

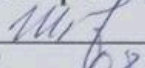
**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
«УНІВЕРСИТЕТ КОРОЛЯ ДАНИЛА»**

Факультет суспільних і прикладних наук

Кафедра інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з методичної роботи

 **Ярослав ШТАНЬКО**
“28” 08 2025 р.

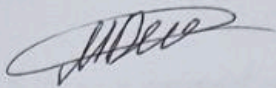
Паралельні та розподілені обчислення

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Галузь знань:	12 Інформаційні технології
Спеціальність:	121 Інженерія програмного забезпечення
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма:	Розробка та тестування програмного забезпечення
Освітній рівень:	перший (бакалаврський)
Статус дисципліни:	обов'язкова
Мова викладання, навчання та оцінювання:	українська

**Івано-Франківськ
2025**

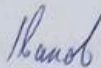
РОЗРОБНИК:
доцент кафедри ІТ



Микола ДЕМЧИНА

ЗАТВЕРДЖЕНО:

на засіданні кафедри ІТ
протокол № 1 від 28.08 2025 р.
PhD, заступник завідувача кафедри



Олександр ІВАНОВ

УЗГОДЖЕНО:

Гарант ОП
к.ф-м.н., доцент кафедри



Володимир МАКОВИШИН

СХВАЛЕНО:

на засіданні Науково-методичної ради, протокол № 1 від 29.08 2025 р.

e-mail	
Номер аудиторії чи кафедри	206
Посилання на сайт	https://ukd.edu.ua
Сторінка курсу в СДО	https://online.ukd.edu.ua

ВСТУП

Анотація дисципліни: Курс розкриває фундаментальні принципи побудови паралельних обчислювальних систем та методи синхронізації процесів у багатопроцесорному середовищі. Розглядаються архітектури векторно-конвеєрних комп'ютерів, мультипроцесорних систем із спільною пам'яттю та мультикомп'ютерів з розподіленою пам'яттю. Вивчаються основи кластерних і GRID-систем, сучасні концепції паралелізму за задачами і даними, закон Амдала та підходи до розпаралелювання програм. Особлива увага приділяється механізмам синхронізації: критичні секції, взаємне виключення, семафори, монітори, бар'єри та потокобезпечні структури даних. Курс знайомить студентів із практичними технологіями багатопотокового програмування, зокрема використанням інструментів мови програмування Java для роботи з потоками. Актуальність дисципліни обумовлена широким застосуванням паралельних і багатопотокових обчислень у високопродуктивних системах, сервісах реального часу та хмарних середовищах.

Мета та завдання навчальної дисципліни: Метою дисципліни є формування у студентів знань про архітектури паралельних систем та засоби синхронізації процесів, а також набуття практичних навичок у програмуванні паралельних і багатопотокових застосунків.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- архітектурні класи паралельних обчислювальних систем;
- основи кластерних обчислень та GRID-систем;
- закони та моделі паралельного виконання програм;
- механізми синхронізації: критичні секції, семафори, бар'єрні методи;
- технології багатопотокового програмування.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен вміти:

- аналізувати архітектурні особливості паралельних обчислювальних систем;
- розпаралелювати задачі та застосовувати відповідні моделі програмування;
- реалізовувати синхронізацію процесів за допомогою семафорів та бар'єрів;
- розробляти багатопотокові програми мовою Java;
- використовувати сучасні інструменти для налагодження й оцінювання

ефективності паралельних програм.

Компетентності та результати навчання, яких набувають здобувачі освіти внаслідок вивчення навчальної дисципліни (шифри та зміст компетентностей та програмних результатів навчання вказано відповідно до ОПП “Розробка та тестування програмного забезпечення”.

