



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інформаційних технологій

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

09

2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Технології розподілених систем та паралельних обчислень

Назва дисципліни

Галузь знань – 12 Інформаційні технології

Спеціальність – 122 Комп'ютерні науки

Рівень вищої освіти – Перший (бакалаврський)

Освітньо-професійна програма – Комп'ютерні науки

Обсяг дисципліни – 5 кредитів ЄКТС

Шифр дисципліни – ОПП.11

Мова навчання – Українська

Статус дисципліни: Обов'язкова (професійної підготовки)

Факультет – Інформаційних технологій

Кафедра – Комп'ютерних наук

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин							Курсовий проєкт	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
					Аудиторні заняття					Самостійна робота, у т.ч. ІРС	Залік			Іспит	
			Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття						
Д	3	6	5	150	66	32	34			84				+	
Разом ДФН			5	150	66	32	34			84				6	

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Робоча програма складена

Підпис автора

д-р. техн. наук, проф. Едуард МАНЗЮК

Науковий ступінь, вчене звання, ім'я, ПРІЗВИЩЕ автора

Схвалена на засіданні кафедри Комп'ютерних наук

Протокол від 29.08.2025 № 1.

Зав. кафедри

Підпис

Олександр БАРМАК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету інформаційних технологій

Голова вченої ради факультету

Підпис

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Посада	Назва кафедри	Підпис	Ініціали, ПРИЗВИЩЕ
Завідувач кафедри, д-р. техн. наук, проф.	Комп'ютерних наук		Олександр БАРМАК
Гарант освітньо-професійної програми, канд. техн. наук, доц.	Комп'ютерних наук		Олександр МАЗУРЕЦЬ

3. Пояснювальна записка

Дисципліна «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» є однією із дисциплін фахової підготовки і займає провідне місце у підготовці здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, очної (денної) (далі – денної) форми здобуття вищої освіти, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні науки» в межах спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Пререквізити – алгоритмізація та програмування (ОЗП.05), теорія алгоритмів (ОЗП.08), об'єктно-орієнтоване проєктування (ОПП.03), основи програмної інженерії та тестування програмного забезпечення (ОПП.10), технології захисту інформації та кібербезпека (ОПП.05), моделювання систем та системний аналіз (ОПП.12).

Кореквізити – технології створення програмних продуктів (ОПП.09), інформаційні технології хмарних обчислень (ОПП.13).

Відповідно до освітньої програми дисципліна сприяє забезпеченню:

компетентностей: Здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах. (ФК 09); Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації. (ФК 16)

програмних результатів навчання: виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення (ПРН 16)

Мета дисципліни. Формування у здобувачів вищої освіти компетентностей, необхідних для розв'язання складних спеціалізованих задач у сфері паралельних і розподілених обчислень, розвитку навичок проєктування та реалізації високопродуктивних обчислювальних систем з використанням сучасних технологій багатопотокового, асинхронного та розподіленого програмування для ефективної обробки великих наборів даних.

Предмет дисципліни. Поняття, методи, технології та засоби паралельних і розподілених обчислень, включаючи багатопотокове та асинхронне програмування, клієнт-серверні архітектури, хмарні обчислення, технології PLINQ, gRPC, OpenMP, MPI, CUDA, що застосовуються для проєктування, реалізації та експлуатації високопродуктивних розподілених систем обробки інформації.

Завдання дисципліни. Формування практичних навичок застосування технологій багатопотокового та асинхронного програмування, розробки клієнт-серверних додатків, використання хмарних платформ для високопродуктивних обчислень, реалізації паралельних алгоритмів з використанням OpenMP, MPI та CUDA, а також розвитку навичок проєктування та експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

Результати навчання. Після вивчення дисципліни студент повинен: володіти професійною термінологією у сфері паралельних і розподілених обчислень; розрізняти основні підходи до багатопотокового, асинхронного та розподіленого програмування; реалізовувати багаторівневі обчислювальні моделі на основі архітектури клієнт-сервер з використанням технологій gRPC; виконувати паралельні та розподілені обчислення з застосуванням PLINQ, OpenMP, MPI та CUDA; застосовувати хмарні сервіси та технології для високопродуктивних обчислень; розробляти та експлуатувати розподілені системи паралельної обробки інформації; обробляти великі набори даних на кластерах серверів; програмно реалізовувати паралельні алгоритми та чисельні методи; аналізувати швидкість паралельних програм та оптимізувати їх виконання.

