудование

Перечень используемого оборудования
ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР ICL S273.Mi (МОНОБЛОК)

**Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, в том числе лицензионное и свободно распространяемое ПО (включая ПО отечественного производства)**

№ п.п	Наименование ПО	Краткая характеристика назначения ПО
1	Программная система с модулями для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»	Программный комплекс для проверки текстов на предмет заимствования из Интернет-источников, в коллекции диссертация и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ) и коллекции нормативно-правовой документации LEXPRO
2	Microsoft Office 365 ProPlusEdu ALNG SubsVL MVL AddOn toOPP	Набор веб-сервисов, предоставляющий доступ к различным программам и услугам на основе платформы Microsoft Office, электронной почте бизнес-класса, функционалу для общения и управления документами
3	Office Professional Plus 2016	Пакет приложений для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных, презентациями
4	Windows Professional	Операционная система
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса	Антивирусное программное обеспечение
6	Справочная правовая система «Консультант Плюс»	Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации
7	Электронный периодический справочник ГАРАНТ Аналитик	Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации
8	Security Essentials (Защитник Windows)	Защита в режиме реального времени от шпионского программного обеспечения, вирусов.
9	МойОфис Стандартный	Набор приложений для работы с документами, почтой, календарями и контактами на компьютерах и веб браузерах
10	Visual Studio Community	Интегрированная среда разработки ПО
11	CUDA Toolkit	программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений, которая позволяет существенно увеличить вычислительную производительность благодаря использованию графических процессоров фирмы Nvidia
12	Microsoft MPI	для разработки и параллельного запуска программ

Обновленный список программного обеспечения данной рабочей программы находится по адресу:  
[https://www.vyatsu.ru/php/list\\_it/index.php?op\\_id=114716](https://www.vyatsu.ru/php/list_it/index.php?op_id=114716)