

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА**

Фізико-технічний факультет  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ПАРАЛЕЛЬНІ ТА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ**

Освітня програма Комп'ютерна інженерія  
Галузь знань 12 Інформаційні технології  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від "30" серпня 2023 р.

## ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Компетентності
5. Результати навчання
6. Організація навчання курсу
7. Система оцінювання курсу
8. Політика курсу
9. Рекомендована література

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	Паралельні та розподілені обчислення
<b>Рівень вищої освіти</b>	Перший рівень вищої освіти
<b>Викладач (-і)</b>	доцент, кандидат технічних наук Грига Володимир Михайлович
<b>Контактний телефон викладача</b>	0342596007
<b>E-mail викладача</b>	<a href="mailto:volodymyr.gryga@pnu.edu.ua">volodymyr.gryga@pnu.edu.ua</a>
<b>Формат дисципліни</b>	Семестровий
<b>Обсяг дисципліни</b>	6 кредитів
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="http://www.d-learn.pnu.edu.ua/">http://www.d-learn.pnu.edu.ua/</a>
<b>Консультації</b>	відповідно до графіку індивідуальних консультацій, який розміщений на інформаційному стенді кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки
<b>2. Анотація до курсу</b>	
<p>Дисципліна «Паралельні та розподілені обчислення» належить до переліку обов'язкових компонентів за освітнім рівнем «бакалавр», що пропонуються в рамках циклу професійної та практичної підготовки студентів за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія». Вона забезпечує формування у студентів науково-дослідницьких і професійно-орієнтованих компетенцій. Предметом вивчення навчальної дисципліни є засвоєння основних методів, технологій та способів реалізації послідовних та паралельних обчислень в комп'ютерних системах, побудови на їх основі апаратно-програмних компонентів обчислювальних систем для вирішення поставлених задач в галузі.</p> <p>Силабус навчальної дисципліни «Паралельні та розподілені обчислення» складений відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерна інженерія» підготовки бакалаврів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія».</p>	
<b>3. Мета та цілі курсу</b>	
<p><b>Мета:</b> оволодіти базовими знаннями з організації та функціонування паралельних та розподілених обчислень в комп'ютерних системах, засвоїти основні методи, алгоритми та принципи побудови структур реалізації паралельних та розподілених обчислень, набуття навиків проектування таких засобів.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен</p> <p><b>знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основні принципи паралелізму задач;</li> <li>- класифікацію та архітектури систем паралельної обробки;</li> <li>- методику оцінки продуктивності комп'ютерних систем;</li> <li>- реалізацію паралельних та розподілених обчислень в компонентах комп'ютерних систем;</li> <li>- принципи виконання паралельних та розподілених обчислень математичних виразів;</li> <li>- приклади реалізації паралельних операцій на мережах Петрі;</li> <li>- способи взаємодії процесів через спільні змінні;</li> <li>- основи технології паралельного програмування.</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- застосовувати функціональну декомпозицію для розв'язку обчислювальних задач;</li> <li>- розробляти паралельні алгоритми з використанням векторизації і паралельного їх</li> </ul>	

- представлення;
- розв'язувати різноманітні задачі за допомогою паралельних алгоритмів;
  - реалізовувати паралельні структури цифрових пристроїв виконання арифметичних операцій;
  - реалізовувати розширені мережі Петрі;
  - реалізовувати паралельні та послідовні обчислення математичних виразів використанням АЛП паралельного типу;
  - реалізовувати виконання складних математичних виразів з використанням АЛП та комутуючих мереж;
  - реалізовувати паралельні та послідовні алгоритми впорядкування двійкових даних в комп'ютерних системах;
  - реалізовувати способи розпаралелення задач;
  - розпаралелювати векторні обчислення на основі потоків;
  - застосовувати засоби синхронізації для організації взаємодії потоків;
  - використовувати операції обміну повідомленнями в MPI.

