

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
(повна назва)

Кафедра Програмної інженерії  
(повна назва)



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Декан факультету КН

А.Л.Єрохін  
(підпис, ініціали, прізвище)

02.09.2022 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теорія паралельних обчислень  
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістерський  
(бакалаврський, магістерський, освітньо-науковий)

спеціальність 121 «Інженерія програмного забезпечення»  
(код і повна назва спеціальності)

освітньо- наукова програма «Інженерія програмного забезпечення»  
(повна назва програми)

Харків – 2022 р.

Розробник: В.Г. Кобзєв, доцент кафедри програмної інженерії, к.т.н., с.н.с.  
(ініціали, прізвище, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри Програмної інженерії

Протокол від "31" серпня 2022 року № 1

Завідувач кафедри

(підпис)



(ініціали, прізвище)

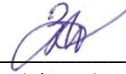
Зоя ДУДАР

Керівник

проектної групи/Гарант

освітньої програми

(підпис)



Зоя ДУДАР

(ініціали, прізвище)

Схвалено методичною комісією факультету КН.

Протокол від "2" вересня 2022 року № 1

Голова методичної комісії

(підпис)

(ініціали, прізвище)



Олексій ЛАНОВИЙ

## 1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни*	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС* 5	Обов'язкова	
Модулів** <u>1</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів <u>1</u>	2-й	
Індивідуальних завдань*: РГЗ та КР _____ - курс. робота (проект) _ -	Семестр	
Загальна кількість годин* 150	3-й	
	Кількість годин	
	150	
	Аудиторні: 1) лекції, год	
Мова навчання українська	22	
	2) практичні, год	
	4	
	3) лабораторні, год	
	16	
	4) консультації, год	
	10	
	Самостійна робота, год	
	98	
	в тому числі: 1) РГЗ та КР., год.	
	-	
	2) курсова робота(проект), год	
	-	
Вид контролю: Іспит		

### Примітка.

\* Відомості з навчального плану.

\*\* Структурна одиниця дисципліни (складається із змістових модулів). Рекомендована кількість модулів дорівнює кількості контрольних точок.

## 2 МЕТА ДИСЦИПЛІНИ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ З ЇЇ ВИВЧЕННЯ

### 2.1 Мета вивчення дисципліни:

засвоєння студентами базових підходів та алгоритмів виявлення та розпаралелювання обчислень в арифметичних виразах, чисельних алгоритмах та програмах, вивчення паралельних методів розв'язування великих лінійних і нелінійних систем рівнянь, параметричної оптимізації та статистичного аналізу, знайомство з відповідними системними засобами реалізації паралельних обчислень на мережах комп'ютерів та багатопроцесорних комплексах.

Дисципліна «Теорія паралельних обчислень» є обов'язковою, входить до циклу професійної підготовки магістрів за спеціальністю «Інженерія програмного забезпечення» та передує науково-дослідній практиці перед кваліфікаційною роботою.

### 2.2 Результати навчання:

за результатами вивчення дисципліни студенти повинні:

#### **знати:**

- основні практичні задачі та їх математичні моделі, що вимагають паралельного виконання обчислень;
- головні особливості паралельних методів обчислення, умови їх використання;
- можливості адаптації паралельних методів обчислення до конкретних задач;
- залежність обчислювальної складності реалізації паралельних методів від характеру та обсягу вихідних даних;
- основні тенденції розвитку теорії та практики паралельних обчислень;
- знати і застосовувати базові концепції і методології моделювання інформаційних процесів (ПР3).

#### **вміти:**

- розв'язувати типові задачі паралельних обчислень;
- застосовувати набуті теоретичні знання при розробці математичних моделей обчислень, що вимагають паралельного виконання;
- розробляти програмне забезпечення з використанням створених математичних моделей;
- вибирати обчислювальні методи для рішення конкретних задач з точки зору мінімізації обчислювальних витрат, збіжності, стійкості, вміти оцінювати їх арифметичну складність, розробляти алгоритми застосування обраних методів для наступної програмної реалізації
- розробляти і оцінювати стратегії проектування програмних засобів; інтегрувати, аналізувати і оцінювати прийняті програмні рішення з точки зору якості кінцевого програмного продукту (ПР5).