Шифр та назва компетентності	Шифр та назва програмних результатів навчання
K14 Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування, K15 Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем, K16 Здатність формулювати та забезпечувати вимоги щодо якості програмного забезпечення у відповідності з вимогами замовника, технічним завданням та стандартами, K19 Володіння знаннями про інформаційні моделі даних та системи, здатність створювати програмне забезпечення для зберігання, видобування та опрацювання даних, K20 Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення, K22 Здатність накопичувати, обробляти та систематизувати професійні знання щодо створення і супроводження та визнання важливості навчання протягом всього життя, K26 Здатність до алгоритмічного та логічного мислення	ПР05 Знати і застосовувати відповідні методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення, ПР06 Уміння вибирати та використовувати відповідну задачу методологію створення програмного забезпечення, ПР12 Застосовувати на практиці ефективні підходи щодо проектування програмного забезпечення, ПР18 Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних, ПР19 Знати та вміти застосовувати методи верифікації та валідації програмного забезпечення

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Курс	3		
Семестр	5		
Кількість кредитів ECTS	6		
Аудиторні навчальні заняття		денна форма	заочна форма
	лекції	32	8
	практичні	28	8
Самостійна робота (в годинах)		120	164
Форма підсумкового контролю	Екзамен		

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни:

Пререквізити	Постреквізити

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Перелік тем лекційного матеріалу

Тема 1. Основи паралельних обчислень та архітектура систем (3 год)

Визначення та переваги паралелізму. Класифікація комп'ютерних систем, векторно-конвеєрні архітектури, мультипроцесори зі спільною пам'яттю та мультикомп'ютери з розподіленою пам'яттю.

Самостійне вивчення (1 год):

- Основні концепції паралелізму та засоби його реалізації;
- Архітектури паралельних обчислювальних систем;
- Порівняння систем зі спільною та розподіленою пам'яттю.

Тема 2. Кластерні та GRID-системи (3 год)

Кластерні обчислення та їх архітектури. Концепція GRID і метакомп'ютинг. Переваги та проблеми масштабування у великих розподілених системах.

Самостійне вивчення (1 год):

- Класифікація мультипроцесорних систем;
- Принципи організації кластерів;
- Концепції GRID і метакомп'ютингу.

Тема 3. Основні концепції паралелізму та програмні підходи (4 год)

Паралелізм за задачами і даними. Загальна схема розпаралелювання задач, закон Амдала. Програмні стратегії створення паралельних застосунків.

Самостійне вивчення (2 год):

- Типи паралелізму та їх особливості;
- Закон Амдала та його наслідки;
- Програмні підходи до паралельного програмування.

Тема 4. Технології та інструменти паралельного програмування (4 год)

Апаратний і програмний паралелізм. Використання GPGPU. Технології OpenMP, MPI, CUDA та їх застосування у практичних задачах.

Самостійне вивчення (2 год):

- Використання апаратного та програмного паралелізму;
- GPGPU: можливості та приклади застосування;
- Порівняння OpenMP, MPI та CUDA.

Тема 5. Синхронізація процесів і критичні секції (4 год)

Основні механізми синхронізації: м'ютекси, семафори, монітори, бар'єри. Постановка задачі критичної секції та методи її розв'язання. Алгоритми взаємного виключення: алгоритм квитка, алгоритм поліклініки тощо.

Самостійне вивчення (2 год):

- Семафори та їх застосування;

- Методи реалізації критичних секцій;
- Алгоритми взаємного виключення.

Тема 6. Методи багатопотокового програмування (4 год)

Використання POSIX Threads. Багатопотокове програмування мовою Java: створення потоків, керування їх життєвим циклом, використання блокувань та потокобезпечних колекцій. Сучасні підходи до реалізації синхронізації.

Самостійне вивчення (2 год):

- Основи POSIX Threads;
- Потоки в Java: Thread, Runnable, синхронізація;
- Атомарність операцій та потокобезпечні структури даних.

Зміст практичних занять

Тема 1. Створення та запуск потоків у мові Java (4 год)

Ознайомлення з моделлю багатопотоковості в Java. Методи створення нових потоків: наслідування від класу Thread та реалізація інтерфейсу Runnable. Використання анонімних класів і лямбда-виразів. Запуск та керування головним потоком.

Самостійне вивчення (1 год):

- Способи створення потоків у Java;
- Використання класу Thread та інтерфейсу Runnable;
- Порівняння підходів: наслідування vs імплементація.