4. Структура залікових кредитів дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:		
	лекції	лаб. роботи	СРС
Тема 1. Введення в паралельне програмування. Концепції та основні принципи паралельних обчислень. Закони прискорення Амдала та Густафсона-Барсіса. Багатоядерні обчислення та множинні потоки команд/даних. Основи багатопотокового програмування та керування процесами. Життєвий цикл потоків. Створення, призупинення та завершення потоків. Механізми синхронізації: м'ютекси, семафори, монітори. Атомарні операції.	6	4	12
Тема 2. Асинхронне програмування та бібліотека TPL. Класи Task та Parallel. async/await паттерни. Послідовне та паралельне виконання асинхронних методів. Обробка помилок та виключень. Розробка модульних компонентів	4	6	10
Тема 3. Паралельні колекції та технологія PLINQ для обробки даних. Простір імен System.Collections.Concurrent. Паралельні запити LINQ. Оптимізація та ефективність PLINQ-запитів. Обробка великих наборів даних	4	4	10
Тема 4. Розподілені системи та клієнт-серверна архітектура. Технологія gRPC для міжсервісної взаємодії. Протоколи передачі даних. Реалізація багаторівневих обчислювальних моделей	4	4	10
Тема 5. Хмарні обчислення та високопродуктивні системи. Платформа Microsoft Azure HPC. Розгортання обчислювальних задач у хмарі. Масштабування та управління ресурсами. Кластерні обчислення	4	4	10
Тема 6. Паралельне програмування з OpenMP. Директиви компілятора для паралелізації. Розподіл роботи між потоками. Синхронізація та обмін даними. Оптимізація швидкодії OpenMP-програм	4	4	10
Тема 7. Розподілені обчислення зі стандартом MPI. Архітектура та принципи Message Passing Interface. Колективні операції та точка-точка комунікації. Розподіл задач між вузлами кластера.	4	4	10
Тема 8. Технологія CUDA для паралельних обчислень на GPU. Архітектура графічних процесорів. Гетерогенні обчислення. Програмування CUDA-ядер. Оптимізація пам'яті та швидкодії.	4	4	10
Разом:	34	34	82

5. Програма навчальної дисципліни

5.1 Зміст лекційного курсу

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	Введення в паралельне програмування. Визначення та призначення паралельного програмування. Концепції та основні принципи паралельних обчислень. Актуальність використання паралельних обчислень у сучасних умовах. Сфери застосування паралельних обчислень. Літ.: [1] с. 7-14.	2
2	Закони прискорення та багатоядерні обчислення. Закони прискорення Амдала та Густафсона-Барсіса. Багатоядерні обчислення та множинні потоки команд/даних. Теоретичні основи ефективності паралельних обчислень. Практичні аспекти прискорення. Літ.: [1] с. 21-33, [3] с. 103-124	2
3	Основи багатопотокового програмування. Поняття потоку та процесу. Життєвий цикл потоків. Створення, призупинення та завершення потоків. Пріоритезація та фонові потоки. Передача аргументів потокам. Властивість IsBackground. Літ.: [2] с. 9-18	2
4	Механізми синхронізації в багатопотоковому програмуванні. М'ютекси, семафори та монітори. Використання подій для синхронізації. Клас Monitor і блокування. Методи Wait, Pulse і PulseAll. Атомарні операції класу Interlocked. Літ.: [2] с. 26-38	2
5	Бібліотека паралельних задач TPL. Основи Task Parallel Library. Класи Task та Parallel. Створення та управління асинхронними задачами. Продовження задач та обробка результатів. Паралельне виконання циклів та операцій. Літ.: [2] с. 53-68	2
6	Асинхронне програмування та модульні компоненти. Асинхронні методи з async/await патте-	2

