

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту
Кафедра комп'ютерної інженерії
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма Мережеві технології та інтернет речей

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії

Сергій АРТЕМЕНКО

« 30 » серпня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шестерніна Романа Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Проектування обчислювальної системи з SMP архітектурою*

Затверджена наказом університету від « 30 » серпня 2023 року, наказ № 442-03

2. Термін задачі здобувачем закінченої роботи 03 червня 2024 р.

3. Вихідні дані роботи

1. Характеристики надійності обчислювальної системи. 2. Структура обчислювальної системи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз багатопроцесорних комп'ютерних систем. 2. Обґрунтування вибору елементів та структурної схеми обчислювальної системи. 3. Розрахунок параметрів обчислювальної системи. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Слайд 1. Мета, завдання роботи. Слайд 2. Обладнання комп'ютерної системи.

Слайд 3. Структурна схема материнської плати. Слайд 4. Структурна схема модуля обчислювальної системи. Слайд 5. Структурна схема обчислювальної системи.

Слайд 6. Графік функції надійності КС. Слайд 7. Графік залежності коефіцієнту прискорення від коефіцієнту розпаралелювання. Слайд 8. Розрахунок коефіцієнту готовності обчислювальної системи. Слайд 9. Розрахунок продуктивності КС. Слайд 10. Висновки.

Слайд 11. Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Економіка</i>	<i>PhD, ст. викл. Богданов О.О.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>доцент, к.т.н. Шестопалов С.В.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>ст. викладач Рибалов Б.О.</i>		

7. Дата видачі завдання 30.08.2023 р.

Керівники _____ Світлана САХАРОВА
_____ Тетяна ЖИРНОВА
Завдання прийняв до виконання _____ Роман ШЕСТЕРНІН

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз багатопроцесорних комп'ютерних систем</i>	<i>30.10.2023</i>	
2	<i>Обґрунтування вибору елементів та структурної схеми обчислювальної системи</i>	<i>30.12.2023</i>	
3	<i>Розрахунок параметрів обчислювальної системи.</i>	<i>12.04.2024</i>	
4	<i>Проведення техніко-економічних розрахунків</i>	<i>10.05.2024</i>	
5	<i>Підготовка розділу охорони праці</i>	<i>17.05.2024</i>	
6	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>25.05.2024</i>	
7	<i>Підготовка презентації до захисту</i>	<i>03.06.2024</i>	

Здобувач-дипломник _____ Роман ШЕСТЕРНІН
Керівники роботи _____ Світлана САХАРОВА
_____ Тетяна ЖИРНОВА

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ Роман ШЕСТЕРНІН

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню обчислювальної системи з симетричною багатопроцесорною архітектурою – *Symmetric Multiprocessing (SMP)*. Архітектура *SMP* – це парадигма розподіленої обробки, де кілька процесорів рівноправні та мають спільний доступ до пам'яті. У даній роботі розглядаються основні аспекти проектування такої системи, включаючи вибір процесорів, організацію пам'яті, розподіл завдань між процесорами, механізми синхронізації та управління потоками.

Важливою частиною проектування є оптимізація продуктивності та масштабованості системи. В роботі також розглядається можливість розширення та модернізації системи для врахування майбутніх потреб. В результаті дослідження буде розроблена обчислювальна система з *SMP* архітектурою, яка може бути використана в різних областях, від серверних систем до вбудованих пристроїв, а також для вирішення технічних завдань різного рівня складності

У роботі розглянуті такі питання:

- проаналізовано сучасні багатопроцесорні комп'ютерні системи;
- обґрунтовано вибір елементів та структурної схеми комп'ютерної системи;
- розраховано параметри надійності та продуктивності комп'ютерної системи.

Результати роботи можуть бути корисні для розробників комп'ютерних систем, які прагнуть досягти оптимальної комбінації продуктивності та надійності на основі високопродуктивних процесорів.

Ключові слова: обчислювальна система, *SMP*-архітектура.

ABSTRACT

The qualification work is devoted to the design of a computing system with the Symmetric Multiprocessing (SMP) architecture. The SMP architecture is a distributed processing paradigm where multiple processors are equal and share memory. This work considers the main aspects of designing such a system, including the choice of processors, memory organization, distribution of tasks between processors, mechanisms of synchronization and flow management.

Optimizing system performance and scalability is an important part of the design. The work also considers the possibility of expanding and modernizing the system to take into account future needs. As a result of the research, a computing system with SMP architecture will be developed, which can be used in various areas, from server systems to embedded devices, as well as for solving technical tasks of various levels of complexity

The following questions are considered in the work:

- modern multiprocessor computer systems were analyzed;*
- the choice of elements and structural diagram of the computer system is substantiated;*
- the reliability and performance parameters of the computer system were calculated.*

The results of the work can be useful for developers of computer systems that seek to achieve an optimal combination of performance and reliability based on high-performance processors.

