

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами
Кафедра програмного забезпечення автоматизованих систем

Код РІПД *T84622*



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ОРГАНІЗАЦІЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

Organization of computing processes and systems

рівень вищої освіти: _____ другий (магістерський) _____

тип дисципліни: _____ обов'язкова _____

мова(и) викладання: _____ українська _____

Робоча програма навчальної дисципліни «Організація обчислювальних процесів і систем» є однією із складових комплексної підготовки здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення».

17 червня 2021 року – 20 с.

Розробник: Макарова Л.М., к.т.н., доцент, доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Організація обчислювальних процесів і систем» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення» д.т.н., професор  Приходько С.Б.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Організація обчислювальних процесів і систем» розглянуто на засіданні кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем.

Протокол №11 від «17» червня 2021 р.

* Завідувач кафедри

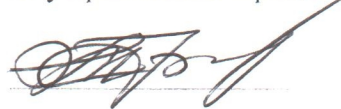


Приходько С.Б.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Організація обчислювальних процесів і систем» розглянуто Навчально-методичною комісією Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проєктами.

Протокол №10 від «26» червня 2021 р.

Голова



Фаріонова Т.А.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Організація обчислювальних процесів і систем» погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни «Організація обчислювальних процесів і систем» затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол №7 від «26» серпня 2021 р.

Голова НМР НУК



Трушляков С.І.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	11
7. Форми поточного та підсумкового контролю	12
8. Критерії оцінювання результатів навчання	15
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	16
10. Рекомендовані джерела інформації	17

ВСТУП

Анотація

Дисципліна «Організація обчислювальних процесів і систем» є однією із складових комплексної підготовки здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення».

Вона є теоретичною та практичною базою для освоєння студентами основ організації обчислювальних процесів для паралельної та розподіленої обробки інформації, побудови сучасних обчислювальних систем. Набуті в процесі вивчення компетентності майбутні фахівці зможуть застосовувати як при подальшому навчанні, так і після отримання вищої освіти у своїй професійній діяльності.

Ключові слова: обчислювальний процес, обчислювальна система, паралельна обробка інформації, розподілена обробка інформації, паралельне програмування.

Abstract

The course «Organization of computing processes and systems» is one of the components of comprehensive training of applicants for higher education of the second (master's) level of knowledge 12 «Information Technology» specialty 121 «Software Engineering» educational program «Software Engineering».

It is the theoretical and practical basis for students to learn the basics of Organization of computing processes for parallel and distributed information processing, construction of modern computing systems. Future specialists will be able to apply the skills acquired in the process of studying both in further education and after receiving higher education in their professional activity.

Keywords: computing process, computing system, parallel information processing, distributed information processing, parallel programming.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань <u>12 «Інформаційні технології»</u>	Обов'язкова	
Модулів – 2		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		5-й	5-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету	Спеціальність: <u>121 «Інженерія програмного забезпечення»</u> Освітня програма: <u>«Інженерія програмного забезпечення»</u>	Семестр	
Індивідуальне науково- дослідне завдання не передбачено		9, 10-й	9, 10-й
		Лекцій	
		9-й с. – 15 год. 10-й с. – 15 год.	9-й с. – 6 год. 10-й с. – 6 год.
Загальна кількість годин – 210		Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних: 9-й семестр – 2 10-й семестр – 2 самостійної роботи студента: 9-й семестр – 6 10-й семестр – 4	Освітній рівень: <u>другий (магістерський)</u>	Самостійна робота	
		9-й с. – 90 год. 10-й с. – 60 год.	9-й с. – 108 год. 10-й с. – 78 год.
		Індивідуальні завдання: -	
		Вид контролю: 9-й с. – екзамен 10-й с. – екзамен	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Робоча програма навчальної дисципліни «Організація обчислювальних процесів і систем» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення». Для зазначеної освітньої програми дисципліна є обов'язковою.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Організація обчислювальних процесів і систем» є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

ЗК03. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

СК02. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або прикладні проекти у сфері інженерії програмного забезпечення.

СК04. Здатність розвивати і реалізовувати нові конкурентоспроможні ідеї в інженерії програмного забезпечення.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумови для вивчення дисципліни відсутні.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

РН07. Аналізувати, оцінювати і застосовувати на системному рівні сучасні програмні та апаратні платформи для розв'язання складних задач інженерії програмного забезпечення.

РН09. Обґрунтовано вибирати парадигми і мови програмування для розроблення програмного забезпечення; застосовувати на практиці сучасні засоби розроблення програмного забезпечення.

