

	<p style="text-align: center;"><b>СИЛАБУС</b> <b>НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ</b> <b>«ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ТА</b> <b>ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ»</b></p> <p><b>Рівень вищої освіти: Перший (бакалаврський)</b> <b>Спеціальність: <u>F3 Комп'ютерні науки</u></b> <b>Рік навчання: <u>3-й</u>, семестр <u>5-й</u></b> <b>Кількість кредитів ECTS: <u>5 кредитів</u></b> <b>Назва кафедри: <u>Комп'ютерних наук та та цифрової економіки</u></b> <b>Мова викладання: <u>українська</u></b></p>
<p><b>Лектор курсу</b></p>	<p><b>к.т.н., ст. викл. Титарчук Євгеній Олександрович</b></p>
<p><b>Контактна інформація лектора (e-mail)</b></p>	<p><b>etitarchuk@gmail.com</b></p>

### **ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

«Технології розподілених систем та паралельних обчислень» є обов'язковою компонентою ОПП.

Загальний обсяг дисципліни 150 год.: лекції – 30 год.; лабораторні заняття – 28 год., самостійна робота – 92 год.

Формат проведення: лекції, лабораторні заняття, семінарські заняття, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

Під час вивчення дисципліни можуть використовувати знання, отримані з таких дисциплін: «Програмування», «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Комп'ютерні мережі», «Організація баз даних та знань».

Основні положення навчальної дисципліни можуть застосовуватися під час вивчення таких дисциплін: «Хмарні технології», «Проектування інформаційних систем», «Методи та системи штучного інтелекту», «Технологія створення програмних продуктів».

### **Призначення навчальної дисципліни**

Дисципліна «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» спрямована на формування у студентів компетенцій, необхідних для розв'язання сучасних наукових та практичних завдань у галузі інформаційних технологій, зокрема – вміти розробляти високопродуктивні і масштабовані системи, що вимагають обробки великих обсягів даних та використання складних обчислень; вміти використовувати сучасні програмні засоби для організації процесу паралельної обробки даних; вміти

застосовувати розповсюджені засоби синхронізації у системах обчислень з спільною та розподіленою пам'яттю; вміти аналізувати та оцінювати ефективність розподілених систем на основі ключових показників, таких як пропускна спроможність, затримка, масштабованість та надійність.

### **Мета вивчення навчальної дисципліни**

Метою вивчення дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» формування та розвиток фундаментальних знань у галузі розподілених систем та паралельних обчислень, включаючи розуміння основних принципів, архітектур, алгоритмів та технологій, що лежать в основі сучасних високопродуктивних обчислювальних систем. Надання студентам практичних навичок у проектуванні, реалізації, тестуванні та оптимізації розподілених та паралельних програмних систем і алгоритмів, а також у використанні сучасного програмного забезпечення та інструментальних засобів для цих цілей. Розвиток здатності аналітичного мислення та вирішення проблем, спрямований на ідентифікацію, аналіз та ефективне розв'язання складних задач у сфері розподілених систем та паралельних обчислень, враховуючи специфіку використання ресурсів, безпеку, надійність та ефективність систем. Підготовка студентів до професійної діяльності у галузі інформаційних технологій, зокрема у розробці та підтримці високопродуктивних і масштабованих розподілених систем, а також у дослідницькій роботі та інноваційній діяльності.

### **Завдання вивчення дисципліни**

При вивченні дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» здобувач має опанувати: знання про основні концепції, архітектури, протоколи та алгоритми, що використовуються у розподілених системах та паралельних обчисленнях; навичками програмування розподілених та паралельних систем, що охоплює практичний досвід у використанні мов програмування та інструментів, призначених для створення ефективних рішень в області великих даних, обчислювальних кластерів: .NET, MPI, CUDA та GRID; знання принципів та практик синхронізації доступу до даних; обґрунтовувати продуктивність та ефективність використання технологій паралельних та розподілених обчислень.

## **ПЕРЕЛІК КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, ЯКИХ НАБУВАЄ ЗДОБУВАЧ ПРИ ВИВЧЕНІ ДИСЦИПЛІНИ ВІДПОВІДНО ДО ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ**

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен сформувати такі програмні компетентності:

*інтегральну компетентність (ІК):*

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

*загальні компетентності (ЗК):*

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

*спеціальні (фахові) компетентності (СК):*

СК3. Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов моделей, алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.

СК6. Здатність до системного мислення застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики.

СК7. Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів.

СК8. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.

СК9. 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.

СК12. Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури,

конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

СК16. Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

## **ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ВІДПОВІДНО ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ**

РН5. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій.

РН8. Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах.

РН9. Розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук.

РН13. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення.

РН17. 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.