Тема 2. Керування життєвим циклом потоків (4 год)

Станові моделі потоків у Java: NEW, RUNNABLE, WAITING, TIMED_WAITING, BLOCKED, TERMINATED. Використання методів sleep(), join(), yield(), interrupt(). Планування потоків і пріоритети. Потоки-демони.

Самостійне вивчення (1 год):

- Станові діаграми потоків;
- Методи sleep(), join(), yield() та їх роль;
- Потоки-демони та їх застосування.

Тема 3. Синхронізація потоків у Java (4 год)

Захист критичних секцій коду. Концепція монітора. Використання ключового слова synchronized, блоків синхронізації та класу ReentrantLock. Порівняння механізмів блокування.

Самостійне вивчення (2 год):

- Монітори та м'ютекси у Java;
- Використання synchronized для методів і блоків;
- Переваги та недоліки ReentrantLock.

Тема 4. Міжпотоківі комунікації (4 год)

Робота з умовними змінними (Condition) та методами міжпотоківі взаємодії (wait(), notify(), notifyAll()). Реалізація задачі «виробник-споживач» за допомогою моніторів та високорівневих механізмів синхронізації.

Самостійне вивчення (2 год):

- Механізми міжпотоківі комунікації;
- Використання wait() та notifyAll();
- Порівняння низькорівневих і високорівневих підходів.

Тема 5. Додаткові способи синхронізації та пул потоків (4 год)

Використання модифікаторів volatile та final для організації неблокуючого доступу. Знайомство з Concurrency API (ExecutorService, Future, Callable). Створення пулів потоків і планувальників задач. Приклади асинхронного виконання.

Самостійне вивчення (2 год):

- Особливості операторів volatile та final;
- Основи Concurrency API;
- Створення та використання пулу потоків у Java.

Зміст самостійної роботи здобувачів**Розподіл годин, виділених на вивчення дисципліни:**

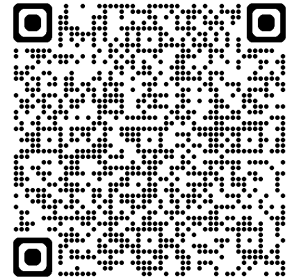
Найменування видів робіт	Розподіл годин за формами навчання	
	денна	заочна
Самостійна робота, год, у т.ч.:	120	164
Опрацювання матеріалу, викладеного на лекціях	19	26
Підготовка до практичних занять та контрольних заходів	30	41
Підготовка звітів з практичних робіт	19	26
Підготовка до поточного контролю	10	13
Опрацювання матеріалу, винесеного на самостійне вивчення	42	58

ПОЛІТИКА КУРСУ

Коротко, з покликанням на відповідну нормативну базу УКД, висвітлити питання:¹

1) щодо системи поточного і підсумкового контролю

Організація поточного та підсумкового семестрового контролю знань студентів, проведення практик та атестації, переведення показників академічної успішності за 100-бальною шкалою в систему оцінок за національною шкалою здійснюється згідно з “Положенням про систему поточного і підсумкового контролю, оцінювання знань та визначення рейтингу здобувачів освіти”. Ознайомитись з документом можна за покликанням.



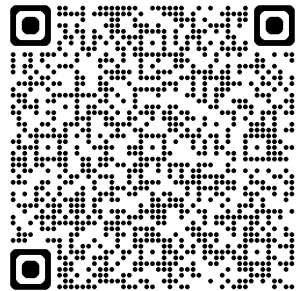
2) щодо оскарження результатів контрольних заходів

Здобувачі вищої освіти мають право на оскарження оцінки з дисципліни отриманої під час контрольних заходів. Апеляція здійснюється відповідно до «Положення про політику та врегулювання конфліктних ситуацій». Ознайомитись з документом можна за покликанням.