	рнами. Послідовне та паралельне виконання асинхронних методів. Task.WhenAll та Task.WhenAny. Обробка помилок та виключень в асинхронних методах. Розробка модульних компонентів для командної взаємодії. Літ.: [2] с. 78-108	
7	Паралельні колекції. Простір імен System.Collections.Concurrent. Інтерфейс IProducerConsumerCollection. ConcurrentStack, ConcurrentQueue, ConcurrentBag, BlockingCollection, ConcurrentDictionary. Особливості реалізації та використання паралельних колекцій. Літ.: [5] с. 162-210	2
8	Технологія PLINQ для обробки даних. Parallel LINQ та клас ParallelEnumerable. Паралельні запити LINQ. Оптимізація та ефективність PLINQ-запитів. Обробка великих наборів даних. Практичні аспекти застосування PLINQ. Літ.: [2] с. 68-78	2
9	Основи розподілених систем. Принципи побудови розподілених систем. Архітектура клієнт-сервер. Моделі взаємодії в розподілених системах. Переваги та виклики розподілених обчислень. Протоколи передачі даних. Літ.: [4] с. 1-55	2
10	Технологія gRPC та багаторівневі системи. Технологія gRPC для міжсервісної взаємодії. Protocol Buffers та їх використання. Реалізація багаторівневих обчислювальних моделей на основі архітектури клієнт-сервер. Практичні аспекти розробки gRPC-сервісів. Літ.: [4 с. 181-247], [7 с. 129-155]	2
11	Основи хмарних обчислень. Концепції хмарних обчислень. Моделі хмарних сервісів (IaaS, PaaS, SaaS). Переваги використання хмарних технологій для високопродуктивних обчислень. Платформа Microsoft Azure та її можливості. Літ.: [8] с. 3-13	2
12	Azure HPC та кластерні обчислення. Платформа Microsoft Azure HPC. Розгортання обчислювальних задач у хмарі. Масштабування та управління ресурсами. Кластерні обчислення для обробки великих наборів даних. Моніторинг та оптимізація швидкодії. Літ.: [8] с. 3-13	2
13	Основи OpenMP. Технологія OpenMP для паралельного програмування. Директиви компілятора для паралелізації. Модель програмування OpenMP. Розподіл роботи між потоками. Основні директиви та функції OpenMP. Літ.: [1 с. 167-186]	2
14	Синхронізація та оптимізація в OpenMP. Синхронізація та обмін даними в OpenMP. Директиви синхронізації. Оптимізація швидкодії OpenMP-програм. Виявлення та усунення вузьких місць. Балансування навантаження. Літ.: [9 с. 187-210]	2
15	Архітектура та принципи MPI. Стандарт Message Passing Interface (MPI). Архітектура та принципи MPI. Модель програмування з передачею повідомлень. Основні функції MPI. Ініціалізація та завершення MPI-програм. Колективні операції та розподіл задач в MPI. Колективні операції та комунікація точка-точка в MPI. Розподіл задач між вузлами кластера. Синхронізація процесів у розподілених системах. Оптимізація MPI-додатків для кластерних обчислень. Літ.: [4] с. 208-245	2
16	CUDA: архітектура GPU та програмування. Архітектура графічних процесорів. Основи гетерогенних обчислень. Технологія NVIDIA CUDA. Програмування CUDA-ядер. Управління пам'яттю GPU. Оптимізація пам'яті та швидкодії CUDA-програм. Багатопотокові обчислення на GPU. Літ.: [10 с. 22-72]	4
Разом		34

5.2 Зміст лабораторних занять

№ п/п	Тема лабораторного заняття	Годин
1	Основи багатопоточного програмування Літ.: [6] с. 6-18	4
2	Асинхронне програмування та розробка модульних компонентів для командної взаємодії Літ.: [6] с. 19-46	4
3	Застосування PLINQ для роботи з даними Літ.: [6] с. 47-58	4
4	Реалізація клієнт-серверної архітектури на основі gRPC Літ.: [6] с. 59-67	4

5	Високопродуктивні обчислення в хмарі. Введення в Azure HPC та розгортання обчислювальних задач Літ.: [6] с. 68-80	4
6	Паралельне програмування з використанням OpenMP Літ.: [6] с. 81-91	4
7	Основи розподілених обчислень з використанням стандарту MPI Літ.: [6] с. 92-102	4
8	Використання CUDA для проведення багатопотокових обчислень Літ.: [6] с. 103-118	6
	Разом	34

5.3 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи здобувача вищої освіти

Самостійна робота студентів усіх форм здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу з відповідних джерел інформації, підготовці до лабораторних занять, виконанні індивідуальних завдань тощо. Крім цього до послуг студентів сторінка навчальної дисципліни у Модульному середовищі для навчання, де розміщені Робоча програма дисципліни та необхідні документи з її навчально-методичного забезпечення.