Keywords: *computing system, SMP architecture.*

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ БАГАТОПРОЦЕСОРНИХ КС.....	9
1.1 Класифікація обчислювальних систем з <i>SMP</i> архітектурою.....	9
1.2 Архітектури обчислювальних систем	11
1.3 Порівняння обчислювальних систем з <i>SMP</i> архітектурою	16
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕМЕНТІВ ТА СХЕМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	24
2.1 Обґрунтування вибору основних елементів комп'ютерної системи	24
2.2 Вибір зовнішньої пам'яті та масиву зовнішніх накопичувачів	41
2.3 Вибір мережного та додаткового устаткування	44
2.4 Вибір архітектури обчислювальної системи	48
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК КС.....	50
3.1 Розрахунок коефіцієнту прискорення комп'ютерної системи.....	50
3.2 Розрахунок надійності та продуктивності обчислювальної системи	52
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	65
4.1 Організаційне обґрунтування проекту	65
4.2 Маркетингове обґрунтування проекту. Оцінка збуту і конкуренції.....	72
4.3 Економічні розрахунки проекту.....	76
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	79
ВИСНОВОК.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
ДОДАТОК А – КОПІЇ СЛАЙДІВ ПРЕЗЕНТАЦІЇ	88

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шестернін Р.</i>			Проектування обчислювальної системи з <i>SMP</i> архітектурою	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сахарова С.В.</i>				6	93	
<i>Реценз.</i>						група КІ-543, ОНТУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рибалов Б.О.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Артеменко С.В.</i>						

ВСТУП

Актуальність теми моєї роботи підтверджується Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації», «Про Національну програму інформатизації», «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні».

В сучасному світі, де величезні обсяги даних і складні обчислювальні завдання стають нормою, багатопроцесорні обчислювальні системи виявляються надзвичайно важливими інструментами для забезпечення високої продуктивності та ефективності обробки інформації. Ці системи дозволяють одночасно виконувати багато завдань, розділяючи їх між кількома процесорами, що значно зменшує час обробки порівняно з традиційними однопроцесорними системами.

У цій роботі розглядається сутність багатопроцесорних обчислювальних систем, їх архітектура та основні типи. Вивчення цих систем дозволить зрозуміти, як вони сприяють розвитку сучасних технологій та вирішенню складних завдань у різних сферах, включаючи науку, техніку, медицину та фінанси.

Розгляд аспектів від принципів роботи до прикладів застосування дозволить краще усвідомити, як багатопроцесорні системи впливають на сучасне суспільство та як вони допомагають вирішувати виклики, що стоять перед сучасними обчислювальними системами.

В даний час сфера застосування багатопроцесорних обчислювальних систем безперервно розширюється, охоплюючи все нові області в різних галузях науки, бізнесу та виробництва. Також виключно важливого значення набула проблема забезпечення високої надійності і готовності обчислювальних систем, що працюють у складі різних автоматизованих системах керування, особливо при роботі, в режимі реального часу. Ця проблема вирішується на основі використання принципу надмірності, який орієнтує також на побудову багатопроцесорних систем (комплексів).

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зв'язку з вищевикладеним, виникла необхідність створення обчислювального комплексу на основі багатопроцесорної комп'ютерної системи, що буде невисокою за вартістю й, разом з тим, що дозволяє вирішувати ряд складних науково-технічних завдань із високою швидкістю.

Об'єктом проектування є багатопроцесорна комп'ютерна система. Комп'ютерні системи які є аналогами системи що проектується мають недостатньо високий рівень продуктивності та надійності. У системі що розробляється будуть запропоновані більш продуктивне та надійне устаткування при відносно невисокій його вартості.

Метою роботи є підвищення швидкості, збільшення надійності багатопроцесорної комп'ютерної системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати й вибрати встаткування обчислювальної системи;
- обґрунтувати й вибрати структуру обчислювальної системи;
- зробити розрахунок показників надійності проектованої системи.

Раніше виконувалися дипломні проекти по створенню обчислювальних систем. Відмінність моєї роботи від інших у тім, що в дипломному проекті буде обране нове, сучасне і більш надійне встаткування обчислювальної системи.

Результатом роботи буде служити проект комп'ютерної системи, що повною мірою вирішить поставлені завдання.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ БАГАТОПРОЦЕСОРНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

1.1 Класифікація обчислювальних систем з SMP архітектурою

Класифікацію багатопроцесорних обчислювальних систем (БОС) запропонував С. Дазгупта. Ця класифікація має три рівні (категоріями) ієрархії. Подібні системи дозволяють не тільки легше порівнювати об'єкти, а також дають можливість визначити, за якими параметрами та в якій ступені об'єкти одного рівня ієрархії подібні чи різні (рис. 1.1).