#### 4. Компетентності

##### Загальні компетентності

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

##### Спеціальні (фахові) компетентності

Р7. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

Р12. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних та кіберфізичних систем, мереж та їхніх компонентів шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання;

#### 5. Результати навчання

Н3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

Н6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

Н7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

Н8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

Н10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

#### 6. Організація навчання курсу

##### Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	30
семінарські заняття / практичні / <u>лабораторні</u>	30
самостійна робота	120

##### Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
VI	123 Комп'ютерна інженерія	3	нормативний

Тематика курсу					
Тема, план	Форма заняття	Літера-тура	Кіль-кість годин	Вага оцінки	Термін виконання
<b>Змістовий модуль 1. Організація паралельних і розподілених обчислень в комп'ютерних системах.</b>					
Тема 1. Вступ до паралельних та розподілених обчислень. Основні поняття та визначення. Види обчислень та їх засоби реалізації. Приклади паралельних та розподілених обчислень. Області застосування та задачі паралельних і розподілених обчислень.	лекція	1,2,4,7	2	1	Згідно розкладу
Тема 2. Класифікація рівнів розпаралелювання задач в паралельних та розподілених обчисленнях. Паралельні та послідовні методи виконання арифметичних операцій в комп'ютерній техніці.	лекція	1,2,4-7	2	1	Згідно розкладу
Тема 3. Реалізація паралельних операцій в ЕОМ. Векторні і скалярні операції. Конвеєризація і паралелізм. Основні принципи розпаралелювання задач.	лекція	1-4,7-12	2	2	Згідно розкладу
Тема 4. Основні поняття про мережі Петрі. Прості та розширені мережі Петрі. Приклади реалізації.	лекція	1-6,13,14	2	2	Згідно розкладу
Тема 5. Основні етапи розроблення паралельного алгоритму. Схеми паралельних алгоритмів виконання операцій множення матриці на матрицю, матричного множення і ділення двійкових даних.	лекція	1,2,4,7,16	2	2	Згідно розкладу
Тема 6. Класифікація паралельних комп'ютерних систем. Класифікації Фліна, Шора, Хокні, Базу. Обчислювальні системи класу ОКМД та МКМД.	лекція	1,2,4-7,12	2	2	Згідно розкладу
Тема 7. Основні класи	лекція	1,2,4-	2	2	Згідно розкладу

паралельних комп'ютерів. Симетричні мультипроцесорні системи. Паралельні векторні процесори. Кластерні системи.		7,12			
Модульний контроль 1			14	12	Згідно розкладу
<b>Змістовий модуль 2. Алгоритми паралельних обчислень. Організація та управління процесами. Технології передачі повідомлень MPI.</b>					
Тема 8. Моделі обчислень. Методи оцінки продуктивності паралельних алгоритмів і систем. Фактори прискорення. Закони Амдала. Оцінка величини продуктивності і системи.	лекція	1,4,7-18	2	1	Згідно розкладу
Тема 9. Принципи структурної організації пристроїв сортування даних. Паралельні алгоритми сортування масивів даних та їх ефективність. Структури базових елементів впорядкування даних.	лекція	1-9,14	2	2	Згідно розкладу
Тема 10. Процеси (потокі). Стан процесу. Взаємодія процесів. Тупики.	лекція	1,4,7-16	2	2	Згідно розкладу
Тема 11. Взаємодія процесів через спільні змінні. Завдання взаємного виключення і синхронізації та засоби її вирішення: атомарні змінні, семафори, мютекси, події, критичні секції, монітори.	лекція	1,4,7-14	2	2	Згідно розкладу
Тема 12. Взаємодія процесів через посилання повідомлень. Примітиви Send/Receive. Механізм рандеву.	лекція	1,4,7-11	2	1	Згідно розкладу
Тема 13. Бібліотеки паралельного програмування. Приклади: MPI, PVM, OpenMP, Win32.	лекція	1,4,7-11	2	1	Згідно розкладу
Тема 14. Технології передачі повідомлень MPI. Структура MPI-програми.	лекція	1-6,18	2	2	Згідно розкладу
Тема 15. Операції обміну повідомленнями в MPI. Двоточковий обмін	лекція	1,4,7-19	2	2	Згідно розкладу