#### **володіти фаховими компетенціями:**

- здатність проектувати програмні засоби, включаючи проведення моделювання його архітектури, поведінки та процесів функціонування окремих підсистем і модулів (ФК3).

### 2.3 Передумови для вивчення дисципліни:

дисципліна «Теорія паралельних обчислень» базується на результатах попереднього вивчення дисциплін «Математичний аналіз», «Алгебра та геометрія», «Операційні системи», «Паралельне програмування».

### 3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### Блок змістових модулів – 1

##### **Змістовий модуль 1. Теоретичні положення і алгоритми паралельних обчислень**

Тема 1. Мета та завдання навчальної дисципліни. Паралельні обчислення. Рівні паралелізму. Особливості побудови паралельних комп'ютерів.

Тема 2. Види паралелізму.

Тема 3. Алгоритми оптимальної завантаженості багатопроцесорної системи.

Тема 4. Узагальнені методи виявлення паралелізму.

Тема 5. Поняття рекурентної задачі та алгоритми паралельного обчислення рекурентних співвідношень. Закон Амдала.

Тема 6. Паралельні алгоритми розв'язування заповнених систем лінійних рівнянь.

Тема 7. Паралельний алгоритм LU розкладу. Зв'язок з методом Гауса.

Тема 8. Паралельний алгоритм Холецького. Проблема збереження чисельної обумовленості. Формула Шермана-Моринсона.

Тема 9. Паралельні алгоритми розв'язування розріджених систем лінійних рівнянь.

Тема 10. Паралельні алгоритми розв'язування систем лінійних рівнянь з блочно-діагональними та блочно-діагональними матрицями з обрамленням.

Тема 11. Ітераційні паралельні алгоритми Якобі та Гауса-Зейделя.

## 4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усього го	у тому числі					Усього го	у тому числі				
		л	п	лб	конс	с.р.		л	п	лб	конс	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Теоретичні положення і алгоритми паралельних обчислень</b>												
Тема 1. Мета та завдання навчальної дисципліни. Паралельні обчислення. Рівні паралелізму. Особливості побудови паралельних комп'ютерів.	8	2				6						
Тема 2. Види паралелізму.	8	2				6						
Тема 3. Алгоритми оптимальної завантаженості багатопроцесорної системи.	8	2				6						
Тема 4. Узагальнені методи виявлення паралелізму.	14	2	2		2	8						
Тема 5. Поняття рекурентної задачі. Закон Амдала.	8	2				6						
Тема 6. Паралельні алгоритми розв'язування заповнених систем лінійних рівнянь.	20	2		4	2	12						
Тема 7. Паралельний алгоритм LU розкладу. Зв'язок з методом Гауса.	12	2				10						
Тема 8. Паралельний алгоритм Холецкого.	20	2		4	2	12						
Тема 9. Паралельні алгоритми розв'язування розріджених СЛР.	12	2				10						
Тема 10. Паралельні алгоритми розв'язування СЛР з блочно-діагональними матрицями та блочно-діагональними матрицями з обрамленням.	20	2		4	2	12						
Тема 11. Ітераційні паралельні алгоритми Якобі та Гауса-Зейделя.	20	2	2	4	2	10						
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>98</b>						

### 5 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Узагальнені методи виявлення паралелізму	2	
2	Паралельний алгоритм Якобі	2	
	<b>Загальна кількість</b>	<b>4</b>	