РН17. Збирати, аналізувати, оцінювати необхідну для розв'язання наукових і прикладних задач інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела.

5. Програма навчальної дисципліни

9-й семестр

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Організація багатопотокової обробки інформації.

Тема 1. Вступ. Загальні поняття організації обчислювальних процесів та систем. [1], стор. 22-38, 403-410; [3], стор. 4-72; [4], стор. 11-17; [7], стор. 24-31.

Тема 2. Оцінки продуктивності обчислювальних систем. Тестові пакети. [4], стор. 60-75; [6], стор. 37-41, 162-178.

Тема 3. Основи мультискалярної організації обчислень. Багатоядерні процесори. [1], стор. 38-67; [4], стор. 17-22, 35 59; [6], стор. 43-60.

Тема 4. Закони Амдала, Густавсона. [4], стор. 64-68, 126-139; [5], стор. 49-52; [6], стор. 78-93; [7], стор. 83-84.

Змістовий модуль 2. Організація багатопроцесорних систем.

Тема 5. Багатопроцесорні та багатомашинні обчислювальні системи. Класифікація Фліна. [1], стор. 305-324, 689-695; [4], стор. 22-23; [6], стор. 96-114; [7], стор. 18-24.

Тема 6. Паралельні системи технології MPP, SMP. [1], стор. 164-175; [4], стор. 23-33, 176-186; [5], стор. 101-103; [6], стор. 60-78; [6], стор. 134-154.

Тема 7. Кластерні системи. [3], стор. 72-84, 131-138; [4], стор. 31-32, 76-85; [7], стор. 66-71.

10-й семестр**Модуль 2****Змістовий модуль 3. Комунікаційні середовища.**

Тема 8. Загальні принципи організації комунікаційних технологій. [1], стор. 81-93; [3], стор. 138-158; [7], стор. 51-59.

Тема 9. Комунікаційне середовище на основі інтерфейсу SCI.

Тема 10. Комунікаційне середовище MYRINET.

Тема 11. Комунікаційне середовище Memoгу Channel.

Змістовий модуль 4. Основи паралельного програмування.

Тема 12. Паралельні обчислення. Технологія паралельного програмування. Схеми паралельних алгоритмів. [2], стор. 47-76, 87-119, 149-157; [3], стор. 85-130; [4], стор. 86-152, 188-198; [6], стор. 219-221; [7], стор. 84-103.

Тема 13. Паралельне програмування на основі бібліотеки MPI. [2], стор. 268-270, 452-454; [6], стор. 268-301; [7], стор. 105-125.

Тема 14. Паралельне програмування на основі бібліотеки OpenMP. [2], стор. 454-458; [5], стор. 103-121; [6], стор. 221-268.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р		л	п	лаб	Інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9-й семестр												
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Організація багатопотокової обробки інформації												
Тема 1. Вступ. Загальні поняття організації обчислювальних процесів та систем.	14	2	-	2	-	10	14	1	-	-	-	13
Тема 2. Оцінки продуктивності обчислювальних систем. Тестові пакети.	14	2	-	2	-	10	14	-	-	1	-	13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 3. Основи мультискалярної організації обчислень. Багатоядерні процесори.	16	2	-	2	-	12	16	1	-	1	-	14
Тема 4. Закони Амдала, Густавсона.	16	2	-	2	-	12	16	1	-	1	-	14
Разом за змістовим модулем 1	60	8	-	8	-	44	60	3	-	3	-	54
Змістовий модуль 2. Організація багатопроцесорних систем												
Тема 5. Багатопроцесорні та багатомашинні обчислювальні системи. Класифікація Фліна.	19	2	-	2	-	15	19	1	-	1	-	17
Тема 6. Паралельні системи технології MPP, SMP.	19	2	-	2	-	15	19	1	-	1	-	17
Тема 7. Кластерні системи.	22	3	-	3	-	16	22	1	-	1	-	20
Разом за змістовим модулем 2	60	7	-	7	-	46	60	3	-	3	-	54
Усього годин за 9 с.	120	15	-	15	-	90	120	6	-	6	-	108
10-й семестр												
Модуль 2												
Змістовий модуль 3. Комунаційні середовища												
Тема 8. Загальні принципи організації комунаційних технологій.	12	2	-	2	-	8	12	1	-	1	-	10
Тема 9. Комунаційне середовище на основі інтерфейсу SCI.	11	2	-	2	-	7	11	-	-	1	-	10
Тема 10. Комунаційне середовище MYRINET	11	2	-	2	-	7	11	1	-	1	-	9
Тема 11. Комунаційне середовище Memoгу Channel.	11	2	-	2	-	7	11	1	-	1	-	9
Разом за змістовим модулем 3	45	8	-	8	-	29	45	3	-	4	-	38
Змістовий модуль 4. Основи паралельного програмування												
Тема 12. Паралельні обчислення. Технологія паралельного програмування. Схеми паралельних алгоритмів.	15	2	-	2	-	11	15	1	-	-	-	14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 13. Паралельне програмування на основі бібліотеки MPI	15	2	-	2	-	11	15	1	-	1	-	13
Тема 14. Паралельне програмування на основі бібліотеки OpenMP	15	3	-	3	-	9	15	1	-	1	-	13
Разом за змістовим модулем 4	45	7	-	7	-	31	45	3	-	2	-	40
Усього годин за 10 с.	90	15	-	15	-	60	90	6	-	6	-	78
Усього годин	210	30	-	30	-	150	210	12	-	12	-	186