повідомленнями. Блокуючі операції обміну.					
Модульний контроль 2			16	13	Згідно розкладу
<b>Лабораторні роботи</b>					
Тема 1. Застосування функціональної декомпозиції для розв'язування обчислювальних задач.	Лаб. робота	1-7	2	3	Згідно розкладу
Тема 2. Реалізація методів паралельного представлення алгоритмів.	Лаб. робота	1-7	2	3	Згідно розкладу
Тема 3. Дослідження можливостей розв'язку задач за допомогою паралельних алгоритмів.	Лаб. робота	1-7	2	4	Згідно розкладу
Тема 4. Реалізація розширених мереж Петрі.	Лаб. робота	1-9	2	4	Згідно розкладу
Тема 5. Реалізація арифметико-логічного пристрою паралельного типу та моделювання його роботи.	Лаб. робота	4-10	2	3	Згідно розкладу
Тема 6. Реалізація паралельних обчислень математичних виразів з використанням арифметико-логічних пристроїв.	Лаб. робота	4-11	2	4	Згідно розкладу
Тема 7. Реалізація послідовних обчислень математичних виразів з використанням арифметико-логічних пристроїв.	Лаб. робота	5-7	2	4	Згідно розкладу
Тема 8. Реалізація обчислень математичних виразів на основі АЛП і комутуючої мережі.	Лаб. робота	7-18	4	4	Згідно розкладу
Тема 9. Реалізація послідовних та паралельних алгоритмів сортування двійкових даних.	Лаб. робота	1,4, 11-16	2	4	Згідно розкладу
Тема 10. Робота з потоками в мові Java.	Лаб. робота	1,4, 15-19	2	3	Згідно розкладу
Тема 11. Розпаралелення векторних обчислень на основі потоків.	Лаб. робота	1,4,7 18-20	2	3	Згідно розкладу
Тема 12. Застосування засобів синхронізації для організації взаємодії потоків.	Лаб. робота	1-4,18	2	4	Згідно розкладу
Тема 13. Основні утиліги для роботи з MPI. Створення		1-4,14	2	4	Згідно розкладу

простих паралельних програм з використанням бібліотек MPI.	Лаб. робота				
Тема 14. MPI-функції попарного обміну повідомленнями. Колективне передавання різних даних в MPI.	Лаб. робота	1-7,10	2	3	Згідно розкладу
Контроль лабораторних робіт			30	50	
<b>Самостійна робота студентів</b>					
Тема 1. Види паралельних комп'ютерів та суперкомп'ютерів. Сучасні суперкомп'ютери їх характеристики та основні задачі виконання.	Само- стійна робота	5-12	8	1	Впродовж семестру
Тема 2. Задачі, що потребують паралельних обчислень. Способи вирішення задач. Паралелізм на рівні інструкцій, процедур, об'єктів та прикладних програм.	Само- стійна робота	1-7	8	1	Впродовж семестру
Тема 3. Недетермінованість перемикачів в мережах Петрі. Стани мереж Петрі. Багаторазове маркування. Послідовне та паралельне використання мереж Петрі.	Само- стійна робота	2,6,11	8	2	Впродовж семестру
Тема 4. Ефективність паралельного алгоритму. Ціна та масштабованість. Загальний та повний час виконання паралельного алгоритму. Пікова і реальна продуктивність. Закон Густавсона – Барсіса.	Само- стійна робота	6-9	8	2	Впродовж семестру
Тема 5. Варіанти декомпозиції даних. Сегментація даних та алгоритмів їх обробки. Особливості розбиття даних із застосуванням сіткових методів.	Само- стійна робота	4-9	8	2	Впродовж семестру
Тема 6. Класифікації паралельних комп'ютерних систем Гроша, Дункана та Кришнамарфі. Задача Діріхле. Явна різницева схема для рівняння	Само- стійна робота	2-6	8	2	Впродовж семестру

Пуассона. Паралельні алгоритми рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь.					
Тема 7. Симетричні мультипроцесорні системи. SMP, MPP та PVP системи. Системи МКМД з КЕШ- пам'яттю. Організація комп'ютерних систем із розподіленою пам'яттю.	Само- стійна робота	1,5,4,19	8	2	Впродовж семестру
Контроль самостійної роботи			56	12	Згідно розкладу
Тема 8. Координатні та матричні мережі. Сортувальні мережі. Статичні та динамічні потоків обчислювальні системи.	Само- стійна робота	5-7,14	8	1	Впродовж семестру
Тема 9. Паралельні та послідовні алгоритми сортування двійкових даних та принципи їх апаратної реалізації.	Само- стійна робота	2,3,7,16	8	2	Впродовж семестру
Тема 10. Організація кластерних обчислень. GRID-технології. Віртуальні топології.	Само- стійна робота	2-9,14	8	2	Впродовж семестру
Тема 11. Неблокуючий обмін даними між процесами. Організація неблокуючих обмінів даних між процесами. Одночасне виконання передачі і прийому. Управління групами процесів і комунікаторами.	Само- стійна робота	4,5,7,16	8	2	Впродовж семестру
Тема 12. Моделі взаємодії процесів. Поєднання схем взаємодії процесів: виробник-споживач, клієнт- сервер та взаємодіючі рівні.	Само- стійна робота	1-7,18	8	1	Впродовж семестру
Тема 13. Загальна характеристика стандарту OpenMP. Створення паралельних блоків. Розподіл обчислювального навантаження між потоками. Робота з даними. Синхронізація.	Само- стійна робота	4-12,19	8	1	Впродовж семестру
Тема 15. Колективні операції обміну повідомленнями в	Само- стійна	5,10,18		2	Впродовж семестру

