

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

**Кафедра програмного забезпечення комп'ютерних систем**

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**

завідувач кафедри  
Алексєєв М.О.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«Моделі та методи створення програмних систем паралельної та**  
**розподіленої обробки даних»**

Галузь знань .....	12 Інформаційні технології
Спеціальність .....	122 «Комп'ютерні науки»
Освітній рівень.....	доктор філософії
Кваліфікація	доктор філософії , комп'ютерні науки
Статус.....	вибіркова
Загальний обсяг .....	4 кредитів ECTS (120 годин)
Форма підсумкового контролю .....	Диференційований залік
Термін викладання .....	4-й семестр (7, 8 чверті)
Мова викладання	українська
.....	

Викладач: д.т.н., проф. каф. ПЗКС Геннадій ШВАЧИЧ

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_»\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_»\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Моделі та методи створення програмних систем паралельної та розподіленої обробки даних» для здобувачів вищої освіти за ОНП «Доктор філософії» галузі знань 12 Інформаційні технології / Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка», Дніпро: НТУ «ДП», 2023. – 16 с.

Розробник: д.т.н., проф. каф. ПЗКС Геннадій ШВАЧИЧ

Робоча програма регламентує:

- мету дисципліни;
- дисциплінарні результати навчання, сформовані на основі трансформації очікуваних результатів навчання освітньої програми;
- базові дисципліни;
- обсяг і розподіл за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять;
- програму дисципліни (тематичний план за видами навчальних занять);
- алгоритм оцінювання рівня досягнення дисциплінарних результатів навчання (шкали, засоби, процедури та критерії оцінювання);
- інструменти, обладнання та програмне забезпечення;
- рекомендовані джерела інформації.

Робоча програма призначена для реалізації компетентнісного підходу під час планування освітнього процесу, викладання дисципліни, підготовки аспірантів до контрольних заходів, контролю провадження освітньої діяльності, внутрішнього та зовнішнього контролю забезпечення якості вищої освіти, акредитації освітніх програм у межах спеціальності.

## ЗМІСТ

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ .....	4
2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ.....	4
3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ .....	5
4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ.....	5
6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ .....	9
6.1 Шкали .....	9
6.2 Засоби та процедури.....	9
6.3 Критерії.....	11
7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	14
8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ .....	12

## 1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИЦИПЛІНИ

Мета дисципліни – розвинути систему знань, умінь і навичок у здобувачів вищої освіти в області розвитку систем паралельної та розподіленої обробки даних, поглибити знання про моделі, методи та засоби паралельного програмування, що сприятиме формуванню здатності застосовувати знання з паралельного програмування на практиці, критично переосмислювати наявні інформаційні технології, відстежувати тенденції їх розвитку, розвивати й реалізовувати нові конкурентоздатні ідеї в галузі інформаційних технологій.

### Завдання курсу:

- опанування теоретико-понятійної бази курсу;
- ознайомлення здобувачів з теоретичними основами математичних методів створення програмних систем паралельної та розподіленої обробки даних;
- засвоєння здобувачами технології розробки паралельних програм;
- засвоєння здобувачами понять та визначень теорії методів моделювання та оптимізація програмних систем;
- засвоєння здобувачами критеріїв ефективності паралельних алгоритмів;
- засвоєння здобувачами понять про методи моделювання, оцінки та оптимізації надійності технічних систем;
- отримання досвіду розробки нових та існуючих архітектурних рішень для розробки мультипроцесорних програмних систем;
- формування у здобувачів цілісної системи теоретичних знань з курсу «Моделі та методи створення програмних систем паралельної та розподіленої обробки даних».

## 2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Шифр ДРН	Дисциплінарні результати навчання (ДРН)
	Зміст
ДРН – 01	Використовувати в науковій та практичній діяльності сучасні моделі паралельних обчислень з розподіленою пам'яттю; критерії ефективності паралельних алгоритмів.
ДРН – 02	Знати та вміти методи розпаралелювання обчислювальних алгоритмів; будувати моделі виконання паралельних програм.
ДРН – 03	Вміти оцінювати ефективність паралельних обчислень; аналізувати складність обчислень і можливість розпаралелювання розроблюваних алгоритмів.