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1–2	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до проведення лабораторної роботи та її захисту, а також виконання індивідуального завдання.	9
3-4	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до проведення лабораторної роботи та її захисту, а також виконання індивідуального завдання.	9
5-6	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до проведення лабораторної роботи та її захисту, а також виконання індивідуального завдання.	9
7-8	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до проведення лабораторної роботи та її захисту, а також виконання індивідуального завдання.	9
9-10	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до проведення лабораторної роботи та її захисту, а також виконання індивідуального завдання.	9
11-12	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до проведення лабораторної роботи та її захисту, а також виконання індивідуального завдання.	9
13-14	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до проведення лабораторної роботи та її захисту, а також виконання індивідуального завдання.	9
15-16	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до підсумкового контрольного заходу. Захист індивідуального завдання.	19
	Разом	82

На самостійне опрацювання студентів виносяться визначені у методичних рекомендаціях до лабораторних занять та самостійної роботи індивідуальні завдання (ІЗ) (з відповідних тем. Керівництво самостійною роботою та контроль за виконанням індивідуального завдання здійснюється викладачем згідно з розкладом консультацій у позаурочний час.

Вимоги до виконання індивідуального завдання викладені в Модульному середовищі для навчання на сторінці навчальної дисципліни.

6. Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій та методів навчання, зокрема: лекції (з використанням методів візуалізації, проблемного навчання, мотиваційних прийомів, інформаційно-комунікаційних технологій); лабораторні заняття: з використанням методів комп'ютерного моделювання, аналіз проблемних ситуацій, пояснення, дискусія тощо, самостійна робота: робота над засвоєнням теоретичного матеріалу, виконання індивідуальних та домашніх завдань, підготовка до поточного та підсумкового контролю тощо), з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій та технологій дистанційного навчання.

7. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час аудиторних лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком освітнього процесу, в т.ч. з використанням Модульного середовища для навчання. При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

- оцінювання результатів захисту лабораторних робіт;
- оцінювання індивідуальних завдань.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати як поточного контролю, так і підсумкового контролю, який проводиться з усього матеріалу дисципліни за білетами, попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри. Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи, суму балів нижчу за 60 відсотків від максимального балу, *не допускається* до семестрового контролю, поки не виконає обсяг роботи, передбачений Робочою програмою. Здобувач вищої освіти, який набрав позитивний середньозважений бал (60 відсотків і більше від максимального балу) з усіх видів поточного контролю і не склав іспит, вважається таким, який *має* академічну заборгованість. Ліквідація академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється у період екзаменаційної сесії або за графіком, встановленим деканатом відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

8. Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. За об'єктивних причин (підтверджених документально) теоретичне навчання за погодженням із лектором може відбува-

тись в он-лайн режимі. Успішне опанування дисципліни і формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до лабораторного заняття (вивчення теоретичного матеріалу з теми роботи, попередню підготовку протоколу роботи, (наведені у Методичних рекомендаціях до лабораторних занять)), активно працювати на занятті, якісно підготувати звіт (протокол роботи відповідно до теми), захистити результати виконаної роботи, брати участь у дискусіях щодо прийнятих конструктивних рішень при виконанні здобувачами лабораторних робіт тощо.

Здобувачі вищої освіти мають дотримуватися встановлених термінів виконання всіх видів навчальної роботи відповідно до робочої програми навчальної дисципліни. Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється за результатами опитування під час захисту лабораторних робіт та контрольної роботи.

Здобувач вищої освіти, виконуючи самостійну роботу або індивідуальну роботу з дисципліни, має дотримуватися політики доброчесності (заборонені списування, плагіат (в т.ч. із використанням мобільних девайсів)). У разі виявлення порушення політики академічної доброчесності в будь-яких видах навчальної роботи здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання з відповідної теми (виду роботи), що передбачені робочою програмою. Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються**.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачам вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти, що розміщені на доступних платформах, які сприяють формування компетентностей і поглибленню результатів навчання, визначених робочою програмою дисципліни, або забезпечують вивчення відповідної теми та/або виду робіт з програми навчальної дисципліни (детальніше у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ).