Теми лабораторних занять

№ з/п	Теми лабораторних занять	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	2	3	4
9-й семестр			
1	Організація паралельної обробки інформації для багатоядерних процесорів на прикладі використання бібліотеки MPI для обчислення добутку двох матриць.	4	2
2	Організація паралельної обробки інформації для багатоядерних процесорів на прикладі використання бібліотеки MPI для обчислення СЛАР методом Зейделя.	4	1
3	Організація паралельної обробки інформації для багатоядерних процесорів на прикладі використання бібліотеки OpenMP для обчислення добутку двох матриць.	4	2
4	Організація паралельної обробки інформації для багатоядерних процесорів на прикладі використання бібліотеки OpenMP для обчислення СЛАР методом Зейделя.	3	1
Разом за 9-й семестр		15	6
10-й семестр			
5	Організація паралельної обробки інформації для багатоядерних процесорів на прикладі використання бібліотеки PThread для обчислення добутку двох матриць.	4	2
6	Організація паралельної обробки інформації для багатоядерних процесорів на прикладі використання бібліотеки PThread для обчислення СЛАР методом Зейделя.	4	2
7	Визначення прискорення паралельної обробки інформації для багатоядерних процесорів на прикладі використання бібліотек паралельного програмування.	4	1
8	Визначення ефективності паралельної обробки інформації для багатоядерних процесорів на прикладі використання бібліотек паралельного програмування.	3	1
Разом за 10-й семестр		15	6
Разом по курсу		30	12

Самостійна робота

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
9-й семестр			
1	Підготовка до лекцій	15	15
2	Підготовка до лабораторних робіт	30	30
3	Самостійне вивчення тем курсу	30	45
4	Підготовка до екзамену	15	18
Разом за 9-й семестр		90	108
10-й семестр			
1	Підготовка до лекцій	15	15
2	Підготовка до лабораторних робіт	15	15
3	Самостійне вивчення тем курсу	15	30
4	Підготовка до екзамену	15	18
Разом за 10-й семестр		60	78
Разом по курсу		150	186

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, лабораторних занять, самостійної роботи студентів та контрольних тестових робіт програмованого типу.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та лабораторних заняттях словесними та наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на лабораторних заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

Для зручної та ефективної організації навчального процесу, зроблено Classroom з навчальної дисципліни, де розташовані завдання до лабораторних робіт та супроводжувальні матеріали. Доступ до класу надається на першому лабораторному занятті за університетською електронною поштою.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання лабораторних завдань проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно у Classroom.

Засобами діагностики результатів навчання та методами їх демонстрування є:

- виконання завдань лабораторних робіт;
- оформлення звітів лабораторних робіт, захист лабораторних робіт;
- поточний модульний контроль (денна форма);
- виконання завдань контрольної роботи (заочна форма);
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- складання підсумкового контролю (екзамену).

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю та оцінки підсумкового контролю.

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи та набутих практичних навичок під час виконання завдань лабораторних робіт. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (виконані лабораторні роботи та інше). У проміжних оцінках студент може набрати максимально 80 балів.

Питома вага підсумкового контролю (екзамену) в загальній системі оцінок – 20 балів. Право здавати екзамени дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 40 балів.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форма контролю комбінована:

- письмова (оформлення звітів лабораторних робіт, письмові відповіді на контрольні питання виконання завдань);
- усна (відповіді на контрольні питання до лабораторних робіт);
- тестова (поточний модульний контроль у формі тестування).

