

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Факультет вычислительной математики и кибернетики

**УТВЕРЖДАЮ**  
**декан факультета вычислительной**  
**математики и кибернетики**

**И.А. Соколов /**  
**«27» сентября 2023г.**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине**  
**Параллельные вычисления**

---

**Уровень высшего образования:**  
**бакалавриат**

**Направление подготовки / специальность:**  
**02.03.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" (3++)**

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**Искусственный интеллект и анализ данных**

**Форма обучения:**  
**очная**

Рассмотрен и утвержден  
*на заседании Ученого совета факультета ВМК*  
(протокол №7, от 27 сентября 2023 года)

Москва 2023

# 1. ФОРМЫ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

В процессе и по завершении изучения дисциплины оценивается формирование у студентов следующих компетенций:

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-4. Способен участвовать в разработке технической документации программных продуктов и комплексов с использованием стандартов, норм и правил, а также в управлении проектами создания информационных систем на стадиях жизненного цикла	ОПК-4.1. Участвует в разработке технической документации программных продуктов и комплексов с использованием стандартов, норм и правил ОПК-4.2. управляет проектами создания информационных систем на стадиях жизненного цикла	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные проблемы математики, вычислительной математики;</li> <li>– постановку проблем физико-математического моделирования;</li> <li>– о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формализовать теоретическую проблему, найти способ алгоритм её решения;</li> <li>– эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;</li> <li>– представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;</li> <li>– работать на современных вычислительных комплексах;</li> <li>– абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;</li> <li>– планировать оптимальное проведение расчета.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– научной картиной мира; навыками самостоятельной работы на современных вычислительных комплексах.</li> </ul>

## 1.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем оценки результатов выполнения заданий практических (семинарских) занятий, самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом и посещения занятий/активность на занятиях.

В качестве оценочных средств текущего контроля успеваемости предусмотрены:

Примеры заданий для самостоятельной работы студентов

#### Практическое самостоятельное задание № 1

Многопоточная реализация солвера CG для СЛАУ с разреженной матрицей, заданной в формате ELLPACK.

Требования к отчету:

1. Титульный лист, содержащий

1.1 Название курса

1.2 Название задания

1.3 Фамилию, Имя, Отчество(при наличии)

1.4 Номер группы

1.5 Дата подачи

Содержание отчета:

2 Описание задания и программной реализации

2.1 Краткое описание задания

2.2 Краткое описание программной реализации как организованы данные, какие функции реализованы (название, аргументы, назначение)

2.2.1 Указать как программа запускается (ставится в очередь) с какими параметрами, с описанием этих параметров

2.3 Описание опробованных способов оптимизации последовательных вычислений (по желанию)

3 Исследование производительности

3.1 Характеристики вычислительной системы:

описание одной или нескольких систем, на которых выполнено исследование (подойдет любой многоядерный процессор). тип процессора, количество ядер, пиковая производительность, пиковая пропускная способность памяти.

по желанию - промерять и на своем десктопе/ноуте, и на кластере

3.1.1 Указать здесь и или в следующих пунктах как программа компилировалась (каким компилятором, с какими параметрами)

3.2 Результаты измерений производительности

3.2.1 Последовательная производительность

Для каждой из трех базовых операций и для всего алгоритма солвера исследовать зависимость достигаемой производительности от размера системы  $N$ , построить графики GFLOPS от  $N$ . Несколько  $N$  достаточно:  $N=1000, 10000, 100000, 1000000$

Для повышения точности измерений, замеры времени лучше производить, выполняя набор операций многократно в цикле, чтобы осреднить время измерений. Суммарное время измерений чтобы получалось порядка нескольких секунд. Оценить выигрыш от примененной оптимизации (по желанию)

3.2.2. Параллельное ускорение

Измерить OpenMP ускорение для различных  $N$  для каждой из 3-х базовых операций и для всего алгоритма солвера. При фиксированном числе  $N$  варьируется число нитей и измеряется параллельное ускорение.

4. Анализ полученных результатов

4.1 Процент от пика оценить для каждой из трех базовых операций, какой процент от пиковой производительности устройства составляет максимальная достигаемая в тесте производительность

4.2 Процент от достижимой производительности  
аналогично оценить для каждой операции процент от максимально достижимой  
производительности с учетом пропускной способности памяти.

Приложение 1: исходный текст программы в отдельном c/c++ файле

Требования к программе:

- 1 Программа должна использовать OpenMP или posix threads для многопоточного распараллеливания
- 2 Солвер должен корректно работать, т.е. показывать быструю сходимость.

## 1.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется в форме экзамена

В качестве средств, используемых на промежуточной аттестации предусматривается:

Билеты

## 1.3. Типовые задания для проведения промежуточной аттестации

### Вопросы к экзамену

1. Параллелизм процессорного ядра и основные характеристики. Конвейер, ILP, out-of-order, VLIW, суперскалярность, SMT, SISD, SIMD и т. д.
2. Основные характеристики суперкомпьютера и параллельного алгоритма - производительность пиковая, теоретически достижимая, sustained, пропускные способности, вычислительная интенсивность.
3. Устройство оперативной памяти, ключевые характеристики, снижение потерь и оптимизация доступа (DDR, тайминги, иерархия памяти и т. д.)
4. Многопроцессорные системы с общей памятью (UMA, NUMA, ccNUMA), устройство многопроцессорного узла, снижение потерь на NUMA эффекты.
5. Многопоточное распараллеливание OpenMP, MIMD, общие принципы и проблемы (race condition, false sharing, NUMA, affinity), способы устранения зависимости по данным в сеточных методах.
6. Многопроцессорные системы с распределенной памятью. Устройство и основные характеристики (производительность, латентность и пропускная способность сети, оценка времени передачи данных, топология системы и отображение группы процессов на ресурсы).
7. Распараллеливание с распределенной памятью, MIMD, MPI, основные принципы, виды обмена данными (p2p, групповые обмены различных видов), синхронные и асинхронные обмены
8. Геометрический параллелизм, рациональная декомпозиция расчетной сетки, организация обмена данными. Способы снижения накладных расходов (DMA, overlap, двухуровневая декомпозиция).
9. Устройство графического процессора, общие принципы, архитектура GPU, парадигма потоковой обработки, основные отличия от CPU.
10. Потокое распараллеливание, OpenCL или CUDA, общие принципы и подходы к реализации (иерархия памяти, буфера, kernel, очереди заданий, накладные расходы)
11. Гетерогенные вычисления. Общие принципы, основные проблемы, способы реализации, многоуровневая декомпозиция.
12. Форматы хранения разреженных матриц (CSR, ELLPACK, ...), особенности операции SpMV и ее распараллеливания, способы повышения производительности (RCM reordering, coalescing, и др.)
13. Параллельное ускорение, параллельная эффективность, масштабирование, закон Амдаля, причины сверхлинейного ускорения
14. Барьер. Схемы реализации и оценки времени выполнения. Реализация барьера на основе синхронных обменов. Реализация барьера на основе семафоров Дейкстры.
15. Методы статической и динамической балансировки загрузки процессоров.
16. Метод сдваивания.
17. Метод коллективного решения.
18. Метод конвейерного параллелизма.
19. Метод диффузной балансировки загрузки.
20. Метод серверного параллелизма.
21. Отладка параллельных приложений, выполнение которых сопровождается недетерминированным потоком сообщений.

## 2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: приведены в п. 1.2.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: приведены в п. 1.2.)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки</b> (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: приведены в п. 1.2..)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач