

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

Фізико-технічний факультет  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ПАРАЛЕЛЬНІ ТА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ**

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

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від "26" серпня 2020 р.

## ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. 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>Е-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>	9 кредитів
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="http://www.d-learn.pu.if.ua/">http://www.d-learn.pu.if.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, методів та засобів підвищення продуктивності комп'ютерних систем за рахунок паралелізму і конвєрсизації задач та технологій паралельного програмування.</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>- основні зв'язки між структурами процесорів;</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 представлення;</li> <li>- розв'язувати різноманітні задачі за допомогою паралельних алгоритмів;</li> </ul>	

- складати розширену мережу Петрі з мінімальною кількістю вузлів та переходів;
- реалізовувати паралельні структури цифрових пристроїв виконання арифметичних операцій;
- реалізовувати паралельні та послідовні обчислення математичних виразів з 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 та моделювати роботу комутуючих мереж;
- використовувати операції обміну повідомленнями в MPI.

#### 4. Компетентності

##### Загальні компетентності

- ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

##### 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. Програмні результати навчання

- N3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.
- N6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.
- N7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.
- N8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.
- N10. 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	44
семінарські заняття / практичні / <b>лабораторні</b>	46
самостійна робота	180

##### Ознаки курсу

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

	інженерія				
<b>Тематика курсу</b>					
Тема, план	Форма заняття	Література	Кількість годин	Вага оцінки	Термін виконання
<b>Змістовий модуль 1. Організація паралельних і розподілених обчислень в комп'ютерних системах. Класифікація паралельних комп'ютерних систем.</b>					
Тема 1. Вступ до паралельних та розподілених обчислень. Основні поняття та визначення. Види обчислень та їх засоби реалізації. Приклади паралельних та розподілених обчислень.	лекція	1,2,4,7	2	2	Згідно розкладу
Тема 2 Актуальність використання паралельних та розподілених обчислень. Області застосування та задачі паралельних і розподілених обчислень..	лекція	1,2,4-8	2	2	Згідно розкладу
Тема 3. 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	2	Згідно розкладу
Тема 4. Реалізація паралельних операцій в ЕОМ. Векторні і скалярні операції. Конвеєризація і паралелізм. Основні принципи розпаралелювання задачі.	лекція	1-4,7-12	2	2	Згідно розкладу
Тема 5. Основні поняття про мережі Петрі. Прості та розширені мережі Петрі. Приклади реалізації.	лекція	1-6,13,14	2	2	Згідно розкладу
Тема 6. Методи оцінки продуктивності паралельних алгоритмів і систем. Фактори прискорення. Закони Амдала. Оцінка величини продуктивності системи.	лекція	1-8,19	2	2	Згідно розкладу
Тема 7. Основні етапи розроблення паралельного алгоритму (декомпозиція, планування комунікацій, укрупнення, планування	лекція	1-7,20	2	2	Згідно розкладу

обчислень). Паралелізм даних та задач.					
Тема 8. Схеми паралельних алгоритмів виконання операцій множення матриці на матрицю, матричного множення і ділення двійкових даних.	лекція	1,2,4,7,21	2	2	Згідно розкладу
Тема 9. Класифікація паралельних комп'ютерних систем. Класифікації Фліна, Шора, Хокні, Базу.	лекція	1,2,4-7,12	2	2	Згідно розкладу
Тема 10. Обчислювальні системи класу ОКМД. Векторні та векторно-конвеєрні обчислювальні системи. Матричні та асоціативні обчислювальні системи.	лекція	1,2,4,7,12	2	2	Згідно розкладу
Тема 11. Обчислювальні системи класу МКМД. Системи з однорідним та неоднорідним доступом до пам'яті.	лекція	1,2,4,7,12	2	2	Згідно розкладу
Модульний контроль 1			2		Згідно розкладу
<b>Змістовий модуль 2. Статичні та динамічні топології обчислювальних систем. Технології передачі повідомлень MPI.</b>					
Тема 12. Топології обчислювальних систем. Основні типи комунікаційних мереж багатопроцесорних систем та їх характеристики.	лекція	1-8,13	2	2	Згідно розкладу
Тема 13. Статичні топології комунікаційних мереж. Мережі із повним та обмеженим з'єднанням.	лекція	1-7,15	2	2	Згідно розкладу
Тема 14. Структури, що забезпечують зв'язок типу "пункт-пункт". Лінійні, кільцеві, зіркоподібні та решітчасті топології.	лекція	1-5,17	2	2	Згідно розкладу
Тема 15. Деревоподібні топології (двійкові та пірамідальні дерева). Повнозв'язні та гіперкубічні топології.	лекція	1-6,18	2	2	Згідно розкладу
Тема 16. Шинні динамічні комунікаційні мережі багатопроцесорних систем.	лекція	1-6,18	2	2	Згідно розкладу
Тема 17. Багатоярусні	лекція	1-6,18	2	2	Згідно розкладу

блокуючі комутуючі мережі Каутца, Бенеша та Ваксмана.					
Тема 18. Багатоярусні неблокуючі комутуючі мережі Клоша.	лекція	1,4,9-14	2	2	Згідно розкладу
Тема 19. Типи динамічних комунікаційних мереж багатопроцесорних систем. Координатні мережі. Матричні одноярусні та багатоярусні комутуючі мережі.	лекція	1,4,7-11	2	2	Згідно розкладу
Тема 20. Принципи структурної організації пристроїв сортування даних. Огляд різнотипних схем сортування паралельних даних. Структури базових елементів впорядкування даних.	лекція	1-9,21	2	2	Згідно розкладу
Тема 21. Технології передачі повідомлень MPI. Структура MPI-програми.	лекція	1-6,18	2	2	Згідно розкладу
Тема 22. Операції обміну повідомленнями в MPI. Двоточковий обмін повідомленнями. Блокуючі операції обміну.	лекція	1,4,7-19	2	2	Згідно розкладу
Модульний контроль 2			2		Згідно розкладу
<b>Лабораторні роботи</b>					
Тема 1. Реалізація послідовного алгоритму виконання операцій сумування та віднімання чисел.	Лаб. робота	1-7,10	2	2	Згідно розкладу
Тема 2. Реалізація паралельного алгоритму виконання операції піднесення числа до квадрату.	Лаб. робота	1-7,10	2	2	Згідно розкладу
Тема 3. Реалізація паралельних алгоритмів матричного множення двійкових чисел.	Лаб. робота	1-7,11	2	2	Згідно розкладу
Тема 4. Реалізація паралельних алгоритмів ділення двійкових чисел.	Лаб. робота	1-7,12	2	2	Згідно розкладу
Тема 5. Реалізація логічних операцій двійкових чисел на мові VHDL.	Лаб. робота	1-7,10	2	2	Згідно розкладу
Тема 6. Реалізація		1-7,15	4	2	Згідно розкладу

арифметико-логічного пристрою паралельного типу та моделювання його роботи.	Лаб. робота				
Тема 7. Реалізація паралельних обчислень математичних виразів з використанням арифметико-логічних пристроїв.	Лаб. робота	1-7,16	4	2	Згідно розкладу
Тема 8. Реалізація послідовних обчислень математичних виразів з використанням арифметико-логічних пристроїв.	Лаб. робота	11-7,13	4	2	Згідно розкладу
Тема 9. Реалізація комутуючої мережі передачі потоків даних.	Лаб. робота	1-7,17	4	2	Згідно розкладу
Тема 10. Реалізація обчислень математичних виразів на основі АЛП і комутуючої мережі.	Лаб. робота	1,4,18	4	2	Згідно розкладу
Тема 11. Реалізація послідовних та паралельних алгоритмів сортування двійкових даних.	Лаб. робота	1-7,20	4	2	Згідно розкладу
Тема 12. Реалізація комутуючої мережі Бенеша.	Лаб. робота	1-7,10	4	2	Згідно розкладу
Тема 13. Основні утиліти для роботи з MPI. Створення простих паралельних програм з використанням бібліотек MPI.	Лаб. робота	1,4,14	4	2	Згідно розкладу
Тема 14. MPI-функції попарного обміну повідомленнями. Колективне передавання різних даних в MPI.	Лаб. робота	1-7,10	4	2	Згідно розкладу
Підсумковий контроль					
<b>Самостійна робота студентів</b>					
Тема 1. Види паралельних комп'ютерів та суперкомп'ютерів. Сучасні суперкомп'ютери їх характеристики та основні задачі виконання.	Самостійна робота	5-12	8	2	Впродовж семестру
Тема 2. Задачі, що потребують паралельних обчислень. Способи вирішення задач. Паралелізм на рівні інструкцій, процедур, об'єктів та прикладних програм.	Самостійна робота	1-7	8	2	Впродовж семестру

Тема 3. Принципи паралельної обробки інформації в архітектурах комп'ютерів. Передбачення та розшарування пам'яті. Конвеєр команд.	Самостійна робота	2-8	8	2	Впродовж семестру
Тема 4. Складність та нарощування апаратних ресурсів. Локальність обчислень та використання даних. Закон Мура.	Самостійна робота	2,4,9	8	2	Впродовж семестру
Тема 5. Недетермінованість перемикань в мережах Петрі. Стани мереж Петрі. Багаторазове маркування. Послідовне та паралельне використання мереж Петрі.	Самостійна робота	2,6,11	8	2	Впродовж семестру
Тема 6. Ефективність паралельного алгоритму. Ціна та масштабованість. Загальний та повний час виконання паралельного алгоритму. Пікова і реальна продуктивність. Закон Густавсона – Барсіса.	Самостійна робота	6-9	10	2	Впродовж семестру
Тема 7. Варіанти декомпозиції даних. Сегментація даних та алгоритмів їх обробки. Особливості розбиття даних із застосуванням сіткових методів.	Самостійна робота	4-9	8	2	Впродовж семестру
Тема 8. Задача Діріхле. Явна різницева схема для рівняння Пуассона. Паралельні алгоритми рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь.	Самостійна робота	2-6	8	2	Впродовж семестру
Тема 9. Класифікації паралельних комп'ютерних систем Гроша, Дункана та Кришнамарфі.	Самостійна робота	1-5	8	2	Впродовж семестру
Тема 10. Симетричні мультипроцесорні системи. SMP, MPP та PVP системи.	Самостійна робота	1,5,4,19	8	2	Впродовж семестру
Тема 11. Системи МКМД з КЕШ-пам'яттю. Організація комп'ютерних систем із розподіленою пам'яттю.	Самостійна робота	1,8,9,13	8	2	Впродовж семестру
Контроль самостійної роботи			2		Згідно розкладу
Тема 12. Функції	Самостійна робота	5,7,9,18		2	Впродовж

маршрутизації даних. Перестановка, тасування, батарфляй, реверсування біт ів, циклічний зсув.	стійна робота		10		семестру
Тема 13. Шинні сітки, мережі із комутаторами та дельта-сітки.	Само- стійна робота	5,7,18	8	2	Впродовж семестру
Тема 14. Види решітчастих топологій. Топології гіперкуба та k-ічного n-куба.	Само- стійна робота	5,7,18	8	2	Впродовж семестру
Тема 15. Координатні та матричні мережі. Сортувальні мережі.	Само- стійна робота	4,5,7,16	8	2	Впродовж семестру
Тема 16. Багатоярусні блокуючі комутуючі комунікаційні мережі. Комутуючі мережі з ре- конфігурацією.	Само- стійна робота	1-7,18	8	2	Впродовж семестру
Тема 17. Комутуючі елементи мереж з динамічною топологією. Топології "Баньян", "Омега" та "Дельта".	Само- стійна робота	2-9,14	8	2	Впродовж семестру
Тема 18. Топології базової лінії та двійкової n-кубічної мережі.	Само- стійна робота	4-12,19	8	2	Впродовж семестру
Тема 19. Статичні та динамічні поточкові обчислювальні системи.	Само- стійна робота	5-7,14	8	2	Впродовж семестру
Тема 20. Паралельні та послідовні алгоритми сортування двійкових даних та принципи їх апаратної реалізації.	Само- стійна робота	2,3,7,16	8	2	Впродовж семестру
Тема 21. Колективні операції обміну повідомленнями в MPI. Обмін із синхронізацією. Розподіл і збір даних.	Само- стійна робота	5,10,18	10	2	Впродовж семестру
Тема 22. Векторні підпрограми розподілу даних. Операції передачі даних між процесами. Операції приведення і сканування.	Само- стійна робота	2-8,20	8	2	Впродовж семестру
Контроль самостійної роботи			2		Згідно розкладу
Підсумковий контроль (залік)				100	
<b>6. Система оцінювання курсу</b>					
Загальна система оцінювання курсу	<i>Поточний контроль</i> 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 складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	<b>F</b>	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

Після узагальнення (вступного слова) викладач дає відповіді на окремі теоретичні запитання, які виникли в студентів у процесі підготовки до заняття. Зазвичай з кожної теми лекційного курсу на практичні заняття виносять індивідуалізовані теми комплексного характеру, які дають змогу студенту ширше застосувати здобуті знання та підготуватися до самостійного виконання домашнього завдання.

	<p>Для перевірки рівня засвоєння навчального матеріалу студенти виконують тестові завдання.</p> <p>До початку лабораторної роботи студент має отримати допуск на основі усної співбесіди. На лабораторній роботі кожен студент отримує інструкцію до виконання. Після завершення роботи студент оформляє і захищає звіт з результатами роботи.</p>
<p>Умови допуску до підсумкового контролю</p>	<p>Студент допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Студент не допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 25 балів. У цьому випадку студенту у відомості робиться запис "не допущений" 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 доповідну декану про не допуск студентів академічної групи (груп). Відмітка про не допуск у відомості робиться при наявності розпорядження декана.</p>
<p><b>7. Політика курсу</b></p>	
<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 у ДВНЗ «Прикарпатський національний університет 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 недоброчесність несумісні з принципами діяльності ЗВО.</p> <p>Не допускається підказування та списування під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного чи підсумкового контролю.</p> <p>Не допускається користування телефонами та будь-якими іншими електронними засобами під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного, чи підсумкового контролю.</p>	
<p><b>8. Рекомендована література</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Базова</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.</li> <li>2. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования. – М.: Бином, 2003. – 342с</li> <li>3. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. – спб:.</li> </ol>	

Питер, 2006. – 668 с.

4. А.О. Мельник, В.А. Мельник Персональні суперкомп'ютери: архітектура, проектування, застосування: монографія. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 516 с.

5. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.

6. 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., Івас'єв С.І., Якименко І., Яцків В.В., та інші: Монографія / за загальною редакцією Я.М. Николайчука. – Тернопіль: “Бескиди”, 2017. – 913 с.

7. Грегори Р. Эндрюс. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 с.

8. 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.

9. Грига В. М. Оцінка варіантів синтезу матричних та багат шарових перемножувачів двійкових чисел / В. М. Грига // Науковий журнал “Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво”. – Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2011. - №5. – С. 120-125.

10. 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.

11. Грига В. Дослідження комутуючої мережі Бенеша на основі просторово-часових графів / В. Грига // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання ” – Івано-Франківськ-Яремче, Україна, 2016. – С. 97-98.

12. Грига В. Розробка ітераційної структури багаторівневої комутуючої комунікаційної мережі / В. М. Грига, І. Т. Когут, В. І. Голота // Матеріали 5-ої міжнародної науково-практичної конференції “Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах” – Чернівці, Україна, 2016. - С. 77-78.

13. V. Gryga, Y. Nykolaichuk, N. Vozna, B. Krulikovskiy 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. Gryga V. Research and implementation of hardware algorithms for multiplying binary numbers / I. Dadiak, Y. Nykolaichuk, B. Dzundza // Modern Problems of radio engineering, telecommunications and computer science. Proceedings of XIVth International Conference. TCSET'2018. – Lviv-Slavske, Ukraine, 2018. – Paper ID 408.

15. V. Gryga, Y. Nykolaichuk, N. Vozna, A. Voronich, B. Krulikovskiy 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

16. V. Gryga, M. Karpinski, R. Kochan, A. Voronich, 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.

17. Круліковський Б.Б., Грига В. М., Давлетова А.Я., Николайчук Я. М. Швидкодійні багаторозрядні матричні перемножувачі // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання ” – Івано-Франківськ, Україна, 2019. – С. 221-224.

18. 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.

19. Николайчук Я.М., Возна Н.Я., Грига В.М., Круліковський Б.Б., Давлетова А.Я. Високопродуктивні матричні та потокові перемножувачі цифрових даних / Збірник наукових праць “Математичне та комп’ютерне моделювання”. Серія: Технічні науки – Кам’янець-Подільський, Україна, 2019. – Вип. 19. С. 101-107.

#### **Допоміжна**

20. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. – М: Нолидж, 1999. 320 с.

21. Ian Foster. Desinging and building parallel program. – Addison-Westly, 1995. 381 с.

22. Воеводин В.В. Математические основы параллельных вычислений. М: МГУ, 1991. 345 с.

**Викладач**



**Грига В.М.**