Окремі результати вивчення курсу можуть бути зараховані у випадку отримання студентом результатів навчання у неформальній освіті, що підтверджені відповідним документом (сертифікат, свідоцтво, освітня програма тощо):

– Лабораторні роботи 1-3, зараховують при проходженні одного з онлайн курсів:

Parallel Programming in Java – <https://www.coursera.org/learn/parallel-programming-in-java>

Parallel Programming in Java – <https://www.coursera.org/learn/parallel-programming-in-java>

Learn Parallel Programming with C# and .NET – <https://www.udemy.com/course/parallel-dotnet/>

– Лабораторні роботи 4-8, зараховують при проходженні курсу:

Scientific Computing Masterclass: Parallel and Distributed – <https://www.udemy.com/course/learn-to-use-hpc-systems-and-supercomputers/>

– Лабораторна робота 8 зараховується при проходженні одного з онлайн курсів:

Introduction to Parallel Programming with CUDA – <https://www.coursera.org/learn/introduction-to-parallel-programming-with-cuda>

Cuda Basics – <https://www.udemy.com/course/cuda-basics/>

9. Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із встановлених Робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця навчальної роботи може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти з будь-якого виду навчальної роботи (структурної одиниці) рекомендується використовувати наведені нижче узагальнені критерії:

Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей	Узагальнений зміст критерія оцінювання
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає логічний виклад відповіді мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними приладами та інструментами, прикладними програмами. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демон-

	струє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві–три несуттєві <i>похибки</i> .
Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощо. Відповідь здобувача вищої освіти будується на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь здобувача вищої освіти будується на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, допускає неточності і <i>суттєві помилки</i> у відповіді, вагається при відповіді на відозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно (недостатній)	Здобувач вищої освіти виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекичує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.

Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів денної форми здобуття освіти у семестрі

Лабораторна робота								Самостійна робота	Семестровий контроль	Разом
								ІЗ	Іспит	Сума балів
1	2	3	4	5	6	7	8	1		
3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	15-20	24-40	60-100*
24-40								12-20	24-40	

Примітки: *За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС».

Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи.

Виконана й оформлена відповідно до вимог, визначених Методичними рекомендаціями вимог лабораторна робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких критеріїв: самостійність та правильність виконання; знання теоретичного матеріалу; здатність аргументувати прийняті рішення; повнота та якість отриманих результатів; дотримання вимог до оформлення та структурування роботи; уміння виправляти виявлені помилки у ході захисту.

Результат виконання і захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці "Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти" (мінімальний позитивний бал – 3 бали, максимальний – 5 балів).

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, лабораторна робота йому *не зараховується* і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методик її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

Оцінювання результатів виконання індивідуального завдання

Виконане та оформлене відповідно до вимог, визначених Методичними рекомендаціями, індивідуальне завдання (ІЗ) комплексно оцінюється викладачем з урахуванням таких критеріїв: самостійність виконання; правильність розв'язання поставлених задач; обґрунтованість вибору методів розв'язання; повнота пояснень та аргументованість відповідей; якість оформлення та дотримання вимог до структури і змісту роботи.

Результат виконання здобувачем вищої освіти кожного ІЗ оцінюється відповідно до таблиці Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти з урахуванням рівня досягнення запланованих програмних результатів навчання та сформованих компетентностей. За підсумками захисту присвоюється відповідна сума балів (мінімальний позитивний бал – 12 балів, максимальний – 20 балів).

У разі, якщо здобувач вищої освіти виявив рівень знань і виконання ІЗ, що нижчий ніж 60 відсотків від максимальної кількості балів, встановленої Робочою програмою для цієї структурної одиниці, завдання не зараховується. У такому випадку студент має повторно опрацювати зміст завдання, усунути помилки та здати на перевірку доопрацьоване ІЗ у терміни, погоджені з викладачем.

Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (іспит).

Освітня програма передбачає підсумковий семестровий контроль з дисципліни у формі іспиту, завданням якого є системне й об'єктивне оцінювання як теоретичної, так і практичної підготовки здобувача з навчальної дисциплі-

ни. Складання іспиту відбувається за попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри білетами. Відповідно до цього в екзаменаційному білеті пропонується поєднання питань як теоретичного (в т.ч. у тестовій формі), так і практичного характеру.

Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю здобувачів денної форми навчання (40 балів для підсумкового контролю)

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретичне питання № 1	3	4	5
Теоретичне питання № 2	3	4	5
Практичне завдання	18	24	30
Разом:	24		40

Примітка. *Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (24 бали) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 25-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.

Для кожного окремого виду завдань підсумкового семестрового контролю застосовуються критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти, наведені вище (Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти).