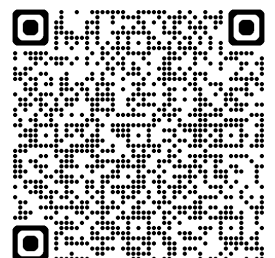
3) щодо відпрацювання пропущених занять

Згідно “Положення про організацію освітнього процесу” здобувач допускається до семестрового контролю з **конкретної навчальної дисципліни (семестрового екзамену, диференційованого заліку)**, якщо він виконав усі види робіт, передбачені на семестр навчальним планом та силабусом/робочою програмою навчальної дисципліни, підтвердив опанування на мінімальному рівні результатів навчання (отримав ≥ 35 бали), відпрацював визначені індивідуальним навчальним планом всі лекційні, практичні, семінарські та лабораторні заняття, на яких він був відсутній. Ознайомитись з документом можна за покликанням.



4) щодо дотримання академічної доброчесності

“Положення про академічну доброчесність” закріплює моральні принципи, норми та правила етичної поведінки, позитивного, сприятливого, доброчесного освітнього і наукового середовища,

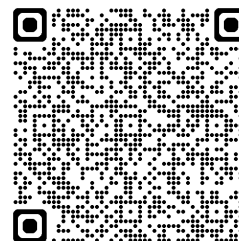


¹ зміст пунктів може редагуватись з огляду на особливості курсу

професійної діяльності та професійного спілкування спільноти Університету, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).

5) щодо використання штучного інтелекту

“Положення про академічну доброчесність” визначає політику щодо використання технічних засобів на основі штучного інтелекту в освітньому процесі. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).² “Положення про систему запобігання та виявлення академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації та фальсифікації академічних творів” містить рекомендації щодо використання в академічних текстах генераторів на основі штучного інтелекту. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



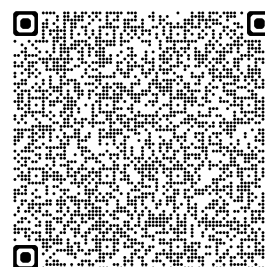
6) щодо використання технічних засобів в аудиторії та правила комунікації

Використання мобільних телефонів, планшетів та інших гаджетів під час лекційних та практичних занять дозволяється виключно у навчальних цілях (для уточнення певних даних, перевірки правопису, отримання довідкової інформації тощо). На гаджетах повинен бути активований режим «без звуку» до початку заняття. Під час занять заборонено надсилання текстових повідомлень, прослуховування музики, перевірка електронної пошти, соціальних мереж тощо, окрім виробничої необхідності. Під час виконання заходів контролю використання гаджетів заборонено (за винятком, коли це передбачено умовами його проведення). У разі порушення цієї заборони результат анулюється без права перескладання.

Комунікація відбувається через електронну пошту і сторінку дисципліни в курсі СДО.

7) щодо зарахування результатів навчання, здобутих шляхом формальної/інформальної освіти

Процедури визнання результатів навчання, здобутих шляхом формальної/інформальної освіти визначаються «Положенням про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти». Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).³



Окремі теми можуть бути зараховані як вивчені за рахунок публікації одноосібних або у співавторстві статей, тез, виступів на конференціях. Можливість зарахування попередньо узгоджується з викладачем з позицій актуальності теми, журналу, конференції, тощо.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

² визначається політика використання ШІ в навчальній дисципліні - дозволене/заборонене, правила використання

³ визначається перелік електронних та інших ресурсів та умови перезарахування

При вивченні дисципліни застосовується комплекс методів для організації навчання студентів з метою розвитку їх логічного та абстрактного мислення, творчих здібностей, підвищення мотивації до навчання та формування особистості майбутнього фахівця.

Програмний результат навчання ⁴	Метод навчання	Метод оцінювання
ПР05 Знати і застосовувати відповідні методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення, ПР06 Уміння вибирати та використовувати відповідну задачі методологію створення програмного забезпечення, ПР12 Застосовувати на практиці ефективні підходи щодо проектування програмного забезпечення, ПР18 Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних, ПР19 Знати та вміти застосовувати методи верифікації та валідації програмного забезпечення	лекція, вправи, практичні роботи, порівняння, узагальнення лекція, вправи, лабораторні роботи, кейс-метод, рольові і ділові ігри лекція, практичні роботи, порівняння, узагальнення, рольові і ділові ігри лекція, практичні роботи, узагальнення, кейс-метод, робота під керівництвом викладача лекція, практичні роботи, порівняння, узагальнення, рольові і ділові ігри	іспит, письмовий контроль, тестовий контроль іспит, письмовий контроль, тестовий контроль іспит, письмовий контроль, тестовий контроль іспит, письмовий контроль, тестовий контроль іспит, письмовий контроль, тестовий контроль

ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Вид	Зміст	% від загальної оцінки	Бал	
			min	max

⁴ для вибіркового навчання дисциплін вказується результат навчання

Поточні контрольні заходи	всього	60	35	60
Підсумкові контрольні заходи	екзамен	40	24	40
Всього:	-	100	60	100

Процедура проведення контрольних заходів, а саме поточного контролю знань протягом семестру та підсумкового семестрового контролю, регулюється «Положенням про систему поточного та підсумкового контролю оцінювання знань та визначення рейтингу студентів».

Фіксація **поточного** контролю здійснюється в “Електронному журналі обліку успішності академічної групи” на підставі чотирибальної шкали – “2”; “3”; “4”; “5”. У разі відсутності студента на занятті виставляється “н”. За результатами поточного контролю у Журналі, автоматично визначається підсумкова оцінка, здійснюється підрахунок пропущених занять.

Усі пропущені заняття, а також негативні оцінки студенти зобов'язані відпрацювати впродовж трьох наступних тижнів. У випадку недотримання цієї норми, замість “н” в журналі буде виставлено “0” (нуль балів), без права перездачі. Відпрацьоване лекційне заняття в електронному журналі позначається літерою «в».⁵

⁵ можна вказати теми чи завдання, які є обов'язковими до виконання, а також особисті підходи до оцінювання рівня знань здобувачів під час аудиторної роботи

Критерії оцінювання:

«незадовільно»	Студент володіє матеріалом лише на рівні розпізнавання і відтворення окремих фактів, елементів та об'єктів, що виражаються окремими словами чи реченнями; володіння матеріалом обмежується елементарним рівнем засвоєння, викладення уривається речення; здатний висловити думку на елементарному рівні; володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу; не може розпізнати або відтворити матеріал практичних.
«задовільно»	студент володіє матеріалом на початковому рівні, значну частину матеріалу відтворює на репродуктивному рівні; володіє матеріалом на рівні вищому за початковий, за допомогою викладача може логічно відтворити значну його частину; може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляючи знання і розуміння основних положень; за допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, порівнювати, робити висновки та виправляти помилки; може розпізнати або відтворити за прикладом матеріал практичних занять.
«добре»	Студент здатний застосовувати вивчений матеріал у стандартних ситуаціях, частково контролювати власні навчальні дії та наводити окремі власні приклади на підтвердження певних тверджень; вміє порівнювати, узагальнювати та систематизувати інформацію під керівництвом викладача, в цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролює власну діяльність, виправляє помилки та добирає аргументи на підтвердження певних думок під керівництвом викладача; вільно володіє вивченим обсягом матеріалу та вміє застосовувати його на практиці; вільно розв'язує задачі в стандартних ситуаціях, самостійно виправляє помилки та добирає переконливі аргументи на підтвердження вивченого матеріалу.
«відмінно»	студент виявляє початкові творчі здібності, самостійно визначає окремі цілі власної навчальної діяльності та оцінює нові факти, явища і ідеї; знаходить джерела інформації та самостійно використовує їх відповідно до цілей, поставлених викладачем; здатний вільно дискутувати на теми, пов'язані з матеріалом навчальної дисципліни, висловлювати власні думки та визначати програму особистої діяльності; самостійно оцінює різноманітні

	явища і факти, виявляючи особисту позицію щодо них; без допомоги викладача знаходить джерела інформації та використовує одержані відомості відповідно до мети й завдань власної пізнавальної діяльності; використовує набуті знання і вміння в нестандартних ситуаціях, виявляє вміння знаходити альтернативні шляхи для вирішення завдань та здобути нові знання самостійно.
--	---

До підсумкового контролю допускаються студенти які за результатами поточного контролю отримали не менше 35 балів. Усі студенти, що отримали 34 балів і менше, не допускаються до складання підсумкового контролю і на підставі укладання додаткового договору, здійснюють повторне вивчення дисципліни впродовж наступного навчального семестру. За результатами підсумкового контролю (екзамен) студент може отримати 40 балів. Студенти, які під час підсумкового контролю отримали 24 бали і менше, вважаються такими, що не здали екзамен і повинні йти на перездачу.