Вивчення даної дисципліни формує у здобувачів вищої освіти соціальні навички (soft skills): комунікативність (реалізується через: метод роботи в парах та групах, робота з інформаційними джерелами), робота в команді (реалізується через: метод проєктів), лідерські навички (реалізується через: робота в групах, метод проєктів, метод самопрезентації).

## ПЛАН ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Назви теми	Форми організації навчання та кількість годин		Самостійна робота, кількість годин
		лекційні заняття	лабораторні заняття	
1	Тема 1. Чому Паралелізм?	2	2	8
2	Тема 2. Сучасні процесори та основи багатопоточності.	4	2	9
3	Тема 3. Закон Амдала. Етапи розробки паралельних алгоритмів.	2	2	8
4	Тема 4. Механізми синхронізації	2	2	8
5	Тема 5. Основи бібліотеки TPL	2	2	8
6	Тема 6. Асинхронне програмування з C#.	2	2	8
7	Тема 7. Вступ до розподілених систем	2	2	8
8	Тема 8. RPC і міжвузлова взаємодія	2	2	8
9	Тема 9. GFS та розподілені файлові системи	2	2	8
10	Тема 10. Реплікація та узгодженість даних	2	2	9
11	Тема 11. Відмовостійкість та керування збоями	2	2	9
12	Тема 12. Розподілені транзакції	2	2	9
<b>Разом</b>		<b>16</b>	<b>30</b>	<b>74</b>

### Самостійна робота здобувача вищої освіти

Організовується шляхом видачі індивідуального переліку питань і практичних завдань з кожної теми, які не виносяться на аудиторне опрацювання та виконання індивідуального творчого завдання (презентації).

Самостійна робота здобувача є одним із способів активного, цілеспрямованого набуття нових для нього знань та умінь. Вона є основою його підготовки як фахівця, забезпечує набуття ним прийомів пізнавальної діяльності, інтерес до творчої роботи, здатність вирішувати наукові та практичні завдання.

Виконання здобувачем самостійної роботи передбачає, за необхідності, отримання консультацій або допомоги відповідного фахівця. Навчальний матеріал навчальної дисципліни, передбачений робочою програмою цієї дисципліни для засвоєння здобувачем у процесі самостійної роботи

вноситься на поточний і підсумковий контроль поряд з навчальним матеріалом, який опрацьовувався під час аудиторних занять. Організація самостійної роботи здобувачів передбачає: планування обсягу, змісту, завдань, форм і методів контролю самостійної роботи, розробку навчально-методичного забезпечення; виконання здобувачем запланованої самостійної роботи; контроль та оцінювання результатів, їх систематизацію, оцінювання ефективності виконання здобувачем самостійної роботи.

Виконання індивідуального завдання є одним із важливих засобів підвищення якості підготовки майбутніх спеціалістів, які здатні застосовувати на практиці теоретичні знання, вміння та навички з даної навчальної дисципліни. Підготовка завдання передбачає систематизацію, закріплення, розширення теоретичних і практичних знань із дисципліни та застосування їх у процесі розв'язання конкретних економічних ситуацій, розвиток навичок самостійної роботи й оволодіння методикою дослідження та експерименту, пов'язаних із темою завдання. Індивідуальне завдання передбачає наявність таких елементів наукового дослідження: практичної значущості, комплексного системного підходу до вирішення завдань дослідження, теоретичного використання передової сучасної методології та наукових розробок, наявність елементів творчості, вміння застосовувати сучасні технології

Індивідуальні завдання здобувач виконує самостійно під керівництвом викладача згідно з індивідуальним навчальним планом. У випадку реалізації індивідуальної освітньої траєкторії здобувача заняття можуть проводитись за індивідуальним графіком.

Під час роботи над індивідуальними завданнями, написання тез, статті, есе, кейсу, розв'язуванням задач за темою не допустимо порушення академічної доброчесності. Презентації та виступи мають бути авторськими та оригінальними.

## Види самостійної роботи

№ п/п	Вид самостійної роботи	Години	Термін виконання	Форма та метод контролю
1	Підготовка до лекційних занять та підготовка презентаційних матеріалів	26	щотижнево	Усне та письмове опитування
2	Підготовка до лабораторних занять та підготовка презентаційних матеріалів	16	щотижнево	Усне та письмове опитування
3	Підготовка самостійних питань з тематики дисципліни	24	4 рази на семестр	Спостереження за виконанням, обговорення, виступ з презентацією, презентація проєкту, усний захист
4	Підготовка до контрольних робіт та тестування	8	2 рази на семестр	Тестування у системі Moodle
<b>Разом</b>		<b>74</b>		

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Аксак Н.Г. Паралельні та розподілені обчислення: підручник / Н.Г. Аксак, О.Г. Руденко, А.М. Гуржій. – Х.: Компанія СМІТ, 2009. – 480с
2. Паралельні та розподілені обчислення: навчальний посібник для вищих закладів освіти / К.Т. Кузьма, О.В. Мельник. – Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2020. – 172 с.
3. С Семеренко, В. П. Технології паралельних обчислень : навчальний посібник / Семеренко В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 104 с
4. Юрчишин В.Я. Хмарні та Грід-технології: навчально-методичний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 264 с.
5. Жуков І., Корочкін О. Паралельні та розподілені обчислення. Навч. посібн. Київ: Корнійчук, 2014. 284 с
6. Кузьма К. Т., Мельник О. В. Паралельні та розподілені обчислення: навчальний посібник для вищих закладів освіти. Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2020. 172с.