### 3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна не потребує додаткових вимог до базових дисциплін. Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу «Моделі та методи створення програмних систем паралельної та розподіленої обробки даних» ґрунтується на знаннях, отриманих з попередньо вивчених дисциплін: Основи програмування, Інтелектуальний аналіз даних, Дискретна математика.

### 4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Вид навчальних занять	Обсяг, години	Розподіл за формами навчання, години			
		денна		заочна	
		аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота
лекційні	80	38	42	6	74
практичні	40	19	21	6	34
лабораторні	-	-	-	-	-
<b>РАЗОМ</b>	<b>120</b>	<b>57</b>	<b>63</b>	<b>12</b>	<b>108</b>

### 5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	<b>ЛЕКЦІЇ</b>	<b>80</b>
ДРН-01 ДРН-03	<b>Тема 1. Загальна характеристика і еволюція розвитку розподілених і паралельних обчислень.</b> Поняття високопродуктивних систем, розподілених і паралельних обчислень. Задачі розподілених систем. Паралельна і конвеєрна обробка даних. Супер – ЕОМ, надвисока продуктивність ЕОМ. Еволюція розвитку високопродуктивних систем. Сучасні тенденції застосування високопродуктивної обчислювальної техніки. Основні архітектурні поняття. Архітектура високопродуктивних обчислювальних систем. Класична Фон-Неймановська архітектура. Архітектура пам'яті. Методи підвищення швидкодії пам'яті: ієрархія пам'яті; просторова і тимчасова локальність, кеш-пам'ять і стратегії її використання; розшарування пам'яті.	5
ДРН-01 ДРН-03	<b>Тема 2. Класифікація паралельних обчислювальних систем.</b> Класифікація Флінна: єдиність або множинність потоків даних і команд. Доповнення Ванга і Бріггса: конкретизація класів SISD, SIMD, MIMD. Класифікація Фенга: дві прості чисельні характеристики паралелізму (послівний і порозрядний паралелізм). Класифікація Шора: шість "типової архітектури"	5

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	<p>обчислювальних систем. Класифікація Хендлера: кількісний опис паралелізму на трьох різних рівнях обробки даних(виконання програми, виконання команд, обробка бітів). Класифікація Хокни : конкретизація класу MIMD. Класифікація Шнайдера: конкретизація класу SIMD(основна ідея - виділення етапів вибірки і безпосередньо виконання в потоках команд і даних).</p> <p>Класифікація Джонсона: чотири класи MIMD-комп'ютерів(комп'ютери із загальною або розподіленою пам'яттю, що програмується за допомогою передачі повідомлень або змінних, що розділяються).</p> <p>Класифікація Базу: послідовність рішень, прийнятих на етапі проектування архітектури.Класифікація Кришнамарфи: чотири якісні характеристики паралелізму(міра гранулярної паралелізму, спосіб реалізації, топологія і природа зв'язку процесорів, спосіб управління процесорами).</p> <p>Класифікація Скилликорна : опис архітектури комп'ютера як абстрактної структури, що складається з компонент 4 типів(процесор команд, процесор даних, ієрархія пам'яті, комутатор).</p> <p>Класифікація Дазгупти: побудова схем архітектури з семи базових понять.</p> <p>Класифікація Дункана.</p>	
<p>ДРН-01 ДРН-02 ДРН-03</p>	<p><b>Тема 3. Сучасні високопродуктивні комп'ютери.</b> Вимоги до сучасних комп'ютерів. Класифікація комп'ютерів за сферами застосування. Шляхи підвищення продуктивності комп'ютерів. Сучасні мікропроцесори і мікропроцесорні системи. Системи високої готовності і відмовостійкі системи. Суперкомп'ютери. Векторні і матричні комп'ютери, багатопроцесорні комп'ютери і багатомашинні комплекси, векторизація і розпаралелювання алгоритмів, машини потоків команд і машини потоків даних, транс'ютери, нейрокомп'ютери. Приклади застосування суперкомп'ютерних технологій. Мультипроцесори. Гомогенні та гетерогенні мультиком'ютері системи. Архітектура сучасних багатоядерних процесорів.</p>	<p>10</p>
<p>ДРН-01 ДРН-02 ДРН-03</p>	<p><b>Тема 4. Моделі паралельного програмування.</b> Парадигми паралельного програмування: паралелізм даних і паралелізм завдань. Особливості взаємодії в багатопоточних програмах. Взаємодія паралельних процесів за допомогою механізму передачі повідомлень. Проблеми взаємодії процесів, поняття «клінчу».</p>	<p>5</p>
<p>ДРН-01 ДРН-02 ДРН-03</p>	<p><b>Тема 5. Розробка паралельних алгоритмів і оцінка їх ефективності.</b> Вимоги до паралельним алгоритмам. Типові прийоми розпаралелювання алгоритмів, ідея геометричного</p>	<p>10</p>