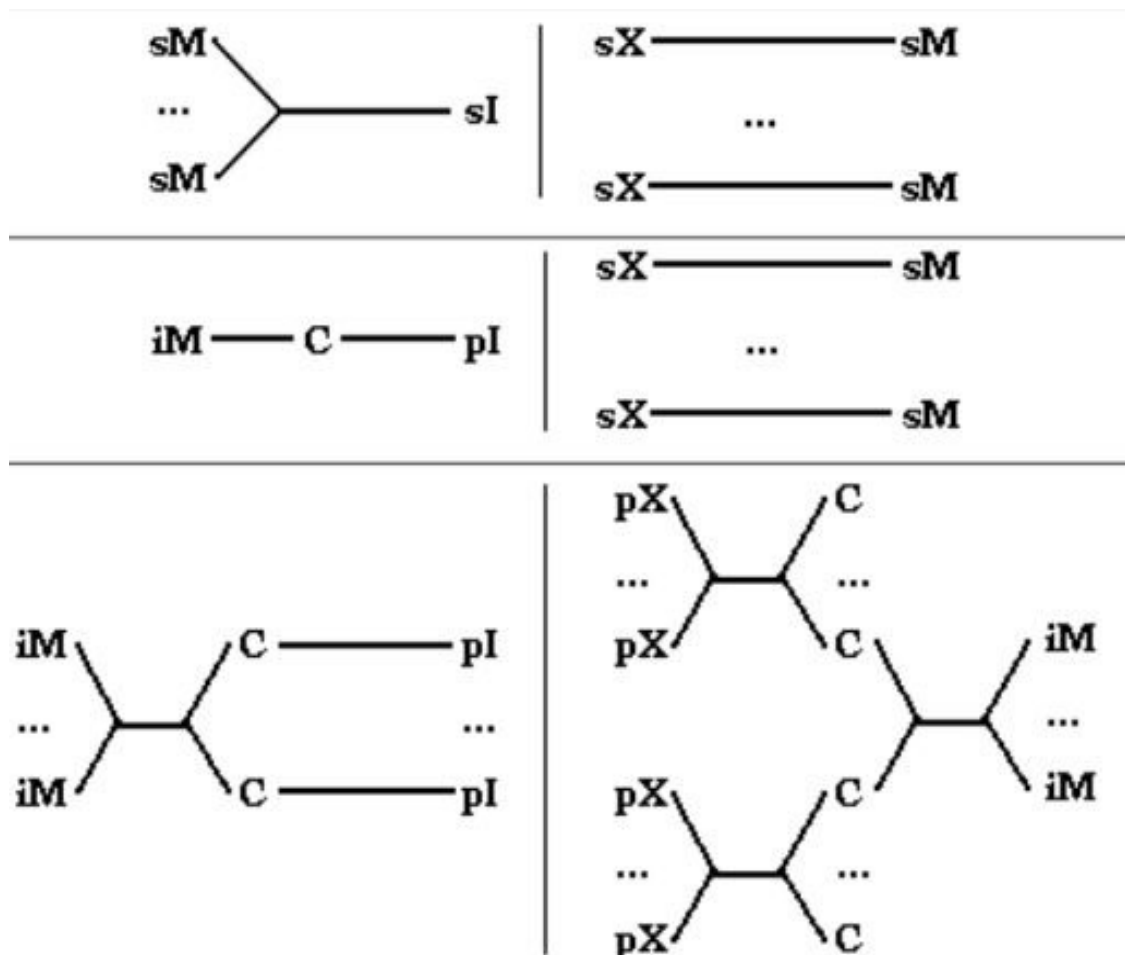


Рисунок 1.1 – Класифікація Дазгупти

С. Дазгупта пропонує наступну ієрархію категорій:

– найнижчий рівень – категорія КЕШ-процесора з пам'яттю *MCP* (*memory-cache processor*). Класами цієї категорії є будь-які різні архітектури. Відповідну архітектурі формулу можна розглядати як ім'я класу;

– більш високий рівень – категорія КЕШ-процесора (*CP*). Безліч класів цієї категорії виходить шляхом видалення з класів категорії *CP* складових, що описують пам'ять;

– найвищий рівень – категорія процесора (*P*). Класи отримують видаленням кеш-складових із класів категорії *CP*.

Кожна формула є описом деякої структури, що встановлюють відповідність між формулою та структурою. Базові елементи архітектури:

iM – пам'ять з розшаруванням – пам'ять, з якої можна вибрати кілька одиниць інформації за один цикл пам'яті;

sM – проста пам'ять – пам'ять, з якої можна вибрати одиницю інформації за цикл пам'яті;

C – програмована або не програмована кеш-пам'ять. Буферні регістри, подібні до регістрів *CRAY-1*, також описуються, як кеш-пам'ять;

sI – простий (не конвеєрний) процесор для підготовки команди до виконання;

pI – конвеєрний процесор для підготовки команди до виконання;

sX – простий процесор для виконання команди;

pX – конвеєрний процесор для виконання команди.