### 6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Паралельні алгоритми розв'язування заповнених систем лінійних рівнянь	4	
2	Паралельні алгоритми Холецького та діагональної модифікації	4	
3	Паралельні алгоритми розв'язування СЛР з блочно-діагональними матрицями	4	
4	Паралельний алгоритм Гауса-Зейделя	4	
	<b>Загальна кількість</b>	<b>16</b>	

### 7 САМОСТІЙНА РОБОТА

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Вивчення теоретичного матеріалу з використанням конспектів	44	
2	Підготовка до практичних занять	8	
3	Підготовка до лабораторних занять	32	
4	Вивчення додаткових розділів за темами дисципліни	14	
	<b>Загальна кількість</b>	<b>98</b>	

### 8 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахунково-графічні завдання (РГЗ), курсова робота (КР) – не передбачені планом.

## 9 МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методи навчання є системними об'єктами, які об'єднують низку взаємопов'язаних дій викладача й студентів, спрямованих на виконання освітньої, розвивальної, виховної і контрольної функцій.

Методи навчання за джерелами знань:

- словесні (лекція, консультація),
- наочні (ілюстрації, демонстраційні приклади).

Вивчення дисципліни здійснюється традиційними методами із застосуванням новітніх інформаційних технологій, слайд лекцій.

Теоретичні знання, що викладаються під час лекцій, використовуються на практичних і лабораторних роботах, що проводяться у комп'ютерних аудиторіях, які обладнані сучасними комп'ютерними засобами.

## 10 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ

Методи контролю – це способи діагностичної діяльності, які дозволяють здійснювати зворотний зв'язок у процесі навчання з метою отримання даних про успішність навчання, ефективність навчального процесу. Вони мають забезпечувати систематичне, повне, точне і оперативне отримання інформації про навчальний процес.

**Методи усного контролю** – виступ перед аудиторією за означеною проблематикою. Відтворення студентом раніше вивченого матеріалу сприяє кращому запам'ятовуванню, активному використанню наукових понять. Усне опитування може бути індивідуальним і фронтальним. За фронтального опитування студенти відповідають з місця, доповнюючи один одного. Індивідуальне опитування здійснюється у процесі проведення співбесіди під час практичних та лабораторних занять.

**Практичний контроль** – передбачає виявлення вмій і навичок студентів, що набуті під час практичної діяльності (типові завдання на практичних та лабораторних заняттях). Студенту необхідно показати і теоретичні знання, і вміння застосовувати їх для розв'язування конкретних задач, проблем, крім того, виявляється ступінь оволодіння письмовою мовою, уміння давати оцінку експерименту, проблемі. Така перевірка дає змогу виявити, на якому рівні студент засвоїв теоретичні основи цих дій.

**Поточний контроль** дозволяє отримати достатньо повні дані про студента: і рівень його знань, умій з предмету, і ставлення до навчання, ступінь його пізнавальної активності, свідомості, і вміння мислити, розв'язувати самостійно різноманітні завдання.

Як форма підсумкового контролю для дисципліни передбачений комбінований іспит.

### 10.1 Розподіл балів, які отримують студенти (Кількісні критерії оцінювання)

Вид заняття/ контрольний захід	Пз № 1	Лб № 1	Лб № 2	Пз № 2	Лб № 3	Лб № 4	К т 1	Разом за семестр
Оцінка Осем	10	25	15	10	20	20	100	100

Оцінка за іспит комбінований  $O_{ісп\ к} = 0,6 \times O_{сем} + 0,4 \times O_{ісп}$

## 10.2 Якісні критерії оцінювання

### Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- головні особливості паралельних методів обчислення, умови їх використання;
- можливості адаптації паралельних методів обчислення до конкретних задач;
- залежність обчислювальної складності реалізації паралельних методів від характеру та обсягу вихідних даних.

### Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

- розв'язувати типові задачі паралельних обчислень;
- вибирати обчислювальні методи для рішення конкретних задач з точки зору мінімізації обчислювальних витрат, збіжності, стійкості, оцінювати їх арифметичну складність;
- розробляти алгоритми застосування обраних методів для наступної програмної реалізації.