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	паралелізму. Показники ефективності паралельного алгоритму: прискорення і ефективність. Основні характеристики обчислювальної системи, що впливають на величину прискорення і ефективності.	
ДРН-01 ДРН-02	<p><b>Тема 5. Паралельні числові методи.</b></p> <p>Елементи комп'ютерної арифметики. Цілі числа: значення, операції, розширення. Дійсні числа: значення, операції, причини помилок. Приклади алгоритмів виконання типових операцій. Методи рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Прямі методи рішення СЛАР. Метод виключення Гауса. Метод Холецкого. Метод прогонки. Метод редукції. Методи рішення систем з розрідженою матрицею. Ітераційні методи рішення СЛАР. Метод простої ітерації. Метод верхньої релаксації. Метод споріднених градієнтів. Методи рішення диференційних рівнянь в часних похідних. Рішення задачі Діріхле для рівняння Пуассона. Організація паралельних обчислень. Методи Монте-Карло.</p>	5
ДРН-01 ДРН-02 ДРН-03	<p><b>Тема 7. Методи аналізу паралельних алгоритмів.</b></p> <p>Подання паралельного алгоритму у вигляді графа. Розкладення паралельного алгоритму. Показник часової складності алгоритму. Оцінка часу виконання алгоритму для паракомп'ютера (граничне розпаралелювання) і для систем з кінцевим числом процесорів. Способи отримання оптимального розкладу.</p>	5
ДРН-01 ДРН-02	<p><b>Тема 8. Технологія паралельного програмування OpenMP.</b></p> <p>Основи технології OpenMP. Виокремлення паралельно-виконавчих фрагментів програмного коду. Створення паралельних програм для багатоядерних систем за допомогою OpenMP, основні директиви OpenMP. Розподіл обчислювального навантаження між потоками. Розпаралелювання по даним для циклів. Управління розподілом ітерацій циклу між потоками. Управління порядком виконання обчислень Синхронізація обчислень після закінчення виконання циклу.</p>	5
ДРН-01 ДРН-02	<p><b>Тема 9. Управління даними для паралельно-виконавчих потоків.</b></p> <p>Визначення загальних і локальних змінних. Спільна обробка локальних змінних (операція редукції). Організація взаємовиключення при використанні спільних змінних. Забезпечення атомарності (неподільності) операцій. Використання критичних секцій. Застосування змінних семафорного типу (замків). Розподіл обчислювального навантаження між потоками (розпаралелювання по задачам). Розширені управління даними.</p>	5

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
ДРН-01 ДРН-02	<b>Тема 10. Сучасні інтерфейси паралельного програмування.</b> Інтерфейс передачі даних MPI: структура MPI, основні функції передачі даних. Основи програмування на MPI: функції ініціалізації бібліотеки, функції комунікації типу точка-точка, функції колективної взаємодії. Засоби розробки розподілених додатків.	5
ДРН-01 ДРН-02	<b>Тема 11. Реалізація паралельного алгоритму на основі інтерфейсу програмування MPI для прикладних задач.</b> Побудова та реалізація паралельного алгоритма на основі інтерфейсу програмування MPI для задач дисертаційної роботи.	10
ДРН-01 ДРН-02	<b>Тема 12. Розподілені інформаційні системи.</b> Основні поняття розподілених систем та їх класифікація. Розподілені системи об'єктів. Розподілені файлові системи. Розподілені системи документів. Розподілені системи узгодження. Корпоративні обчислювальні і інформаційні системи. Приклади розподілених інформаційних систем. Моделювання розподілених систем. Мова Triad.	10
<b>ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ</b>		<b>40</b>
ДРН-02 ДРН-03	<b>Практична робота №1</b> <b>Тема: Визначення ефективності застосування багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень для прикладних задач.</b> <u>Мета роботи:</u> Ознайомитися та отримати навички визначення ефективності застосування багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень. <u>Завдання:</u> Визначити ефективність застосування багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень для задач по темі дисертаційної роботи.	7
ДРН-02 ДРН-03	<b>Практична робота №2</b> <b>Тема: Визначення архітектурних принципів паралелізму.</b> <u>Мета роботи:</u> Здобути навички визначення архітектурних принципів паралелізму. <u>Завдання:</u> Визначити архітектурні принципи паралелізму по темі дисертаційної роботи.	7
ДРН-01 ДРН-02	<b>Практична робота №3</b> <b>Тема: Визначення особливостей взаємодії в багатопоточних програмах.</b> <u>Мета роботи:</u> Ознайомитися та отримати навички визначення особливостей взаємодії в багатопоточних програмах. <u>Завдання:</u> Визначити особливості взаємодії в багатопоточних програмах по темі дисертаційної роботи.	7

<b>Шифри ДРН</b>	<b>Види та тематика навчальних занять</b>	<b>Обсяг складових, години</b>
	<p align="center"><b>Практична робота №4</b></p> <p><b>Тема: Типові прийоми розпаралелювання алгоритмів прикладних задач.</b>  <u>Мета роботи:</u> Здобути навички програмної розробки типових прийомів розпаралелювання алгоритмів.  <u>Завдання:</u> Реалізувати типові прийоми розпаралелювання алгоритмів для задач дисертаційної роботи.</p>	7
ДРН-01 ДРН-02	<p align="center"><b>Практична робота №5</b></p> <p><b>Тема: Вплив топології комунікаційного середовища паралельних алгоритмів для прикладних задач.</b>  <u>Мета роботи:</u> Ознайомитися та отримати навички практичного визначення впливу топології комунікаційного середовища паралельних алгоритмів.  <u>Завдання:</u> Вивчити вплив топології комунікаційного середовища паралельних алгоритмів для задач дисертаційної роботи.</p>	6
ДРН-01 ДРН-02	<p align="center"><b>Практична робота №6</b></p> <p><b>Тема: Побудова паралельних алгоритмів прикладних задач на основі інтерфейсу програмування MPI.</b>  <u>Мета роботи:</u> Ознайомитися та набути навички побудови паралельних алгоритмів на основі інтерфейсу програмування MPI.  <u>Завдання:</u> Побудувати та реалізувати паралельний алгоритм на основі інтерфейсу програмування MPI для задач дисертаційної роботи.</p>	6
<b>ЗАГАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ</b>		<b>120</b>

## 6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Сертифікація досягнень аспірантів здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання аспіранта за дисципліною.

### 6.1 Шкали

Оцінювання навчальних досягнень аспірантів НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та конвертаційною шкалами. Остання необхідна (за

офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок здобувачів вищої освіти різних закладів.

**Шкали оцінювання навчальних досягнень аспірантів НТУ «ДП»**

Рейтингова	Конвертаційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховується, якщо аспірант отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

## 6.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності аспіранта за вимогами НРК до відповідного кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Аспірант на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання (розділ 2).

Засоби діагностики, що надаються аспірантам на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою.

Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

**Засоби діагностики та процедури оцінювання**

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ	
навчальне заняття	засоби діагностики	процедури	засоби діагностики	процедури
лекції	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдання під час лекцій	комплексна контрольна робота (ККР)	визначення середньозваженого результату поточних контролів;
лабораторні	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдань під час практичних занять		

	або індивідуальне завдання	виконання завдань під час самостійної роботи	виконання ККР під час екзамену за бажанням аспіранта
практичні	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдань під час практичних занять	
	або індивідуальне завдання	виконання завдань під час самостійної роботи	

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання контрольних конкретизованих завдань. Практичні та лабораторні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання.

