

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

« 02 » 09 20 19 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль/программа подготовки: Математическое моделирование

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
2	5 / 180	18	–	18	108	экзамен (36 ч.)
Итого	5 / 180	18	–	18	108	экзамен (36 ч.)

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных особенностей программирования параллельных вычислительных процессов и ознакомление с численными методами решения основных математических задач с помощью многопроцессорных систем.

Задачи:

- изучение основных приемов программирования параллельных вычислительных процессов;
- изучение численных методов решения матричных задач, систем линейных уравнений, обыкновенных дифференциальных и дифференциальных уравнений в частных производных на основе технологии параллельного программирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Численные методы параллельной обработки данных» относится к обязательной части блока Б1 Дисциплины (модули) учебного плана.

Изучение данной дисциплины проходит во втором семестре и опирается на результатах изучения дисциплин бакалавриата, развивающих общепрофессиональные компетенции, относящиеся к группам «Теоретические и практические основы профессиональной деятельности» и «Информационно-коммуникационные технологии для профессиональной деятельности» (в первую очередь, направлений подготовки, относящихся к УГСН 010000, 020000, 090000). Набор таких дисциплин зависит от конкретной программы бакалавриата, ранее освоенной студентом. Примерами являются: «Дискретная математика», «Численные методы», «Параллельное программирование», «Математическое моделирование», «Компьютерное сопровождение научных исследований».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции и	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	частичное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• современные проблемы фундаментальной и прикладной математики и информатики и подходы к их решению.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• выбирать и использовать адекватные поставленной задаче методы её решения, в том числе нетрадиционные и использующие междисциплинарные знания.</li></ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• навыками выработки стратегии и оценки достижимости решения актуальных задач фундаментальной и прикладной математики.</li></ul>
ОПК-2	частичное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• основные классические, современные и перспективные подходы и методы решения задач фундаментальной и прикладной математики и информатики.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• адаптировать общие математические методы решения к специфике прикладных задач;</li><li>• предлагать и реализовывать новые методы решения прикладных задач.</li></ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• навыками оценки и сравнительного анализа альтернативных методов решения прикладных задач.</li></ul>
ОПК-4	частичное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• информационно-коммуникационные технологии, используемые при решении прикладных и фундаментальных задач в области профессиональной деятельности.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• применять существующие информационно-коммуникационные</li></ul>

		<p>технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учётом требований информационной безопасности.</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками предварительной оценки по различным критериям и сравнения альтернатив при выборе информационно-коммуникационных технологий для решения задач в области профессиональной деятельности.</li> </ul>
--	--	---

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ в системе MATLAB	2	1-6	6	—	6	36	6 / 50	рейтинг-контроль №1
2	Параллельные численные методы решения задач линейной алгебры	2	7-10	4	—	4	24	3 / 37,5	рейтинг-контроль №2
3	Параллельные численные методы решения дифференциальных уравнений	2	11-14	4	—	4	24	3 / 37,5	рейтинг-контроль №3
4	Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье и иных методов	2	15-18	4	—	4	24	3 / 37,5	
Всего за 2 семестр:		—	18	18	—	18	108	15 / 41,7	экзамен (36)
Наличие в дисциплине КП/КР		—	—	—	—	—	—	—	—
Итого по дисциплине		2	18	18	—	36	108	15 / 41,7	экзамен (36)

#### Содержание лекционных занятий по дисциплине

##### Раздел 1. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ в системе MATLAB.

- 1) Вычислительные задачи как сфера использования многопроцессорных систем. Обзор задач, для которых возможно эффективное параллельное решение. Способы оценки эффективности параллельных численных методов. Основные подходы к разработке параллельных численных методов. Обзор инструментария для программной реализации параллельных численных методов.
- 2) Принципы работы в системе MATLAB. Работа с матрицами. Команды языка MATLAB. Визуализация результатов. Основные функции, реализующие численные методы.
- 3) Обзор Parallel Toolbox. Режимы parfor и spmd. Достоинства и недостатки Parallel Toolbox. Средства анализа эффективности программ в MATLAB.

##### Раздел 2. Параллельные численные методы решения задач линейной алгебры.

- 4) Решение систем линейных алгебраических уравнений. Вычисление частных сумм последовательности числовых значений. Каскадные схемы суммирования. Умножение матрицы на вектор. Матричное умножение.
- 5) Алгоритмы сортировки. Алгоритмы работы с графами.

### **Раздел 3. Параллельные численные методы решения дифференциальных уравнений.**

- 6) Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Решение волнового уравнения.
- 7) Параллельная реализация метода Монте-Карло для вычисления определённых интегралов и для решения дифференциальных уравнений.

### **Раздел 4. Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье и иных методов.**

- 8) Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм Кули-Тьюки быстрого преобразования Фурье и его разновидности. Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье.
- 9) Фурье-метод расщепления по физическим факторам и его параллельная реализация.

#### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

### **Раздел 1. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ в системе MATLAB.**

- 1) Среда разработки MATLAB. Работа с матрицами в MATLAB. (2 ч.)
- 2) Вычислительные средства MATLAB. Визуализация результатов. (2 ч.)
- 3) Режимы параллельных вычислений *parfor* и *spmd*. (2 ч.)

### **Раздел 2. Параллельные численные методы решения задач линейной алгебры.**

- 4) Матричное умножение (2 ч.).
- 5) Алгоритмы работы с графами (2 ч.).

### **Раздел 3. Параллельные численные методы решения дифференциальных уравнений.**

- 1) Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона (2 ч.).
- 2) Метод Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений в частных производных (2 ч.).

### **Раздел 4. Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье и иных методов.**

- 1) Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье (2 ч.).
- 2) Защита лабораторных работ (2 ч.).

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «Численные методы параллельной обработки данных» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Групповая дискуссия (лекционные занятия);
- Разбор конкретных ситуаций (лекционные занятия; лабораторные занятия);
- Обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
- Уровневая дифференциация (лабораторные занятия, контрольные мероприятия).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**Текущий контроль успеваемости студентов**

**Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №1**

- 1) Вычислительные задачи как сфера использования многопроцессорных систем.
- 2) Обзор задач, для которых возможно эффективное параллельное решение.
- 3) Способы оценки эффективности параллельных численных методов.
- 4) Основные подходы к разработке параллельных численных методов.
- 5) Обзор инструментария для программной реализации параллельных численных методов.
- 6) Принципы работы в системе MATLAB. Работа с матрицами. Команды языка MATLAB. Визуализация результатов.
- 7) Основные функции системы MATLAB, реализующие численные методы (решение систем линейных алгебраических уравнений, решение дифференциальных уравнений, гармонический анализ).
- 8) Обзор *Parallel Toolbox*. Режимы *parfor* и *spmd*.

- 9) Достоинства и недостатки *Parallel Toolbox*. Средства анализа эффективности программ в *MATLAB*.

### Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №2

- 1) Решение систем линейных алгебраических уравнений.
- 2) Вычисление частных сумм последовательности числовых значений.
- 3) Каскадные схемы суммирования для вычисления частных сумм арифметических последовательностей.
- 4) Умножение матрицы на вектор. Оценка эффективности.
- 5) Матричное умножение.
- 6) Алгоритмы сортировки.
- 7) Алгоритмы работы с графами.

### Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №3

- 1) Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
- 2) Методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
- 3) Решение волнового уравнения.
- 4) Решение задачи теплопроводности.
- 5) Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
- 6) Параллельная реализация метода Монте-Карло для вычисления определённых интегралов.
- 7) Параллельная реализация метода Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений.
- 8) Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм Кули-Тьюки быстрого преобразования Фурье и его разновидности.
- 9) Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье.
- 10) Фурье-метод расщепления по физическим факторам и его параллельная реализация.

### Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).

#### Примерный перечень вопросов к экзамену

Экзамен предполагает письменный ответ студента на теоретический вопрос, продемонстрированный примером программы, и устное пояснение ответа. Пример программы является обязательным элементом ответа, и его качество оценивается как составляющая общей оценки за экзамен.

Список вопросов:

- 1) Примеры практического применения параллельных численных методов. Привести программный пример применения параллельного численного метода для какой-либо задачи.
- 2) Оценка ускорения при использовании параллельных численных методов. Привести пример оценки для какой-либо программной реализации.
- 3) Оценка эффективности использования процессорного времени при использовании параллельных численных методов. Привести пример оценки для какой-либо программной реализации.
- 4) Работа с матрицами в системе *MATLAB*. Команды языка *MATLAB*. Визуализация результатов. Основные функции, реализующие численные методы. Продемонстрировать примерами.
- 5) Возможности *Parallel Toolbox*. Команда *parfor*. Продемонстрировать примерами.
- 6) Возможности *Parallel Toolbox*. Команда *spmd*. Продемонстрировать примерами.
- 7) Параллельные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
- 8) Вычисление частных сумм последовательности числовых значений. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 9) Каскадные схемы суммирования. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 10) Умножение матрицы на вектор. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 11) Матричное умножение. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 12) Алгоритмы сортировки. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 13) Алгоритмы поиска путей на графе. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 14) Алгоритмы раскраски графа. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 15) Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 16) Решение волнового уравнения. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 17) Решение задачи теплопроводности. Оценка эффективности. Пример программной реализации.

- 18) Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 19) Параллельная реализация метода Монте-Карло для вычисления определённых интегралов. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 20) Параллельная реализация метода Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 21) Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм Кули-Тьюки быстрого преобразования Фурье и его разновидности. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 22) Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 23) Фурье-метод расщепления по физическим факторам и его параллельная реализация. Оценка эффективности. Пример программной реализации.