## 10.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

*Задовільно D, E (60-74).* Мати мінімум знань та вмінь. Виконати та захистити усі лабораторні роботи. Виконати всі завдання під час проведення практичних занять.

*Добре C (75-89).* Твердо знати мінімум знань. Вміти використовувати ці знання при розв'язанні практичних завдань. Виконати та захистити усі лабораторні роботи в строк. Виконати усі пункти завдань до практичних занять в строк.

*Відмінно A, B (90-100).* Знати усі теми та вільно орієнтуватися у предметній галузі дисципліни. Вміти використовувати теоретичні знання при розв'язанні практичних завдань. Виконати та захистити усі лабораторні роботи у встановлений строк з отриманням найвищої оцінки.

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
96-100	A	задовільно	зараховано
90-95	B		
75-89	C		
66-74	D		
60-65	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 11 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### 11.1 Методичне забезпечення дисципліни

1. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з дисципліни «Теорія паралельних обчислень» для студ. усіх форм навч. спец. ПЗ // Упор.: Кобзев В.Г. - Х.: ХНУРЕ, 2020. (ел. ресурс).
2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Теорія паралельних обчислень» для студ. усіх форм навч. спец. ПЗ // Упор.: Кобзев В.Г. - Х.: ХНУРЕ, 2020. (ел. ресурс).
3. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теорія паралельних обчислень» для студ. усіх форм навч. спец. ПЗ // Упор.: Кобзев В.Г. - Х.: ХНУРЕ, 2020. (ел. ресурс).

### 11.2 Базова література

1. Аксак Н.Г. Паралельні та розподілені обчислення: підруч. / Н.Г. Аксак, О.Г. Руденко, А.М. Гуржій. – Х.: Компанія СМІТ, 2009. – 480с.
2. Семеренко В.П. Технології паралельних обчислень: навчальний посібник / Семеренко В.П. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 104 с.
3. Рольщиков В.Б. Технології розподілених систем та паралельних обчислень: Конспект лекцій / Одеса: ОДЕКУ, 2018. - 181 с.
4. Попов О.В. Про паралельні алгоритми факторизації розріджених матриць. Комп'ютерна математика. 2013, № 2. – с. 115-126.
5. Новотарський М.А. Алгоритми та методи обчислень [Електронний ресурс]: навчальний посібник / М. А. Новотарський. — Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 407 с.
6. Хіміч О. М., Сидорук В. А. Гібридний алгоритм розв'язування лінійних систем з розрідженими матрицями на основі блочно-го  $LL^T$  методу // Комп'ютерна математика. – 2015. – Вип. 1. – С. 67-74.

### 11.3 Допоміжна література

7. Тевяшев А.Д., Литвин О.Г. Вища математика у прикладах та задачах. Ч.1. Лінійна алгебра і аналітична геометрія. Диференціальне числення функцій однієї змінної. 2-е вид. доп. і доопр. – К.: Кондор, 2005. – 588с.
8. Alfredo Buttari, Julien Langou, Jakub Kurzak, and Jack Dongarra: A Class of Parallel Tiled Linear Algebra Algorithms for Multicore Architectures. Parallel Computing, 2009, Volume 35, Issue 1, P. 38-53.
9. Knuth D.E. The Art of Computer Programming. Volume 4A / Combinatorial Algorithms, Part 1. — Addison Wesley Longman, Inc., 2011. — 933 p.

## 12 Інформаційні ресурси

- <http://www.mcs.anl.gov> – Argonne National Laboratory, Center for Computational Science and Technology.
- <http://www.cacr.caltech.edu/> – SACR - Центр Обчислювальних Досліджень (Center of Advanced Computing Research).

Програмне забезпечення (Software): мова програмування C++, C#, Python, F#, Scala, Julia, Java.

Апаратне забезпечення (Hardware): комп'ютер з багатоядерним процесором.