МРІ. Обмін із синхронізацією. Розподіл і збір даних.	робота		8		
Тема 15. Векторні підпрограми розподілу даних. Операції передачі даних між процесами. Операції приведення і сканування.	Само-стійна робота	2-8,19	8	2	Впродовж семестру
Контроль самостійної роботи			64	13	Згідно розкладу
Підсумковий контроль (залік)			180	100	

### 7. Система оцінювання курсу

Загальна система оцінювання курсу

*Поточний контроль* здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань студентів з окремих тем навчальної дисципліни та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи. Оцінки у національній шкалі («відмінно» - 5, «добре» - 4, «задовільно» - 3, «незадовільно» - 2), отримані студентами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності академічної групи.

*Модульний контроль* (сума балів за окремий змістовий модуль) проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань студентів після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – змістового модуля.

Завданням модульного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення розрахункових робіт, вміння вирішувати конкретні ситуативні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислювати зміст даної частини дисципліни, уміння публічно чи письмово подати певний матеріал.

*Семестровий (підсумковий) контроль* проводиться у формі екзамену.

*Екзамен* – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння студентом теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80 – 89	<b>B</b>	добре	
70 – 79	<b>C</b>		
60 – 69	<b>D</b>	задовільно	
50 – 59	<b>E</b>		
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного	не зараховано з можливістю

			складання	повторного складання
	0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
Вимоги до письмової роботи	Підсумкова письмова робота виконується у формі тестових завдань з вибором правильної відповіді. Кількість тестових завдань – 25.			
Лабораторні заняття	До початку лабораторної роботи студент має отримати допуск на основі усної співбесіди з викладачем. На лабораторній роботі кожний студент отримує варіант завдання до виконання на занятті і домашнього завдання для самостійної роботи. Після завершення роботи студент захищає поточне завдання і домашні завдання попередніх лабораторних робіт оформленні як звіти.			
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>Студент допускається до складання заліку, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Студент не допускається до складання заліку, якщо впродовж семестру він за змістові модулі та лабораторні роботи набрав менше 25 балів. У цьому випадку студенту у відомості робиться запис "<i>не допущений</i>" і виставляється набрана кількість балів. Допускається, як виняток, з дозволу декана факультету за заявою, погодженою з відповідною кафедрою, одноразове виконання студентом додаткових видів робіт з навчальної дисципліни (відпрацювання пропущених занять, перескладання змістових модулів, виконання індивідуальних завдань тощо) для підвищення оцінок за змістові модулі.</p> <p>Напередодні екзамену викладач подає доповідь декану про не допуск студентів академічної групи (груп). Відмітка про не допуск у відомості робиться при наявності розпорядження декана.</p>			
<b>8. Політика курсу</b>				
<p>Студент зобов'язаний відвідувати заняття відповідно до встановленого розкладу, не запізнюватися, мати відповідний зовнішній вигляд. У разі відсутності через хворобу надається відповідна довідка.</p> <p>Пропущена лекція відпрацьовується студентом самостійно, як короткий конспект за темою заняття.</p> <p>Пропущена лабораторна робота виконується студентом самостійно вдома або в комп'ютерному класі, результати оцінюються викладачем.</p> <p>У випадку, коли студент приймав участь у програмі мобільності, можливе врахування отриманих оцінок в іншому навчальному закладі за умови відповідності навчальних планів.</p> <p>Можливе зарахування результатів неформальної освіти згідно з Положенням про порядок зарахування результатів неформальної освіти Прикарпатському національному університету імені Василя Стефаника.</p> <p><b>Політика академічної поведінки і етики</b></p> <p>Студент повинен бути толерантним і поважати думку інших.</p> <p>Заперечення повинні формулюватися тільки в коректній формі.</p> <p>Плагіат та академічна недобросовісність несумісні з принципами діяльності ЗВО.</p> <p>Не допускається підказування та списування під час здачі будь-яких робіт поточного,</p>				

рубіжного чи підсумкового контролю.

Не допускається користування телефонами та будь-якими іншими електронними засобами під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного, чи підсумкового контролю.