Найбільш низький рівень ієрархії містить у вигляді формули найдокладніший опис архітектури в термінах різних типів пам'яті та процесорів, з можливістю кількісного відображення різних елементів архітектури та вказівки природи зв'язків між ними.

Дві архітектури належать до одного класу в *CP* категорії, якщо збігаються їх описи процесорів та кеш-пам'яті. Якщо дві архітектури подібні лише з опису процесорів команд, всі вони потрапляють до одного класу процесорної категорії [1].

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Архітектури обчислювальних систем

Мультипроцесорна обробка використовується на суперкомп'ютері уже більше 30 років. Подібні системи складаються з набору спільно використовуваних запам'ятовувальних пристроїв і декількох центральних процесорів, що працюють під керуванням однієї копії операційної системи (ОС). Сучасні архітектури, як правило, складаються з декількох однорідних процесорів і масиву загальної пам'яті. Всі процесори в системі мають доступ до будь-якої крапки пам'яті.

Донедавна симетричність в *SMP* ставилася до ролі процесорів у роботі ОС: малося на увазі, що всі процесори можуть «бачити» всю пам'ять і здатні виконувати будь-яке завдання, що їм призначає ОС. З появою технологій з неоднорідним доступом до пам'яті – *NUMA (Non-Uniform Memory Access)* виробникам комп'ютерного встаткування треба було провести розходження між системами з підтримкою *NUMA* і іншими серверними архітектурами [2].

Оскільки в традиційних системах час доступу до всіх модулів пам'яті в серверах було однорідним або «симетричним», те такі системи позначалися і як «пам'ять із однорідним доступом» – *UMA (Unified Memory Access)*, і як симетричні мультипроцесорні системи – *SMP*. Останній варіант одержав більше широке поширення. З погляду ОС, системи *NUMA* «симетричні», оскільки всі процесори мають рівні права, але з погляду апаратних характеристик їх не можна вважати *SMP*-системами (рис. 1.2).

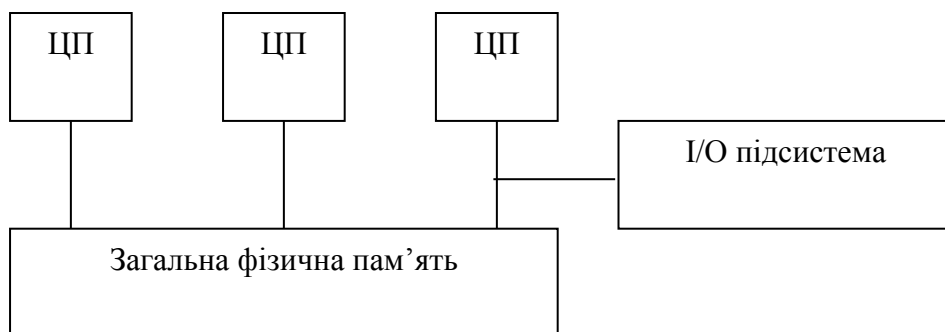


Рисунок 1.2 – Схематичний вид *SMP*-архітектури

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Симетрична багатопроцесорна архітектура є типом обчислювальної системи, де два чи більше процесорів мають однаковий доступ до пам'яті та інших ресурсів, що дозволяє їм паралельно виконувати завдання

Ось основні характеристики *SMP*-архітектури:

1. Рівноправний доступ до ресурсів: у *SMP* кожен процесор має доступ до спільної системної шини або іншої спільної структури, що з'єднує процесори з оперативною пам'яттю та зовнішніми пристроями. Всі процесори мають однаковий доступ до цих ресурсів без великих затримок.

2. Паралельне виконання задач: *SMP* дозволяє паралельно виконувати багато задач, розподілені між різними процесорами. Кожен процесор може виконувати різні програми або частини однієї програми одночасно.

3. Спільна пам'ять: у *SMP* системах зазвичай використовується спільна оперативна пам'ять, до якої мають доступ усі процесори. Це дозволяє легко обмінюватися даними між процесорами без необхідності складних механізмів синхронізації та комунікації.

4. Простота управління: *SMP* архітектура є досить простою у використанні та управлінні, оскільки усі процесори мають однакові можливості та доступ до ресурсів. Це спрощує розробку програмного забезпечення та використання системи.

5. Підтримка багатозадачності: *SMP* системи добре підходять для операційних систем, що підтримують багатозадачність, оскільки дозволяють багатьом процесам одночасно виконувати завдання на різних процесорах.

Основні приклади *SMP* систем включають сервери загального призначення, робочі станції та багатопроцесорні системи для виконання великих обчислювальних завдань. У порівнянні з іншими архітектурами, *SMP* забезпечує ефективність та простоту використання для багатьох типів обчислювальних завдань.