**Самостоятельная работа** студентов по дисциплине «Моделирование и автоматизация бизнес-процессов» включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) проработку учебного материала по конспектам, учебной и научной литературе;
- 2) подготовку к практическим и лабораторным занятиям;
- 3) подготовку по всем видам контрольных мероприятий, в том числе к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

#### **Темы для самостоятельной работы студентов**

1. Анализ эффективности для алгоритма клеточного умножения.
2. Самопланирующий алгоритм умножения матрицы на вектор. Зависимость ускорения от размеров вектора и матрицы и разных способов коммуникаций.
3. Самопланирующий алгоритм умножения матриц. Зависимость ускорения от размеров умножаемых матриц и разных способов коммуникаций.
4. Алгоритм умножения матриц, при котором происходит равномерное распределение частей матрицы А по процессам, а затем независимо вычисляются части результирующей матрицы.
5. Метод итераций Якоби для одномерной декомпозиции (с топологией квадратной сетки произвольного размера и блокирующим обменом).
6. Метод итераций Якоби для двумерной декомпозиции.
7. “Теневые” точки. Введение “теневых” точек для решения задачи Пуассона методом итераций Якоби.
8. Различия между прямыми и итерационными методами решения СЛАУ.
9. Различия между методами простой итерации и Гаусса–Зейделя для решения СЛАУ.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Книгообеспеченность**

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Гилат, А. MATLAB. Теория и практика / Амос Гилат ; пер. с англ. Н.К.Смоленцева. - 5-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-97060-183-9	2017		<a href="http://znanium.com/catalog/product/1027816">http://znanium.com/catalog/product/1027816</a>
2. Плохотников, К.Э. Методы разработки математических моделей и вычислительный эксперимент на базе пакета Matlab : курс лекций / К.Э. Плохотников. - М. : СОЛОН-Пр., 2017. - 628 с. - (Библиотека студента). - ISBN 978-5-91359-211-8	2017		<a href="http://znanium.com/catalog/product/1015051">http://znanium.com/catalog/product/1015051</a>

3. Параллельные вычисления общего назначения на графических процессорах: Учебное пособие / Некрасов К.А., Поташников С.И., Боярченков А.С., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 102 с. ISBN 978-5-9765-3182-6	2017		<a href="http://znanium.com/catalog/product/949717">http://znanium.com/catalog/product/949717</a>
4. Модели параллельного программирования: Практическое пособие / Федотов И.Е. - М.:СОЛОН-Пр., 2017. - 392 с.: 60x88 1/8. - (Библиотека профессионала) ISBN 978-5-91359-222-4	2017		<a href="http://znanium.com/catalog/product/858609">http://znanium.com/catalog/product/858609</a>
<b>Дополнительная литература</b>			
1. Численные методы и программирование: Учебное пособие / Колдаев В.Д.; Под ред. Гагариной Л.Г. - М.:ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 336 с.: 60x90 1/16. - (Профессиональное образование) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-8199-0333-9	2016		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=546692">http://znanium.com/bookread2.php?book=546692</a>
2. Кудряшова Е.С. Михайлова Н.Н. Хусаинов А.А. Моделирование конвейерных и волновых вычислений / Интернет-журнал "Науковедение", Вып. 1, 2014	2014		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=477304">http://znanium.com/bookread2.php?book=477304</a>
3. Зорин, А.В. Методы Монте-Карло для параллельных вычислений : учебное пособие / А.В. Зорин, М.А.Федоткин. - Москва : Издательство Московского университета, 2013. - 192 с., ил. - (Суперкомпьютерное образование). - ISBN 978-5-211-06530-7	2013		<a href="http://znanium.com/catalog/product/1022874">http://znanium.com/catalog/product/1022874</a>

### **7.2. Периодические издания**

1. Computerworld Россия, ISSN: 1560-5213.
2. Мир ПК, ISSN: 0235-3520.

### **7.3. Интернет-ресурсы**

1. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям // Режим доступа: <http://www.parallel.ru>.
2. Информационные материалы Центра компьютерного моделирования Нижегородского университета // Режим доступа: <http://www.software.unn.ac.ru/ccam>
3. Информационные материалы рабочей группы IEEE по кластерным вычислениям // Режим доступа: <http://www.ieeetfcc.org>
4. Introduction to Parallel Computing (Teaching Course) // Режим доступа: <http://www.ece.nwu.edu/~choudhar/C58/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Практические и лабораторные занятия проводятся в аудитории (компьютерном классе) 5116-3 (или аналогичном компьютерном классе в зависимости от сетки расписания).

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- 1) MS Word;
- 2) MATLAB.

Рабочую программу составил Лексин А.Ю.  
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя) Ген. директор ООО "ФС Сервис" Пивасов Д.Е.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики и прикладной математики  
Протокол № 1 от 02.09.2019 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Аракелян С.М.  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 01.04.02 Прикладная математика и информатика  
Протокол № 1 от 02.09.2019 года  
Председатель комиссии \_\_\_\_\_ Аракелян С.М.  
(ФИО, подпись)



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

*Численные методы параллельной обработки данных*

образовательной программы направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика,

программа: *Математическое моделирование (магистратура)*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*