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС визначається в автоматизованому режимі після внесення викладачем результатів оцінювання у балах з усіх видів навчальної роботи до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені нижче у таблиці «Співвідношення».

Семестровий іспит виставляється, якщо загальна сума балів, яку набрав студент з дисципліни за результатами поточного контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «відмінно/добре/задовільно», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці Співвідношення.

Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Рейтингова шкала балів	Інституційна оцінка (рівень досягнення здобувачем вищої освіти запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни)	
		Залік	Іспит/диференційований залік
A	90-100	Зараховано	Відмінно/Excellent – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
B	83-89		Добре/Good – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
C	73-82		
D	66-72		
E	60-65		Задовільно/Satisfactory – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни
FX	40-59	Незараховано	Незадовільно/Fail – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
F	0-39		Незадовільно/Fail – Результати навчання відсутні

10. Питання для самоконтролю результатів навчання

1. Що таке паралельне програмування та яке його призначення?
2. Поясніть концепцію багатоядерних обчислень.
3. Що таке закон Амдала та як він застосовується для оцінки ефективності паралелізації?
4. У чому полягає закон Густафсона-Барсіса та як він відрізняється від закону Амдала?
5. Які основні відмінності між послідовними та паралельними обчисленнями?
6. Що таке множинні потоки команд/даних та як вони реалізуються?
7. Що таке потік у програмуванні та які його основні характеристики?
8. Як здійснюється створення та завершення потоку в .NET?
9. Поясніть життєвий цикл потоку та його стани.
10. Що таке процес та чим він відрізняється від потоку?
11. Що таке м'ютекс та як він використовується для синхронізації?
12. Поясніть принцип роботи семафора та його застосування.

13. Як працює клас Monitor і для чого використовується блокування?
14. Що таке атомарні операції та класи Interlocked?
15. Що таке TPL (Task Parallel Library) та які її основні компоненти?
16. Поясніть різницю між класами Task та Thread.
17. Як працює клас Parallel та його основні методи?
18. Що таке асинхронне програмування та асинхронні методи?
19. Поясніть використання ключових слів async та await.
20. Як працюють методи Task.WhenAll та Task.WhenAny?
21. Як здійснюється обробка помилок у асинхронних методах?
22. Які існують паралельні колекції та їх особливості?
23. Поясніть принципи роботи ConcurrentStack та ConcurrentQueue.
24. Що таке ConcurrentDictionary та коли його варто використовувати?
25. Які можливості надає PLINQ (Parallel LINQ)?
26. Поясніть клас ParallelEnumerable та його методи.
27. Як здійснюється оптимізація PLINQ-запитів?
28. Що таке розподілені системи та їх основні характеристики?
29. Поясніть принципи архітектури клієнт-сервер.
30. Що таке технологія gRPC та її переваги?
31. Як працюють Protocol Buffers у контексті gRPC?
32. Поясніть реалізацію багаторівневих обчислювальних моделей.
33. Що таке хмарні обчислення та їх основні моделі сервісів?
34. Які можливості надає платформа Microsoft Azure HPC?
35. Як здійснюється розгортання обчислювальних задач у хмарі?
36. Поясніть принципи масштабування та управління ресурсами в хмарі?
37. Що таке технологія OpenMP та її призначення?
38. Які основні директиви компілятора використовуються в OpenMP?
39. Як здійснюється розподіл роботи між потоками в OpenMP?
40. Як здійснюється синхронізація та обмін даними в OpenMP?
41. Що таке стандарт MPI та його призначення?
42. Поясніть різницю між комунікацією точка-точка та колективними операціями в MPI.
43. Поясніть основні функції MPI_Send, MPI_Recv, MPI_Bcast.
44. Як здійснюється розподіл задач між вузлами кластера?
45. Що таке CUDA та які її основні можливості?
46. Поясніть архітектуру графічних процесорів (GPU).
47. Що таке гетерогенні обчислення та їх переваги?
48. Що таке CUDA-ядра (kernels) та як вони створюються?
49. Як здійснюється управління пам'яттю GPU в CUDA?
50. Які методи оптимізації CUDA-програм існують?

11. Навчально-методичне забезпечення

Освітній процес з дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. Зокрема, викладачами кафедри підготовлені і видані такі роботи:

1. Технологія розподілених систем та паралельних обчислень : методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалавр) рівня вищої освіти спеціальності «Комп'ютерні науки» / Е.А. Манзюк, О.А. Пасічник, Т.К. Скрипник, С.С. Петровський. Хмельницький : ХНУ, 2025. 136 с.