Основною перевагою *SMP*-систем є простота і універсальність для програмування. Архітектура *SMP* не накладає обмежень на модель програмування, використовувану при створенні додатку: зазвичай

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується модель паралельних гілок, коли всі процесори працюють незалежно один від одного. Проте можна реалізувати і моделі, що використовують міжпроцесорний обмін. Використання загальної пам'яті збільшує швидкість такого обміну, користувач також має доступ відразу до всього об'єму пам'яті.

Для *SMP*-систем існують досить ефективні засоби автоматичного розпаралелювання:

- простота експлуатації; як правило, *SMP*-системи використовують систему кондиціонування, засновану на повітряному охолодженні, що полегшує їх технічне обслуговування;
- відносно невисока ціна.

Недоліки *SMP*-систем:

- системи із загальною пам'яттю погано масштабуються.

Масивно-паралельна архітектура (*MPP*)

Масивно-паралельна архітектура (*MPP*) є типом обчислювальної архітектури, яка спеціально розроблена для обробки великих обчислювальних завдань шляхом паралельного виконання (рис. 1.3).

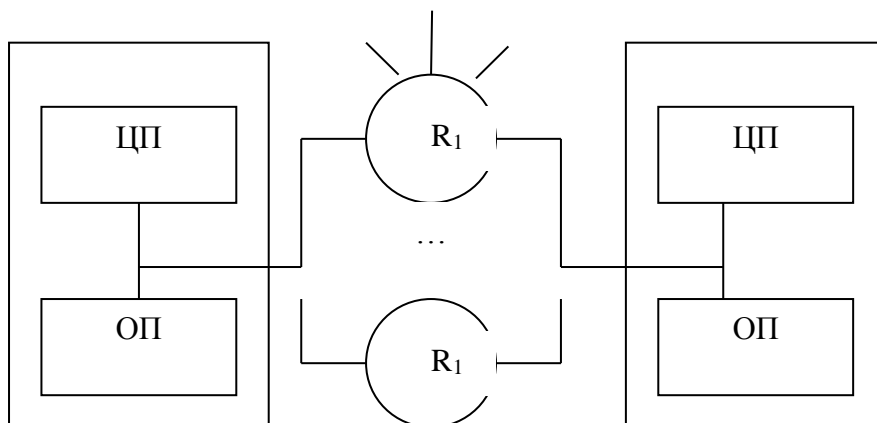


Рисунок 1.3 – Схематичний вид архітектури з роздільною пам'яттю

Ось ключові аспекти і характеристики MPP:

1. Розподілення обробки: в MPP обчислювальні ресурси (процесори, пам'ять, зберігання даних) розподіляються між багатьма вузлами чи вузлами, кожен з яких має власні ресурси і може працювати незалежно від інших вузлів.

2. Масштабованість: MPP архітектури зазвичай дозволяють легко масштабувати систему шляхом додавання нових вузлів. Це особливо важливо для обробки великих обсягів даних та виконання складних алгоритмів, які вимагають значних обчислювальних ресурсів.

3. Паралельне виконання: основна ідея MPP полягає в тому, щоб розділити обчислювальну роботу на багато менших задач, які можна виконувати паралельно на різних вузлах. Це дозволяє досягати великої швидкодії та ефективності обробки даних.

4. Спільний доступ до даних: у традиційних MPP системах кожен вузол має свої власні ресурси пам'яті та зберігання даних. Однак існують і варіанти зі спільним доступом до деяких ресурсів, що забезпечують більш гнучкий підхід до розподілу ресурсів.

5. Застосування: MPP архітектури часто використовуються для великих обчислювальних завдань у таких галузях, як аналіз великих даних, наукові обчислення, обробка зображень та графіків, моделювання складних систем і т.д. Загалом, MPP архітектура надає засоби для ефективного виконання паралельних обчислень, що дозволяє використовувати різні вузли для обробки великої кількості даних одночасно, що в свою чергу забезпечує високу продуктивність і швидкодію системи.

Гібридна архітектура NUMA

NUMA (Non-Uniform Memory Access) є архітектурним підходом, де процесори мають доступ до пам'яті з різною швидкістю. Гібридна *NUMA*-архітектура поєднує в собі елементи *NUMA* та інших архітектур, таких як *UMA (Uniform Memory Access)* або *SMP (Symmetric Multiprocessing)*.

Ось деякі основні аспекти гібридної *NUMA*-архітектури:

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1. Комбінація типів доступу до пам'яті: гібридна *NUMA* може включати в себе як локальні (близькі) області пам'яті, які доступні швидше через локальний процесор, так і віддалені області, до яких доступ потребує більше часу через віддалений процесор.

2. Оптимізація продуктивності: використання гібридної *NUMA* дозволяє підвищити продуктивність за рахунок ефективного розподілу завдань і ресурсів між процесорами та пам'яттю.

3. Управління даними: системи з гібридною *NUMA*-архітектурою мають здатність ефективно керувати переміщенням даних між локальними та віддаленими областями пам'яті, щоб забезпечити оптимальний доступ.