## 9. Рекомендована література

### Базова

1. Жуков І.А., Корочкін О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Навчальний посібник – К.: ”Корнійчук”, 2005 – 226 с.
2. Аксак Н.Г., Руденко О.Г., Гуржій А.М. Паралельні та розподілені обчислення: підручник. – Харків: СМІТ, 2009. – 480 с.
3. Robert Robey, Yuliana Zamora Parallel and High Performance Computing, Copyrighted Material, May 2021, printed in black and white filed under, 704 p.
4. Коцовський В.М. Теорія паралельних обчислень. Навчальний посібник. Ужгород. Видавництво УжНУ ”Говерла”, 2021. 186с.
5. Корочкін О.В., Русанова О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Вибрані розділи: Навчальний посібник. [Електронний ресурс] / О.В. Корочкін, Русанова О.В. – Київ: КПІ ім. Сікорського, 2020. – 123.
6. Kumar V., A. Grama, A.Gupta, G. Karypis. Introduction to Parallel Computing Design and Analysis of Algorithms. – Benjamin/Cummings Pub. Co, 2013. – 597 p.
7. А.О. Мельник, В.А. Мельник Персональні суперкомп’ютери: архітектура, проектування, застосування: монографія. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 516 с.
8. Мельник А.О. Архітектура комп’ютера. Наукове видання. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
9. Спеціалізовані комп’ютерні технології в інформатиці / Возна Н.Я., Круліковський Б.Б., Николайчук Я.М., Грига В.М., Піх В.Я., Гринчишин Т.М., Давлетова А.Я., Волинський О.М., Албанський І.І., Івасєв С.І., Якименко І., Яцків В.В., та інші: Монографія / за загальною редакцією Я.М. Николайчука. – Тернопіль: “Бескиди”, 2017. – 913 с.
10. Русанова О.В. Планування обчислень для паралельних та розподілених комп’ютерних систем. Електронний конспект лекцій. [<https://comsys.kpi.ua/>]
11. Грига В. М. Просторово-часове перетворення паралельних алгоритмів сортування / В. М. Грига // Вісник “Комп’ютерні системи та мережі”. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2011. – № 717. – С. 31–35.
12. Gryga V. Construction of time-space graphs for algorithms of parallel multiplication / V. Gryga // Proceedings of 2nd International Conference of Young Scientists “Computer science and engineering”. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2007. – P. 83-85.
13. V. Gryga, Y. Nykolaichuk, N. Vozna, B. Krulikovskyi Synthesis of a microelectronic structure of a specialized processor for sorting an array of binary numbers // Perspective technologies and methods in MEMS design. Proceedings of XIIIth International Conference. MEMSTECH 2017. – Lviv-Svalyava, Ukraine, 2017. – P. 170-173
14. V. Gryga, Y. Nykolaichuk, N. Vozna, A. Voronych, B. Krulikovskyi Development and Research of of Conveyor Structures of Binary Sorting Algorithms // Advanced Computer Information Technologies. International Conference. ACIT 2018. – Ceske Budejovice, Czech Republic, 2018. – P. 123-127
15. V. Gryga, M. Karpinski, R. Kochan, A. Voronych, I. Kogut Design and research of operational and pipelined binary number sorting devices // 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference & Expo SGEM 2018. – Albena, Bulgaria, 2018. – P. 279-292.
16. V. Gryga, Y. Nykolaichuk, L. Nykolaichuk, N. Vozna, H. Klym Structuring of Algorithms for Data sorting and New Principles of Their Parallelization // Advanced Computer Information Technologies. International Conference. ACIT 2019. – Ceske Budejovice, Czech Republic, 2019. – P. 205-208.

**Допоміжна**

17. Y. Nyckolaychuk, T. Grynchychyn, Y. Petrashchuk, V. Hryha and Z. Osypenko Optoelectronic cyber-physical system of monitoring of nature protection areas // published on CEUR Workshop Proceedings, 2022, P. 599-612.

18. Ian Foster. Designing and building parallel program. – Addison-Westly, 1995. 381 с.

19. Y. Nyckolaychuk, V. Hryha, N. Vozna, A. Voronych, A. Segin, P. Humennyi High-performance coprocessors for arithmetic and logic operations of multi-bit cores for vector and scalar supercomputers // Advanced Computer Information Technologies. 12<sup>th</sup> International Conference. ACIT 2022. – Spišská Kapitula, Slovakia, September 2022. – P. 410-414.

**Викладач**



**Грига В.М.**