

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**  
**ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ**

**Кафедра теорії та технології програмування**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана  
з навчальної роботи

 **Олена КАШПУР**

**« 12 » \_\_\_\_\_ 2021 року**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**МЕТОДИ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**  
**для студентів**

галузь знань **12 «Інформаційні технології»**  
(шифр і назва)  
спеціальність **122 «Комп'ютерні науки»**  
(шифр і назва спеціальності)  
освітній рівень **бакалавр**  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітня програма **«Інформатика»**  
(назва освітньої програми)  
вид дисципліни **вибіркова**

**вибірковий блок «Теорія та технологія програмування»**

Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2023/2024</b>
Семестр	<b>7</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>4</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма заключного контролю	<b>іспит</b>

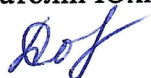
**Викладач: д.ф.-м.н., проф. Дорошенко А.Ю. (лекції)**

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.

(підпис, ПІБ, дата)

**КИЇВ – 2021**

Розробник: Дорошенко Анатолій Юхимович, д.ф.-м.н., професор кафедри «Теорії та технології програмування» 

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри «Теорії та технології програмування»



Микола НІКІТЧЕНКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 6 від «11» лютого 2021 р.

Схвалено гарантом освітньо-професійної програми «Інформатика»



Людмила ОМЕЛЬЧУК «11» лютого 2021 рік

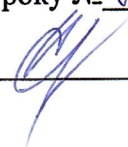
(підпис)

(прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «11» лютого 2021 року № 7

Голова науково-методичної комісії



Людмила ОМЕЛЬЧУК

**1. Мета дисципліни** – набуття студентами компетенції, знань та умінь на рівні використання новітніх досягнень у паралельному програмуванні мультипроцесорних систем та високопродуктивних обчислень, необхідних для сучасних комп'ютерних і програмних технологій відповідно до кваліфікації спеціальності фахівця з інформатики.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

1. *Знати:* базові поняття математичної логіки і теорії алгоритмів, архітектури комп'ютерних систем, математичного аналізу, формальних моделей алгоритмів та складності алгоритмів.

2. *Вміти:* виконувати структурування програм на незалежні фрагменти обчислень з урахуванням цільової архітектури паралельної системи, а також проводити оцінки продуктивності паралельного програмного забезпечення.

3. *Володіти засобами:* синхронізації та взаємодії паралельних процесів у сучасних мовах програмування (Java або C#).

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Нормативна навчальна дисципліна “Методи паралельних обчислень” є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" *галузі знань* 12 „Інформаційні технології” зі *спеціальності* 122 „Комп'ютерні науки”, *освітньо-професійної програми* – „Інформатика” вибіркового блоку «Теорія та технологія програмування». Цей курс потрібен для глибшого вивчення нормативних дисциплін бакалаврської програми з системного програмування та інформаційних технологій, а також низки вибірових дисциплін відповідного напрямку.

**(4 кредити ECTS)** зокрема: *лекції* – 42 год., *консультації* – 2 год., *самостійна робота* – 76 год. У курсі передбачено 2 частини та 2 контрольні роботи. Завершується дисципліна – іспитом.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

**знати:** види і рівні паралелізму операцій в комп'ютерних системах; характеристики архітектури мультипроцесорних систем; парадигми паралельного програмування; засоби програмування систем паралельних обчислень зі спільною пам'яттю; проблеми тупиків та взаємного виключення та їх методи вирішення; модель паралельних обчислень з розподіленою пам'яттю; критерії ефективності паралельних алгоритмів; методи розробки паралельних програм;

**вміти:** вибирати архітектуру мультипроцесорної системи для відповідного класу прикладних задач; користуватись відповідними цільовій архітектурі засобами паралельного програмування; розробляти паралельні алгоритми розв'язування прикладних задач; оцінювати ефективність паралельних алгоритмів за вибраними критеріями.

#### 4. Завдання (навчальні цілі):

набуття знань, умінь та навичок, формування компетентностей на рівні новітніх досягнень у сфері методів програмування паралельних високопродуктивних обчислень на мультипроцесорних системах відповідно до кваліфікації «Бакалавр з комп'ютерних наук».

Зокрема, розвивати:

- здатність до алгоритмічного та логічного мислення;
- здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування.

#### 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН 1.1	<i>Знати</i> види і рівні паралелізму операцій в комп'ютерних системах; характеристики архітектури мультипроцесорних систем; парадигми паралельного програмування	<i>Лекція</i>	<i>Контрольна робота, іспит</i>	16%
РН 2.1	<i>Вміти</i> вибирати архітектуру мультипроцесорної системи для відповідного класу прикладних задач	<i>Лекція</i>		
РН 2.2	<i>Вміти</i> користуватись відповідними цільовій архітектурі засобами паралельного програмування	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота, іспит</i>	22%
РН 2.3	<i>Вміти</i> розробляти паралельні алгоритми розв'язування прикладних задач	<i>Лекція</i>		
РН 1.2	<i>Знати</i> засоби програмування систем паралельних обчислень зі спільною пам'яттю; проблеми тупиків та взаємного виключення та їх методи вирішення	<i>Лекція, самостійна робота</i>		
РН 2.4	<i>Вміти</i> оцінювати ефективність паралельних алгоритмів за вибраними критеріями	<i>самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота, іспит</i>	44%
РН 1.3	<i>Знати</i> критерії ефективності паралельних алгоритмів; методи розробки паралельних програм	<i>Лекція</i>	<i>Контрольна робота, іспит</i>	18%