4. Сумісність з багатьма задачами: гібридна *NUMA* дозволяє системі підтримувати широкий спектр завдань, які можуть вимагати різних рівнів доступу до пам'яті та обробки даних.

5. Адаптація до змінних умов: ця архітектура може бути корисною в ситуаціях, коли потрібно забезпечити підтримку різних типів додатків або виконання різних робочих навантажень.

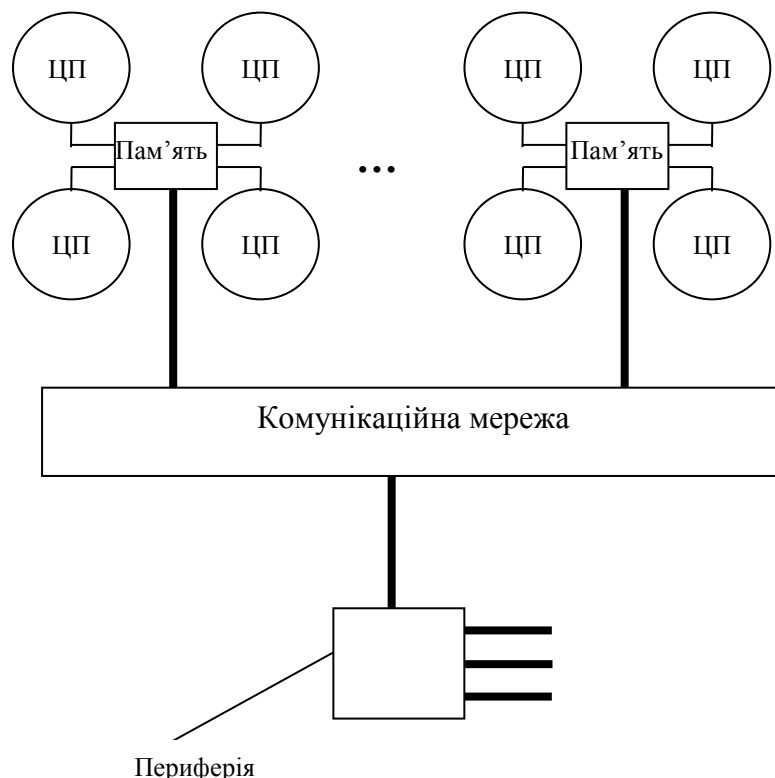


Рисунок 1.4 – Гібридна архітектура *NUMA*

Гібридна *NUMA*-архітектура є результатом пошуку компромісу між вимогами до продуктивності, доступу до пам'яті та масштабованості системи.

1.3 Порівняння обчислювальних систем з *SMP* архітектурою

Для порівняння обчислювальних систем розглянемо наступні комп'ютерні системи.

Архітектура комп'ютерної системи *IBM SP2*

RISC System/6000 Scalable POWERparallel System, або *SP*, є багатопроцесорною КС від *IBM*. Вона складається з вузлів (процесорів з асоційованими пам'ят'ю і диск), з'єднаних *Ethernet* і комутатором (рис. 1.5).

Процесорами є *POWER2 Super Chip (P2SC)* архітектури *RS/6000*, які є суперскалярними з можливістю виконання чотирьох операцій з плаваючою комою на кожному такті. У кожного з 160 вузлів є значна кількість вільного місця на диску – більше 1.8 Гігабайт, доступних для робочих додатків.

Система має два типи вузлів, відомих як тонкі вузли і широкі вузли. Тонкі вузли працюють з частотою 120 МГц, що дає пікову продуктивність на один процесор 480 мільйонів операцій з плаваючою комою на секунду (*MFLOPS*), і мають 256 Мегабайт пам'яті.

Широкі вузли працюють з частотою 135 МГц, що дає пікову продуктивність на один процесор 540 *MFLOPS*, і мають 1024 МБ (1 ГБ) або 2048 МБ (2 ГБ) пам'яті. У конфігурації КС є 144 тонких вузлів та 16 широких вузлів. Ці вузли обмінюються даними через передачу повідомлень за допомогою високоефективного дворівневого комутаційного комутатора. Адаптер *TB3* для комутації, який є інтерфейсом між вузлом та комутатором, має двигун *DMA* (прямий доступ до пам'яті) та пікову апаратну пропускну здатність приблизно 150 мегабайтів на секунду. За попередніх адаптерів *TB2* та бібліотеками передачі повідомлень, оптимізованими для комутатора, звичайна пропускну здатність становила приблизно 35 мегабайтів на секунду, а затримка складала близько 50 мікросекунд (рис.1.6).

