

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Параллельное программирование  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 09.04.02 Информационные системы и технологии  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Информационные технологии и системная инженерия  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Овладение современными подходами и методами построения формальных моделей информационных систем и процессов на основе их структурного и системного анализа.  
В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие компетенции:  
- способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы);  
- умение разрабатывать новые технологии проектирования информационных систем;  
- способность создавать новые программные продукты на основе результатов НИР в области управления производственными системами.  
В результате изучения дисциплины обучающийся должен быть способен участвовать в проектировании и разработке программного обеспечения, использующего технологии параллельных вычислений.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- алгоритмы параллельной обработки данных;  
- архитектуры параллельных вычислительных систем;  
- технологии MPI и OMP.

### 1.3. Входные требования

Предшествующие дисциплины:  
- дисциплины бакалавриата.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает принципы построения параллельных вычислительных систем; пути достижения параллелизма; принципы организации параллельных вычислений.	Знает индустриальные средства разработки и интеграции информационных систем	Зачет
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет оценивать эффективность параллельного алгоритма; разрабатывать алгоритмы параллельной обработки данных.	Умеет вести разработку на языке Java, разрабатывать интеграционные компоненты, строить маршруты обработки сообщений, распараллеливать вычисления, использовать облачные платформы	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками разработки программного обеспечения с использованием технологии MPI	Владеет навыками создания web- и мобильных приложений с использованием интеграционных компонентов и микросервисов	Зачет

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	52	52	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	14	14	
- лабораторные работы (ЛР)	36	36	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	56	56	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Принципы построения параллельных вычислительных систем	2	0	0	4
Введение. Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия, термины и определения Тема 1. Параллельные вычислительные системы Тема 2. Схемы коммуникации в многопроцессорных вычислительных системах				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Моделирование параллельных вычислений	2	4	0	5
Тема 3. Анализ параллельных вычислений Тема 4. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов				
Параллельное программирование на основе MPI	2	8	0	5
Тема 5. Основные понятия MPI Тема 6. Разработка программ на основе MPI				
Параллельное программирование на основе OMP	2	8	0	10
Тема 7. Основные понятия. Разработка программ на основе OMP				
Параллельные алгоритмы линейной алгебры	2	6	0	10
Тема 8. Параллельные методы матричного умножения. Тема 9. Решение систем линейных уравнений.				
Параллельные методы сортировки	2	4	0	10
Тема 10. Пузырьковая сортировка. Сортировка Шелла. Быстрая сортировка.				
Параллельные методы на графах	2	6	0	12
Тема 11. Поиск кратчайших путей. Тема 12. Нахождение минимального охватывающего дерева. Задача оптимального разделения графов. Заключение				
ИТОГО по 2-му семестру	14	36	0	56
ИТОГО по дисциплине	14	36	0	56

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Операции передачи данных между двумя процессами. Коллективные операции передачи данных.
2	Производные типы данных. Управление группами процессов и коммутаторами.
3	Умножение матрицы на вектор. Матричное произведение.
4	Решение системы линейных алгебраических уравнений параллельными методами.
5	Параллельные методы сортировки.
6	Параллельные методы обработки графов. Задача поиска кратчайших путей. Задача нахождения минимального охватывающего дерева.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Гергель В. П. Современные языки и технологии параллельного программирования : учебник для вузов. Москва : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012. 406 с. 32,9 усл. печ. л.	35
2	Заботина Н. Н. Проектирование информационных систем : учебное пособие для вузов. Москва : ИНФРА-М, 2013. 330 с. 21,0 усл. печ. л.	2

3	Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA : учебное пособие для вузов / Боресков А. В., Харламов А. А., Марковский Н. Д., Микушин Д. Н. Москва : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012. 333 с. 27,09 усл. печ. л.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Воеводин В. В. Вычислительная математика и структура алгоритмов : 10 лекций о том, почему трудно решать задачи на вычислительных системах параллельной архитектуры и что надо знать дополнительно, чтобы успешно преодолевать эти трудности учебник для вузов. 2-е изд., стер. Москва : Изд-во МГУ, 2010. 166 с. 10,5 усл. печ. л.	34
2	Гергель В. П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : учебник для вузов. Москва : Изд-во МГУ, 2010. 543 с. 43,86 усл. печ. л.	34
3	Гергель В. П. Теория и практика параллельных вычислений : учебное пособие. Москва : ИНТУИТ : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007. 423 с.	4
4	Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью : учебник для вузов / Корняков К. В., Кустикова В. Д., Мееров И. Б., Сиднев А. А. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Изд-во МГУ, 2010. 266 с. 21,93 усл. печ. л.	34
5	Линев А. В., Боголепов Д. К., Бахраков С. И. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур : учебник для вузов. Москва : Изд-во МГУ, 2010. 151 с. 9,30 усл. печ. л.	34
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Журнал «Информационные технологии»	
2	Журнал «Проблемы теории и практики управления»	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Гергель В. П. Теория и практика параллельных вычислений?	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-100527">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-100527</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Мультимедиа-проектор	1
Лабораторная работа	Ноутбук	1
Лекция	Мультимедиа-проектор	1
Лекция	Ноутбук	1

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Факультет прикладной математики и механики  
Кафедра «Вычислительная математика, механика и биомеханика»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Параллельное программирование»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	09.04.02 Информационные системы и технологии
<b>Профиль программы магистратуры:</b>	Информационные технологии и системная инженерия
<b>Квалификация выпускника:</b>	Магистр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Вычислительная математика, механика и биомеханика
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	Зачет

**Оценочные материалы** (фонд оценочных средств, ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины (РПД). ФОС устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение 2-го семестра. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала и промежуточной аттестации. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля						
	Текущий			Промежуточный/ рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ПЗ	ОЛР	Т/КР/ КИЗ		Зачет
<b>Усвоенные знания</b>							
<b>З.1</b> знать принципы построения параллельных вычислительных систем; пути достижения параллелизма; принципы организации параллельных вычислений	С	ТО				КР	ТВ
<b>Освоенные умения</b>							
<b>У.1</b> уметь оценивать эффективность параллельного алгоритма; разрабатывать алгоритмы параллельной обработки данных				ОЛР	КР		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>							
<b>В.1</b> владеть навыками разработки программного обеспечения с использованием технологии MPI				ОЛР			КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КИЗ – кейс-задача (комплексное индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## 2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с

Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования, выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Промежуточный и рубежный контроль**

Промежуточный и рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных (практических) работ и рубежных контрольных работ.

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланированы рубежные контрольные работы по разделам дисциплины.

#### **Типовые задания КР:**

1. Топологии сетей, характеристики топологий.
2. Механизмы передачи данных, анализ трудоемкости операций передачи данных.

3. Разработка программ на основе MPI. Коммуникаторы, операции передачи данных.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС магистерской программы.

### **2.2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Комплексных индивидуальных заданий по дисциплине не предусмотрено.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений, а также может содержать комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС магистерской программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Схемы коммуникации в многопроцессорных вычислительных системах.
2. Параллельные алгоритмы линейной алгебры.
3. Пузырьковая сортировка.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Решить задачу быстрой сортировки.
2. Найти минимальное охватывающее дерево.
3. Решить задачу оптимального разделения графов.

##### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов решения систем линейных уравнений.
2. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов матричного умножения.
3. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов сортировки.

#### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения при зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при зачете для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС

магистерской программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций**

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС магистерской программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС магистерской программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС магистерской программы.