Виходячи з того, що головною метою курсу є формування практичних навичок, вирішальним фактором підсумкового оцінювання є якість виконання лабораторних робіт та практичної частини екзаменаційного завдання.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Критерії оцінювання лабораторної роботи

Бал	Критерії оцінювання
15	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
13-14	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.
9-12	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
5-8	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1-4	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася

Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 60 балів у першому семестрі (4 лабораторні роботи по 15 балів) та 60 балів у другому семестрі (4 лабораторні роботи по 15 балів).

Критерії оцінювання поточного модульного контролю у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 20 балів у першому семестрі та 20 балів у другому семестрі.

Критерії оцінювання контрольної роботи (заочна форма)

Контрольна робота складається з двох теоретичних питань та двох практичних завдань (задач). За кожне питання здобувач отримує максимально 5 балів.

Бал	Теоретичне питання	Практичне завдання (задача)
5	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки.	Практичне завдання виконано правильно, без зауважень
4	Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу.	Практичне завдання виконано повністю, але містить несуттєві недоліки (висновки, оформлення тощо)
3	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.	Практичне завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці
1-2	Відповідь містить значну кількість суттєвих помилок, не обґрунтована.	Практичне завдання виконано частково та містить суттєві помилки розрахункового та методичного характеру
0	Здобувач не дає відповіді.	Практичне завдання не виконано

Критерії оцінювання підсумкового контролю (екзамену)

Екзаменаційний білет складається з 2 теоретичних питань та практичного завдання (задачі). За кожне теоретичне питання здобувач отримує максимально по 5 балів, за практичне завдання (задачу) – 10 балів.

Теоретичні питання		Практичне завдання (задача)	
Бал	Критерії оцінювання	Бал	Критерії оцінювання
5	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки.	8-10	Практичне завдання виконано правильно, без зауважень
3-4	Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу.	5-7	Практичне завдання виконано повністю, але містить несуттєві недоліки (висновки, оформлення тощо)
2	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.	3-4	Практичне завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці
1	Відповідь містить значну кількість суттєвих помилок, не обґрунтована, використовується невірна термінологія.	1-2	Практичне завдання виконано частково та містить суттєві помилки розрахункового та методичного характеру
0	Здобувач не дає відповіді.	0	Практичне завдання не виконано

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
1	2	3	4	5	6
9 семестр					
ЗМ1	T1, T2	Лабораторна робота №1	15	Лабораторна робота №1	15
	T3, T4	Лабораторна робота №2	15	Лабораторна робота №2	15
	ПМК	Тест	10		
ЗМ2	T5, T6	Лабораторна робота №3	15	Лабораторна робота №6	15
	T7	Лабораторна робота №4	15	Лабораторна робота №7	15
	ПМК	Тест	10		
КР				Контрольна робота	20
Підсумковий контроль		Екзамен	20	Екзамен	20
Сума балів			100		100
10 семестр					
ЗМ3	T8, T9	Лабораторна робота №5	15	Лабораторна робота №5	15
	T10, T11	Лабораторна робота №6	15	Лабораторна робота №6	15
	ПМК	Тест	10		

1	2	3	4	5	6
ЗМ4	T12, T13	Лабораторна робота №7	15	Лабораторна робота №7	15
	T14	Лабораторна робота №8	15	Лабораторна робота №8	15
	ПМК	Тест	10		
КР				Контрольна робота	20
Підсумковий контроль		Екзамен	20	Екзамен	20
Сума балів			100		100

Заохочувальні бали:

стаття у фаховому виданні*+ 20 балів;

участь у конференції (тези доповідей конференції)*+ 5 балів.

* за тематикою дисципліни

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Навчальний процес потребує використання:

- мультимедіа, відео- і звуковідтворювальної, проєкційної апаратури (проектори, екрани, смартдошки тощо);
- комп'ютерів, комп'ютерних систем та мереж;
- програмного забезпечення (для підтримки дистанційного навчання та ін.);
- власних мобільних пристроїв (смартфони, планшети, ноутбуки, тощо);
- бібліотечних фондів (підручники і навчальні посібники, методичні рекомендації, наукова література тощо).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Таненбаум Э., Ван Стеен М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб.: Питер, 2003. 877 с.
2. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. 512 с.
3. Лацис А. Как построить и использовать суперкомпьютер. М.: Бестселлер, 2003. 240 с.
4. Лацис А.О. Параллельная обработка данных: учеб. пособие для студ. Вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 336 с.
5. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многоядерных многопроцессорных систем. Учебное пособие. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И.Лобачевского, 2010. 421 с.
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.
7. Немнюгин С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 400 с.