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

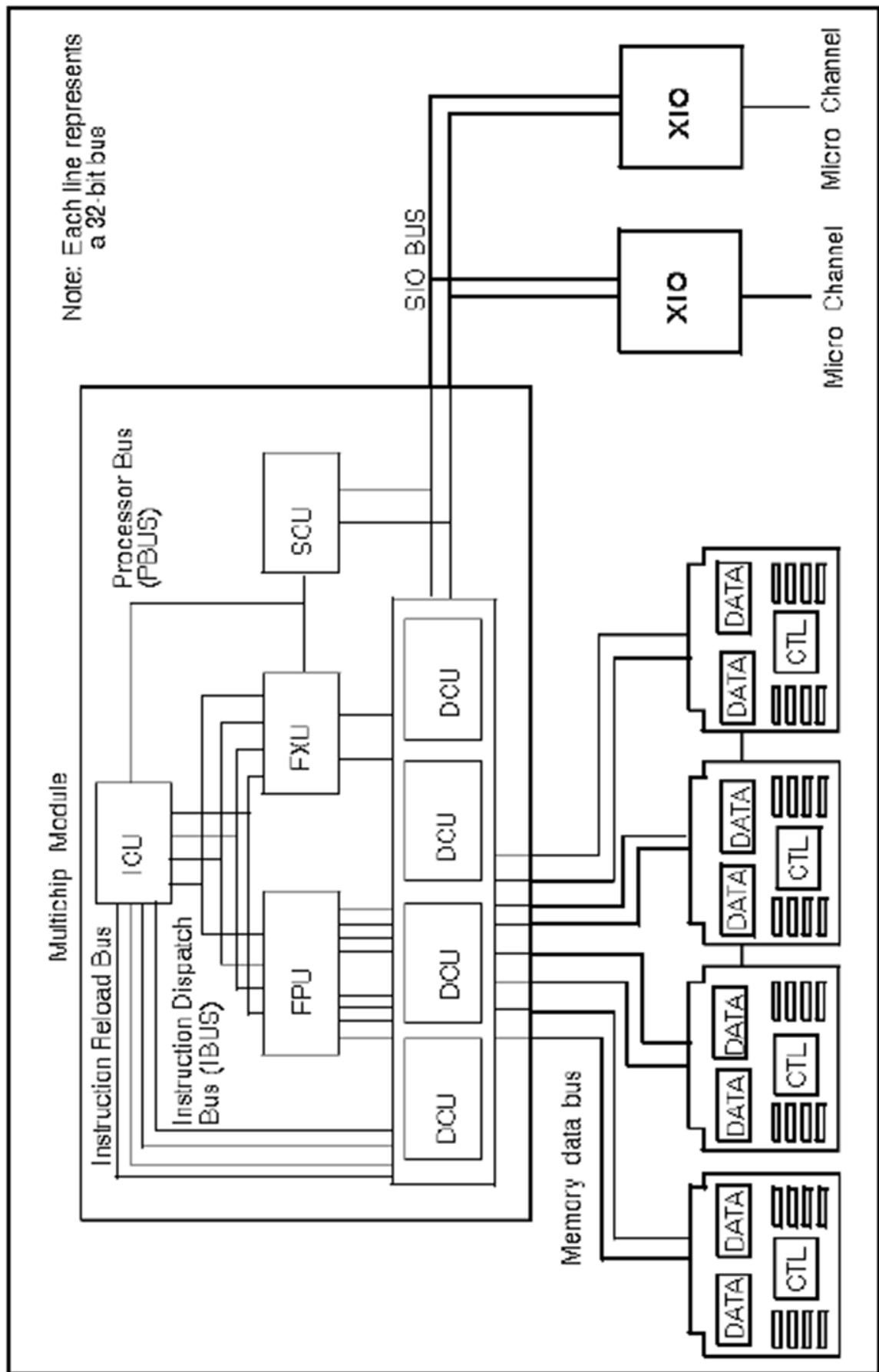


Рисунок 1.5 – Структурна схема комп'ютерної системи IBM SP2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.442-03.4.16

Арк.

17

SP2/79

Site:	Centre Informatique National (CINES)
Manufacturer:	IBM
Cores:	79
Processor:	POWER2 66MHz
Interconnect:	
Installation Year:	1996
Performance	
Linpack Performance (Rmax)	15.06 GFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	21.01 GFlop/s
Software	
Operating System:	AIX

Рисунок 1.6 – Характеристики КС *IBM SP2* на прикладі *SP2/79*

Архітектура сучасної комп'ютерної системи *Gadi*

Найновіший і найшвидший суперкомп'ютер Австралії робить революцію в провідних наукових установах країни. Суперкомп'ютер, розташований в Національній обчислювальній інфраструктурі (*NCI* Австралія), вийшов на 24 місце у списку *TOP500*, глобальному рейтингу суперкомп'ютерів, що був опублікований на Інтернет-конференції *ISC High Performance Digital*. Після консультацій з Об'єднаною Радою Старейшин Нгуннавалів було надано новому комп'ютеру ім'я "*Gadi*", що означає "шукати". Це ідеально відображає місію *NCI* в галузі наукових досліджень та високопродуктивних обчислень: шукати знання, яке може зробити світ кращим завдяки створенню інноваційних досліджень світового класу (рис. 1.7).