#### 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	РН	РН	РН	РН	РН	РН	РН
	1.1	2.1	2.2	2.3	1.2	2.4	1.3
Програмні результати навчання							

<i>(з опису освітньої програми)</i>							
<b>ПРН19.2.</b> Аналізувати, оцінювати і вибирати інструментальні та обчислювальні засоби, парадигми, технології, алгоритмічні і програмні рішення при проектуванні та розробці програмних систем	+	+	+	+	+	+	+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота 1: РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3 — 30 балів/18 балів.

2. Контрольна робота 2: РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 2.4 - 30 балів/18 балів.

#### - підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40 балів;

- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4;

- форма проведення: письмова робота.

- види завдань:

#### Структура екзаменаційної роботи та критерії оцінювання:

1. Теоретичне запитання з моделі паралельних обчислень зі спільною пам'яттю (РН1.1).
2. Теоретичне запитання з моделі паралельних обчислень з розподіленою пам'яттю (РН1.2).
3. Теоретичне запитання з методів оцінки продуктивності та методів розробки паралельних програм (РН1.3).
4. Тестове завдання із засобів синхронізації паралельних процесів (РН2.1).
5. Тестове завдання із засобів обміну повідомленнями паралельних процесів (РН2.2).
6. Тестове завдання з критеріїв продуктивності паралельних програм (РН2.3).
7. Тестове завдання з методів розробки паралельних програм (РН2.4).

#### Критерії оцінювання екзаменаційної роботи

Завдання	Види завдань	Максимальний відсоток за завдання (бал)	Всього відсотків (балів)
Завдання 1, 2, 3	Письмове запитання з курсу	по 12% (5,3 балів)	36% (16 балів)
Завдання 4,5, 6,7	Письмове завдання	По 16% (6 балів)	64% (24 балів)
<b>Всього</b>			<b>100% (40 балів)</b>

## Запитання для підготовки до іспиту

1. Види і рівні паралелізму операцій в комп'ютерних системах.
2. Характеристики архітектури мультипроцесорних систем.
3. Таксономія архітектур мультипроцесорних систем за Флінном.
4. Парадигми паралельного програмування за даними
5. Парадигми паралельного програмування за керуванням
6. Потокова парадигми паралельного програмування
7. Поняття критичної секції та взаємного виключення процесів.
8. Підходи до програмного вирішення проблеми взаємного виключення процесів.
9. Алгоритм Деккера для взаємного виключення процесів.
10. Бінарні семафори та їх застосування.
11. Загальні семафори та їх застосування.
12. Задача про обмежений буфер
13. Засоби синхронізації критичних областей.
14. Проблема тупиків та засоби її розв'язання.
15. Засоби синхронізації моніторів.
16. Префіксні команди Дійкстри.
17. Засоби програмування обмінів повідомленнями
18. Засоби програмування віддаленого виклику
19. Моделі RAM і PRAM для оцінки складності обчислень.
20. Мультипроцесорне прискорення паралельних обчислень.
21. Ефективність паралельних обчислень.
22. Критерій ціни для продуктивності паралельних обчислень.
23. Закон Амдала.
24. Принцип Брента.
25. Явище накопичення даних для суперлінійного прискорення.
26. Явище належного вибору набору даних для суперлінійного прискорення.
27. Явище складної зворотної функції для суперлінійного прискорення
28. Метод балансованого дерева.
29. Метод "розподіляй та владарюй".
30. Сучасні інтерфейси для паралельного програмування.
31. Основні поняття концепцій MPI та OpenMP.

*Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою 24 балів.*

*Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.*

### 7.2 Організація оцінювання:

#### Терміни проведення форм оцінювання:

1. Контрольна робота 1: до 7 тижня семестру.

2. Контрольна робота 2: до 14 тижня семестру.

Студент має право на одне перескладання контрольної роботи з можливістю отримання не більше 80% попередньо визначених балів за роботу. Термін перескладання визначається викладачем.