Загальна семестрова оцінка з дисципліни, яка виставляється в екзаменаційних відомостях оцінюється в балах (згідно з **Шкалою оцінювання знань за ЄКТС**) і є сумою балів отриманих під час поточного та підсумкового контролю.

Підсумковий контроль з дисципліни Паралельні та розподілені обчислення проводиться у вигляді Екзамен.

Шкала оцінювання знань за ЄКТС:

Оцінка за національною шкалою	Рівень досягнень, %	Шкала ECTS
Національна диференційована шкала		
Відмінно	90 – 100	A
Добре	83 – 89	B
	75 – 82	C
Задовільно	67 – 74	D
	60 – 66	E
Незадовільно	35 – 59	FX
	0 – 34	F
Національна недиференційована шкала		

Зараховано	60 – 100	-
Не зараховано	0 – 59	-

Студенти, які не з'явилися на екзамени без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література:

- 1. Волонтир Л. В., Теплицький О. І. Паралельні обчислення : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 212 с.**
- 2. Глибовець М. М., Широков В. А., Яковлєв В. П. Обчислювальні системи, мережі та телекомунікації : підручник. Київ : Видавничий дім Києво-Могилянської академії, 2017. 623 с.**
- 3. Зайченко Ю. П., Жук Ю. Т. Розподілені обчислення та хмарні сервіси : навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. 328 с.**
- 4. Романюк О. Н. Паралельні обчислення : конспект лекцій. Львів : Львівська політехніка, 2020. 148 с.**
- 5. Теплицький О. І., Волонтир Л. В. Організація паралельних обчислень : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 188 с.**

Додаткова література:

- 1. Foster I. Designing and Building Parallel Programs. Boston : Addison-Wesley, 1995. 430 p.**
- 2. Кузнєцов С. І., Мельник А. А., Щербина Ю. М. Паралельні та розподілені обчислення : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2017. 224 с.**
- 3. Pacheco P. S. Parallel Programming with MPI. San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers, 1997. 336 p.**
- 4. Quinn M. J. Parallel Programming in C with MPI and OpenMP. New York : McGraw-Hill, 2004. 608 p.**
- 5. Tanenbaum A. S., Steen M. van. Distributed Systems. 3rd ed. Amsterdam : Maarten van Steen, 2017. 819 p.**
- 6. Wilkinson B., Allen M. Parallel Programming: Techniques and Applications**

Using Networked Workstations and Parallel Computers. 2nd ed. Upper Saddle River : Prentice Hall, 2005. 640 p.

Електронні джерела:

- 1. OpenMP Architecture Review Board. Using OpenMP – The Next Step : Affinity. URL: https://www.openmp.org/wp-content/uploads/sc15_affinity.pdf (дата звернення: 15.07.2024).**
- 2. MPI Forum. MPI: A Message-Passing Interface standard. Version 3.1. 2015. URL: <https://www.mpi-forum.org/docs/mpi-3.1/mpi-3.1.pdf> (дата звернення: 15.07.2024).**
- 3. CUDA Zone | NVIDIA Developer. URL: <https://developer.nvidia.com/cuda-zone> (дата звернення: 15.07.2024).**
- 4. Intel oneAPI. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/tools/oneapi/overview.html> (дата звернення: 15.07.2024).**
- 5. Introduction to Parallel Computing. URL: https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp/ (дата звернення: 15.07.2024).**
- 6. Ткаченко О. М., Романюк О. Н. Паралельні обчислення. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Львів : Львівська політехніка, 2019. URL: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/46705/1/339_Tkachenko_Romanyuk_Paralelni_obchysl_2019.pdf (дата звернення: 15.07.2024).**