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком дескрипторам, то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль здійснюється без участі аспіранта шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен аспірант під час екзамену має право виконувати ККР, яка містить завдання, що охоплюють ключові дисциплінарні результати навчання.

Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання.

Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожного дескриптора НРК.

### 6.3 Критерії

Реальні результати навчання аспіранта ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії аспіранта для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерія використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де  $a$  – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення;  $m$  – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Індивідуальні завдання та комплексні контрольні роботи оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для рівня докторів філософії вищої освіти (подано нижче).

### *Загальні критерії досягнення результатів навчання*

Інтегральна компетентність – здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів відповідної науки і характеризується комплексністю та невизначеністю умов

<b>Опис кваліфікаційного рівня</b>	<b>Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії</b>	<b>Показник оцінки</b>
<b><i>Знання</i></b>		
– Концептуальні та методологічні знання в галузі чи на межі галузей знань або професійної діяльності.	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: – спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень; – критичне осмислення проблем у навчанні та/або професійній діяльності та на межі предметних галузей	95-100
	Відповідь містить не грубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення про об’єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
	Рівень знань незадовільний	<60
<b><i>Уміння/навички</i></b>		
– Спеціалізовані уміння/навички і методи, необхідні для розв’язання значущих проблем у сфері професійної діяльності, науки та/або інновацій, розширення та переоцінки вже	Відповідь характеризує уміння: – виявляти проблеми; – формулювати гіпотези; – розв’язувати проблеми; – оновлювати знання; – інтегрувати знання; – провадити інноваційну діяльність; – провадити наукову діяльність	95-100
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з не грубими помилками	90-94

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
існуючих знань і професійної практики; – започаткування, планування, реалізація та коригування послідовного процесу ґрунтовного наукового дослідження з дотриманням належної академічної доброчесності; – критичний аналіз, оцінка і синтез нових та комплексних ідей.	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь/навичок незадовільний	<60
<b>Комунікація</b>		
– Вільне спілкування з питань, що стосуються сфери наукових та експертних знань, з колегами, широкою науковою спільнотою, суспільством у цілому; – використання академічної української та іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях.	Зрозумілість відповіді (доповіді). <i>Мова:</i> правильна; чиста; ясна; точна; логічна; виразна; лаконічна. <i>Комунікаційна стратегія:</i> – послідовний і несуперечливий розвиток думки; – наявність логічних власних суджень; – доречна аргументація та її відповідність відстоюваним положенням; – правильна структура відповіді (доповіді); – правильність відповідей на запитання; – доречна техніка відповідей на запитання; – здатність робити висновки та формулювати пропозиції; – використання іноземних мов у професійній діяльності	95-100
	Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	90-94
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)	74-79
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-73

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	65-69
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
<b><i>Відповідальність і автономія</i></b>		
– Демонстрація значної авторитетності, інноваційність, високий ступінь самостійності, академічна та професійна доброчесність, постійна відданість розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності; – здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення.	Відмінне володіння компетенціями: – використання принципів та методів організації діяльності команди; – ефективний розподіл повноважень в структурі команди; – підтримка врівноважених стосунків з членами команди (відповідальність за взаємовідносини); – стресовитривалість; – саморегуляція; – трудова активність в екстремальних ситуаціях; – високий рівень особистого ставлення до справи; – володіння всіма видами навчальної діяльності; – належний рівень фундаментальних знань; – належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок	95-100
	Упевнене володіння компетенціями відповідальності і автономії з незначними хибами	90-94
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано чотири вимоги)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано п'ять вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано шість вимог)	65-69
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (рівень фрагментарний)	60-64
	Рівень відповідальності і автономії незадовільний	<60

## 7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технічні засоби навчання: мультимедійні та комп'ютерні пристрої.

Засоби дистанційної освіти: Moodle, MS Teams.