2. Курс «Технології розподілених систем та паралельних обчислень».
<https://msn.khmnmu.edu.ua/course/view.php?id=3821>

12. Матеріально-технічне та програмне забезпечення дисципліни (за потреби)

Необхідні інструменти, обладнання, програмне забезпечення: комп'ютер (надається для використання в лабораторіях кафедри комп'ютерних наук), Microsoft Visual Studio 2017/2019/2022 (ліцензія надана Хмельницькому національному університету для освітньої діяльності), Code::Blocks 20.03+ (відкритий код, GPL ліцензія), .NET Framework 4.5+ або .NET Core/.NET 5+ (безкоштовна ліцензія Microsoft), Microsoft Azure хмарна платформа (надається в межах програми Microsoft Azure for Students для навчальних цілей), GNU Compiler Collection (GCC) 9.0+ — набір компіляторів, який поширюється під ліцензією GNU General Public License (GPL), що дозволяє вільно використовувати, змінювати та розповсюджувати програмне забезпечення, OpenMP API (відкритий стандарт, безкоштовне використання), MPICH або Open MPI (відкритий код, BSD-подібні ліцензії), NVIDIA CUDA Toolkit 10.0+ (безкоштовна ліцензія NVIDIA для розробки), Azure CLI та Azure Storage Explorer (безкоштовні інструменти Microsoft), gRPC .NET пакети (Apache 2.0 ліцензія). Всі перелічені програмні продукти та технології є доступними для навчальних цілей або мають відкриті ліцензії, що дозволяє їх використання в освітньому процесі.

13. Рекомендована література:

Основна

1. Коцовський В. М. Теорія паралельних обчислень: навчальний посібник. Ужгород: ПП «АУТДОР-Шарк», 2021. 188 с.
2. Матвеева Н.О., Пономарьов І.В. Паралельне програмування на платформі .NET: навчальний посібник – Дніпро, 2023. – 238с.
3. Кузьма К. Т., Мельник О. В. Паралельні та розподілені обчислення: навчальний посібник для вищих закладів освіти. Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2020. 172 с.
4. Van Steen, Maarten, and Andrew S. Tanenbaum. Distributed systems. Leiden, The Netherlands: Maarten van Steen, 2025. 685p.
5. Sarcar. V. Parallel Programming with C# and .NET. Apress, 2024. 479p.
6. Технологія розподілених систем та паралельних обчислень : методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалавр) рівня вищої освіти спеціальності «Комп'ютерні науки» / Е.А. Манзюк, О.А. Пасічник, Т.К. Скрипник, С.С. Петровський. Хмельницький : ХНУ, 2025. 136 с.
7. Sunyaev, Ali . "Introduction to Internet Computing." Internet Computing: Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies, 2024. 405p.
8. Joshi U. Patterns of distributed systems. Addison-Wesley Professional, 2023. 456 p.
9. Weinzierl T. Principles of Parallel Scientific Computing: A First Guide to Numerical Concepts and Programming Methods. Cham, Switzerland : Springer, 2022. 328 p.
10. Ansorge R. Programming in Parallel with CUDA: A Practical Guide. Cambridge University Press, 2022. 395 p.

Додаткова

11. Kuzmiakova A. Concurrent, parallel and distributed computing Arcler Press, 2022. 277p.
12. Семеренко В. П. Технології паралельних обчислень : навчальний посібник / Семеренко В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2018. 104 с.
13. Минайленко Р.М. Паралельні та розподілені обчислення: навч. посіб. – Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2021. 153 с.
14. Паралельні та розподілені обчислення. Вибрані розділи: Навч. посібник. / О.В.Корочкін, Русанова О.В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 123 с.
15. Alsuwaiyel M. H. Parallel Algorithms: New Jersey: WSPC, 2022. 400p.