### Додаткова література

1. G. Amdahl. Validity of the single-processor approach to achieving large-scale computing capabilities. // Proc. 1967 AFIPS Conf., AFIPS Press. – 1967. – V. 30. – P. 483.
2. Р. Н. Кветний, Є. О. Титарчук, і А. А. Гуржій, «Метод та алгоритм обміну ключами серед груп користувачів на основі асиметричних шифрів ECC

та RSA», Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 3 (37), с 38-44, 2016.

3. Р. Н. Кветний, Є. О. Титарчук, «Хмарна система обміну електронними грошима на основі алгоритму частково гомоморфного шифрування», Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 2 (39), 2017.

4. Foster I. Designing and Building of Parallel Programs. – Reading, MA: Addison-Wesley, 1995.

5. Dongarra J., Walker D., and others. ScaLAPACK Users' Guide. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1997.

6. D. P. Bovet, M. Cesati, Understanding the Linux Kernel, #rd Edition, O'Reilly, 2005.

7. Бройнль Т. Паралельне програмування: Початковий курс: Навч. посібник / Вступ. Слово А. Ройтера; Пер. з нім. В.А.Святного. – К.: Вища школа, 1997. – 358 С

8. Кулаков А.Ю., Клименко І.А. Спосіб формування структури віртуальної GRID системи // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: Век+, 2009. – № 50. - С. 97-100

9. Петренко А.І. Grid-інтелектуальна обробка даних // Системні дослідження та інформаційні технології. - Київ, №4, 2008. - С. 97-110.

10. Czech Z. J. Introduction to Parallel Computing. Cambridge: University Printing House, 2016. 364 p.

11. Національний університет "Києво-Могилянська академія", Геннадій Іванович Малашенок, та Алла Анатоліївна Сідько. Паралельні обчислення на розподіленій пам'яті: OpenMPI, Java, Math Partner: підручник. Київ: НАУКМА, 2020.

### **Інформаційні ресурси**

1. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: rada.gov.ua
2. Офіційний сайт Кабінету Міністрів України. URL: kmu.gov.ua
3. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Message Passing Interface Forum. – Version 1.1. – URL: <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi>
4. The OpenMP Application Program Interface (API). – URL: <http://www.openmp.org>
5. CUDA Toolkit website. – URL: <https://developer.nvidia.com/cuda-downloads>.

## СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИМОГИ ДО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

У кінці семестру, здобувач вищої освіти може набрати до 60% підсумкової оцінки за виконання всіх видів робіт, що виконуються протягом семестру, до 10% за показники наукової, інноваційної, навчальної, виховної роботи та студентської активності і до 30% підсумкової оцінки – за результатами підсумкового контролю.

### Розподіл балів за видами навчальної діяльності

№ з.п.	Вид навчальної діяльності	Бали
<b>Атестація 1</b>		
1	Присутність на лекційних заняттях	5
2	Виконання лабораторних робіт	10
3	Виконання контрольних робіт, тестування	10
4	Індивідуальні та групові творчі завдання	5
<b>Всього за атестацію 1</b>		<b>30</b>
<b>Атестація 2</b>		
1	Присутність на лекційних заняттях	5
2	Виконання лабораторних робіт	10
3	Виконання контрольних робіт, тестування	10
4	Індивідуальні та групові творчі завдання	5
<b>Всього за атестацію 2</b>		<b>30</b>
<b>Разом</b>		<b>60</b>
Показники наукової, інноваційної, навчальної, виховної роботи та студентської активності		<b>10</b>
<b>Підсумкове тестування</b>		<b>30</b>
<b>Разом</b>		<b>100</b>

Якщо здобувач упродовж семестру за підсумками контрольних заходів набрав (отримав) менше половини максимальної оцінки з навчальної дисципліни (менше 35 балів), то він не допускається до заліку чи іспиту. Крім того, обов'язковим при мінімальній кількості балів за підсумками контрольних заходів є виконання індивідуальної творчої роботи (презентації).

Програма навчальної дисципліни передбачає врахування результатів неформальної та інформальної освіти при наявності підтверджуючих документів як окремі кредити вивчення навчальних дисциплін

### Відповідність шкал оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
66-74	D	задовільно	
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