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ  
І СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		Лекції	Самостійна робота
<b>Частина 1. Паралельні обчислення на моделі зі спільною пам'яттю</b>			
1	<b>Тема 1.</b> Вступ. Основні етапи розвитку мультипроцесорних систем. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
2	<b>Тема 2.</b> Види та рівні паралелізму операцій в комп'ютерних системах. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
3	<b>Тема 3.</b> Характеристики архітектури та таксономія архітектур мультипроцесорних систем за М. Флінном. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
4	<b>Тема 4.</b> Парадигма паралельного програмування за даними. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	4
5	<b>Тема 5.</b> Парадигма паралельного програмування за керуванням. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
6	<b>Тема 6.</b> Поточкова парадигма паралельного програмування. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
7	<b>Тема 7.</b> Поняття критичної секції та взаємного виключення процесів. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2
8	<b>Тема 8.</b> Основні підходи до вирішення проблеми взаємного виключення процесів. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
9	<b>Тема 9.</b> Алгоритм Деккера для взаємного виключення процесів. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	4
10	<b>Тема 10.</b> Бінарні та загальні семафори. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
11	<b>Тема 11.</b> Застосування семафорів. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
12	<b>Тема 12.</b> Синхронізація засобами критичних областей. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2
13	<b>Тема 13.</b> Застосування засобів синхронізації критичних областей. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2
14	<b>Тема 14.</b> Синхронізація засобами моніторів. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2
15	<b>Тема 15.</b> Застосування засобів синхронізації моніторів. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
	Контрольна робота 1	1	
	Всього за частиною 1	<b>22</b>	<b>38</b>
<b>Частина 2. Паралельні обчислення на моделі з розподіленою пам'яттю</b>			
16	<b>Тема 16.</b> Префіксні команди Дійкстри. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
17	<b>Тема 17.</b> Засоби програмування обмінів повідомленнями. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
18	<b>Тема 18.</b> Засоби програмування віддаленого виклику. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	2
19	<b>Тема 19.</b> Сучасні інтерфейси паралельного програмування: PVM та MPI. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	4

20	<b>Тема 21.</b> Основні поняття стандарту MPI та OpenMP. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2
21	<b>Тема 21.</b> Моделі RAM і PRAM для оцінки складності обчислень. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	2
22	<b>Тема 22.</b> Критерії продуктивності паралельних обчислень: мультипроцесорне прискорення. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
23	<b>Тема 23.</b> Критерії продуктивності паралельних обчислень: ефективність та ціна паралельного алгоритму. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
24	<b>Тема 24.</b> Закон Амдала. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
25	<b>Тема 25.</b> Моделі еволюціонуючих паралельних обчислень. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
26	<b>Тема 32.</b> Принцип Брента. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	2	4
27	<b>Тема 33.</b> Методи розробки ефективних паралельних програм. <i>Самостійна робота: опрацювання лекційного матеріалу.</i>	1	4
	Контрольна робота 2	1	
	Всього за частиною 2	<b>20</b>	<b>36</b>
	Консультація	<b>2</b>	
	<b>Всього</b>	<b>42</b>	<b>76</b>

Загальний обсяг– **120 год.**, в тому числі:

Лекцій – **42 год.**

Самостійна робота - **76 год.**,

Консультація – **2 год.**

## 9. *Рекомендовані джерела*

### *Основні*

1. Ф.И. Андон, А.Е. Дорошенко, К.А. Жереб, Р.С. Шевченко, Е.А. Яценко, Методы алгебраического программирования. Формальные методы разработки параллельных программ. - Киев, "Наукова думка".-2017.- 440 с.
2. Дорошенко А.Ю. Лекції з паралельних обчислювальних систем. Методичний посібник. □ Київ:Видавничий дім «КМ Аадемія», 2003. □42 с.
3. Дорошенко А.Е. Математические модели и методы организации ввысоко-производительных параллельных вычислений. - К., "Наукова думка", 2000.- 177 с.
4. А.Ю. Дорошенко, Г.С. Фінін, Г.О. Цейтлін, Алгеброалгоритмічні основи програмування. Об'єктна орієнтація і паралелізм., Київ, „Наукова думка”, 2004.-458 с.
5. Немнюгин С.А. Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем.–СПб:БХВ-Петербург, 2002.–400 с.
6. P.I. Andon, A.Yu. Doroshenko, K.A. Zhereb, O.A. Yatsenko. Algebra-algorithmic models and methods of parallel programming // Київ: ВД "Академперіодика", 2018. – 192 с. ISBN: 978-966-360-367-4. Мова: Англійська, doi: <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.367.192>
7. <http://parallel.ru/>

### *Додаткові*

8. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления.– СПб.: БХВ-Петербург, 2002.– 608 с.
9. А. Таненбаум, М. ван\_Стеен, Распределенные системы. – Питер, 2003.- 526 с.
10. Advanced Computational Infrastructures for Parallel and Distributed Adaptive Applications (M. Parashar and X. Li, eds.).- Wiley, 2010.-543 p.
11. Ajay D. Kshemkalyani, Mukesh Singhal. Distributed Computing Principles, Algorithms, and Systems.-Cambridge University Press, 2008.-736 p.
12. Topics in Parallel and Distributed Computing (Sushil K Prasad, Anshul Gupta, Arnold L Rosenberg, Alan Sussman, Charles C Weems).-Elsevier, 2015.- 337 p.
13. Large scale network-centric distributed systems (Hamid Sarbazi-Azad and Albert Y. Zomaya, eds.).-Wiley, 2014.-762 p.