Пакети приладних програм: MS Office, StatGraphics (навчальна безкоштовна версія), MathCad (навчальна безкоштовна версія). Інтерпритатор мови Python.

## 8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Базова:

1. Основи теорії надійності програмних систем. Навчальний посібник. / Яковина В. С., Сенів М. М. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. 248 с.
2. Моделі, методи та засоби аналізу надійності програмних систем: монографія / В.С. Яковина, Д.В. Федасюк, М.М. Сенів, О.О. Нитребич. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015.-220с.
3. Marvin Rausand, Anne Barros, Arnljot Hoyland. System reliability theory: models, statistical methods and applications. Wiley, 3rd edition, 2020. 864 p.
4. Iia Vonta, Mangey Ram. Reliability Engineering: theory and applications (Advanced research in reliability and system assurance engineering). CRC Press, 1st edition, 2018, 228 p.
5. Ramesh Gulati. Maintenance and Reliability Best Practices. Industrial Press, 3rd edition, 2020. 768 p.
6. Aman Ullah. Software Reliability in Safety Critical Systems. OmniScriptum Publishing KS. 2016. – 60 p.
7. Nikolay Pavlov, Anton Iliev, Asen Rahnev and Nikolay Kyurkchiev. Some Software Reliability Models. OmniScriptum Publishing KS. 2018. – 124 p.
8. B.S. Dhillon. Enginnering Systems Reliability, Safety and Maintence^ An Integrated Approach. CRC Press, 1st edition. 2019. 298 p.
9. Hoang Pham. Statistical reliability engineering: methods, models and applications. Springer, 1st. edition, 2021. 517 p.
7. Поджаренко В.О., Васілевський О.М., Кучерук В.Ю. Опрацювання результатів вимірювань на основі концепції невизначеності: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2008. 128 с.
8. Trobec R., Slivnik B., Bulic P., Robic B. Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms // Springer, 2018. – 268 p.
9. Kurgalin S., Borzunov S. A Practical Approach to High-Performance Computing// Springer, 2019. - 206 p.
10. Adamatzky A., Akl S., Sirakoulis G. From Parallel to Emergent Computing // CRC Press, 2019. - 628 p.
11. Lorenzon A., Filho A. Parallel Computing Hits the Power Wall: Principles, Challenges, and a Survey of Solutions // SpringerBriefs in Computer Science, 2019 - 88 p.
12. Czarnul P.Parallel Programming for Modern High Performance Computing Systems// CRC Press, 2018. - 304 p.

### Додаткова:

1. Shvachych G., Poboehii I., Khokhlova T., Kholod A., Moroz D.

Multiprocessor Computing based Parallel Structures of Mathematical Models of Tridiagonal Systems. 5th International Conference on Inventive Computation Technologies. 2020. P. 1031–1035.

2. Shvachych G., Moroz B., Martynenko A., Hulina I., Busygin V., Moroz D. Model of Speed Spheroidization of Metals and Alloys Based on Multiprocessor Computing Complexes. Machine Learning for Predictive Analysis. Networks and Systems. Springer. 2020. P. 33–41.

3. Moroz. D. Research of the influence of a network interface on the efficiency of modular multiprocessor systems. Fundamental and applied research in the modern world : Abstracts of VIII International Scientific and Practical Conference. Boston, USA. 2021. P. 162–171.

4. Shvachych G., Pobochij I., Sazonova M., Bilyi O., Moroz D. Intelligent decision support system. International Academy Journal Web of Scholar. 2021. № 2 (52). P. 1–9. 5. Shvachych G., Vozna N., Ivashchenko O., Bilyi O., Moroz D. Method of lines in distributed problems of experimental data processing. International Academy Journal Web of Scholar. 2021. № 2(52). P. 1–7. Режим доступа: <https://rsglobal.pl/index.php/wos/article/view/1951/1759>

6. Shvachych G., Vozna N., Ivashchenko O., Bilyi O., Moroz D. Efficient algorithms for parallelizing tridiagonal systems of equations. System technologies. Dnipro. 2021. № 5 (136). P. 110–119 .