14. Інформаційні ресурси

1. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=3821>
2. Електронна бібліотека ХНУ. URL: <http://library.khmnu.edu.ua/>
3. Інституційний репозитарій ХНУ. URL : <https://elar.khmnu.edu.ua/home>

ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ТА ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Тип дисципліни	Обов'язкова
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Мова викладання	Українська
Семестр	6
Кількість призначених кредитів ЄКТС	5
Форми здобуття освіти, для яких викладається дисципліна	Очна (денна)

Результати навчання. Після вивчення дисципліни студент повинен: володіти професійною термінологією у сфері паралельних і розподілених обчислень; розрізняти основні підходи до багатопоточного, асинхронного та розподіленого програмування; реалізовувати багаторівневі обчислювальні моделі на основі архітектури клієнт-сервер з використанням технологій gRPC; виконувати паралельні та розподілені обчислення з застосуванням PLINQ, OpenMP, MPI та CUDA; застосовувати хмарні сервіси та технології для високопродуктивних обчислень; розробляти та експлуатувати розподілені системи паралельної обробки інформації; обробляти великі набори даних на кластерах серверів; програмно реалізовувати паралельні алгоритми та чисельні методи; аналізувати швидкодію паралельних програм та оптимізувати їх виконання.

Зміст навчальної дисципліни. Технології та засоби паралельних і розподілених обчислень, включаючи багатопоточне та асинхронне програмування, клієнт-серверні архітектури, хмарні обчислення, технології PLINQ, gRPC, OpenMP, MPI, CUDA, що застосовуються для проєктування, реалізації та експлуатації високопродуктивних розподілених систем обробки інформації.

Пререквізити – алгоритмізація та програмування (ОЗП.05), теорія алгоритмів (ОЗП.08), об'єктно-орієнтоване проєктування (ОПП.03), основи програмної інженерії та тестування програмного забезпечення (ОПП.10), технології захисту інформації та кібербезпека (ОПП.05), моделювання систем та системний аналіз (ОПП.12).

Кореквізити – технології створення програмних продуктів (ОПП.09), інформаційні технології хмарних обчислень (ОПП.13).

Запланована навчальна діяльність: Мінімальний обсяг навчальних занять в одному кредиті ЄКТС навчальної дисципліни для *першого* (бакалаврського) рівня вищої освіти за денною формою здобуття освіти становить 10 годин на 1 кредит ЄКТС.

Форми (методи) навчання: лекції (з використанням методів візуалізації, проблемного навчання, мотиваційних прийомів, інформаційно-комунікаційних технологій); лабораторні заняття: з використанням методів комп'ютерного моделювання, аналіз проблемних ситуацій, пояснення, дискусія тощо, самостійна робота: робота над засвоєнням теоретичного матеріалу, виконання індивідуальних та домашніх завдань, підготовка до поточного та підсумкового контролю тощо) з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій та технологій дистанційного навчання.

Форми оцінювання результатів навчання: захист лабораторних робіт.

Вид семестрового контролю: іспит.

Навчальні ресурси:

1. Коцовський В. М. Теорія паралельних обчислень: навчальний посібник. Ужгород: ПП «АУТДОР-Шарк», 2021. 188 с.
2. Матвєєва Н.О., Пономарьов І.В. Паралельне програмування на платформі .NET: навчальний посібник – Дніпро, 2023. – 238с.
3. Кузьма К. Т., Мельник О. В. Паралельні та розподілені обчислення: навчальний посібник для вищих закладів освіти. Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2020. 172 с.
4. Van Steen, Maarten, and Andrew S. Tanenbaum. Distributed systems. Leiden, The Netherlands: Maarten van Steen, 2025. 685p.
5. Sarcar. V. Parallel Programming with C# and .NET. Apress, 2024. 479p.
6. Технологія розподілених систем та паралельних обчислень : методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалавр) рівня вищої освіти спеціальності «Комп'ютерні науки» / Е.А. Манзюк, О.А. Пасічник, Т.К. Скрипник, С.С. Петровський. Хмельницький : ХНУ, 2025. 136 с.
7. Sunyaev, Ali . "Introduction to Internet Computing." Internet Computing: Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies, 2024. 405p.
8. Joshi U. Patterns of distributed systems. Addison-Wesley Professional, 2023. 456 p.
9. Weinzierl T. Principles of Parallel Scientific Computing: A First Guide to Numerical Concepts and Programming Methods. Cham, Switzerland : Springer, 2022. 328 p.
10. Ansorge R. Programming in Parallel with CUDA: A Practical Guide. Cambridge University Press, 2022. 395 p.
11. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnmu.edu.ua/course/view.php?id=3821>
12. Електронна бібліотека університету. URL: <http://library.khmnmu.edu.ua/>

Викладач: д-р. техн. н., проф., Едуард МАНЗЮК