Допоміжна література

8. Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen. Distributed Systems. Principles and paradigms. Prentice Hall, Inc., 2002. 803 p.
9. M. van Steen, A.S. Tanenbaum. Distributed Systems, 3rd ed. distributed-systems.net, 2017. 582 p.
10. Quinn M.J. Parallel Programming in C with MPI and OpenMP. Dubuque, Iowa: McGraw-Hill, 2004. 552 p.
11. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2011. 688 с.
12. Высокопроизводительные вычисления на кластерах: Учебное пособие. Под ред. А.В. Старченко. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. 198 с.

13. Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений: Учебник. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. 223 с.
14. Баканов В.М. Параллельные вычисления: Учебное пособие. М.: МГУПИ, 2006. 124 с.
15. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений: уч. пособие. М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 423 с.
16. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем: учебное пособие. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета, 2003. 179 с.
17. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования. М.: Бином, 2003. 342 с.
18. Lupin С.А., Посыпкин М.А. Технологии параллельного программирования. Серия: Высшее образование. М.: Форум, Инфра-М, 2008. 208 с.
19. Миллер Р., Боксер Л. Последовательные и параллельные алгоритмы: Общий подход. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 406 с.
20. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. М.: Изд-во МГУ, 2004. 71 с.
21. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP. М.: Изд-во МГУ, 2009. 77 с.
22. Захаров П.Е., Григорьев А.В., Васильева М.В. Параллельное программирование на основе библиотек: учебное пособие. Якутск: Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011. 94 с.
23. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 304 с.
24. Гришагин В.А., Свистунов А.Н. Параллельное программирование на основе MPI. Учебное пособие. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им.Н.И. Лобачевского, 2005. 93 с.
25. Хьюз К., Хьюз Т. Парралельное и распределенное программирование на

C++. М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. 672 с.

26. Камерон Х., Трейси Х. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++. М.: Изд-во "Вильямс", 2004. 672 с.

Інформаційні ресурси

1. Сайт по параллельным вычислениям и суперкомпьютерам. URL: <http://parallel.ru/> (дата звернення 15.06.2021).

2. Обзор некоторых пакетов измерения производительности кластерных систем. URL: <http://www.ixbt.com/cpu/cluster-benchtheory.shtml> (дата звернення 15.06.2021).

3. Библиотека LINPACK. URL: <http://www.netlib.org/linpack/> (дата звернення 15.06.2021).

4. Эффективные кластерные решения. URL: <http://www.ixbt.com/cpu/clustering.shtml> (дата звернення 15.06.2021).

5. Теория вычислительных процессов. URL: <http://znaniyum.com/catalog.php?bookinfo=549796> (дата звернення 15.06.2021).

6. Перенос существующих приложений на многоядерные процессоры. URL: <http://www.swd.ru/print.php3?pid=723> (дата звернення 15.06.2021).

7. Особенности использования многоядерных процессоров. URL: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=727> (дата звернення 15.06.2021).

8. Parallel Programming: Amdahl's Law or Gustafson's Law. URL: <http://www.futurechips.org/thoughts-for-researchers/parallel-programming-amdahls-law-gustafsons-law.html> (дата звернення 15.06.2021).

9. Некоторые выводы из закона Густавсона-Барсиса. URL: <https://software.intel.com/ru-ru/blogs/2012/12/13> (дата звернення 15.06.2021).

10. Барский А.Б. Параллельное программирование. Учебный курс. URL: <http://www.intuit.ru/departments/se/parallprog/> (дата звернення 15.06.2021).

11. Блог Intel по Параллельному программированию на процессорах Intel. URL: <http://software.intel.com/ru-ru/parallel> (дата звернення 15.06.2021).

12. Calculation of the acceleration of parallel programs as a function of the

number of threads by George Popov, Valeri Mladenov and Nikos Mastorakis. URL: http://www.researchgate.net/publication/228569958_Calculation_of_the_acceleration_of_parallel_programs_as_a_function_of_the_number_of_threads (дата звернення 15.06.2021).

13. Исследование эффективности локально-параллельных вычислений на многоядерных процессорах. URL: <http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/REKS/2012/REKS612/Osotov.pdf> (дата звернення 15.06.2021).