Gadi є найпотужнішим суперкомп'ютером у Південній півкулі. Бюро метеорології використовує нову обчислювальну потужність Гаді для створення моделей пожежі та атмосфери з півкілометровою роздільною здатністю.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

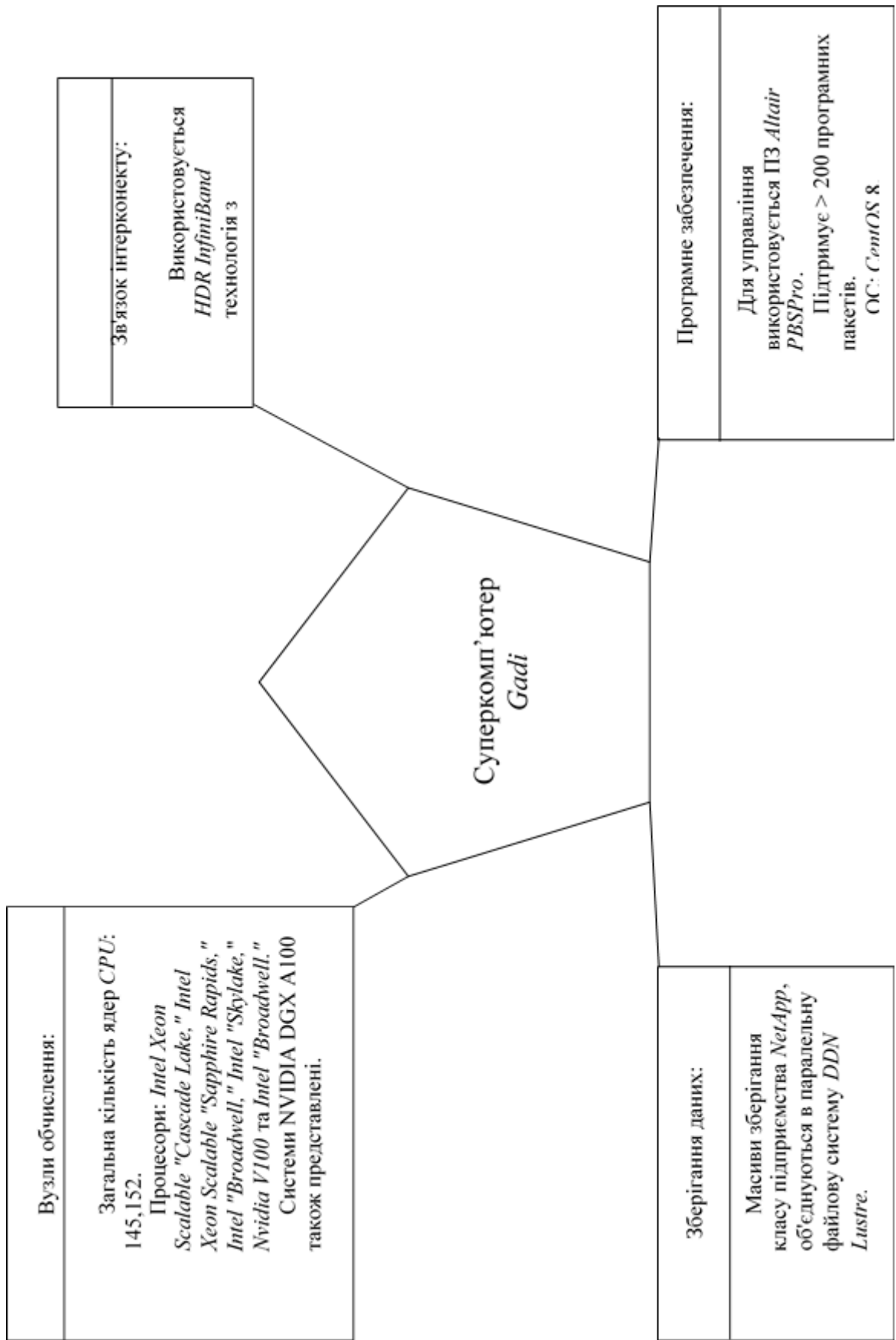


Рисунок 1.7 – Структурна схема комп'ютерної системи *Gadi*

Доктор Гільберт Брюне, головний вчений та виконавчий групи з науки та інновацій в Бюро метеорології, стверджує, що наступне покоління систем прогнозування зробить погодні прогнози більш місцево значущими, точнішими та корисними протягом тривалішого періоду часу. За допомогою понад 3000 вузлів *Gadi* будуть розв'язувати деякі з найскладніших і найактуальніших глобальних проблем, включаючи:

- проектування ліків, пошук ліків та розробку вакцин щодо *COVID-19*;
- кліматичне моделювання;
- відновлювана енергетика;
- астрофізика.

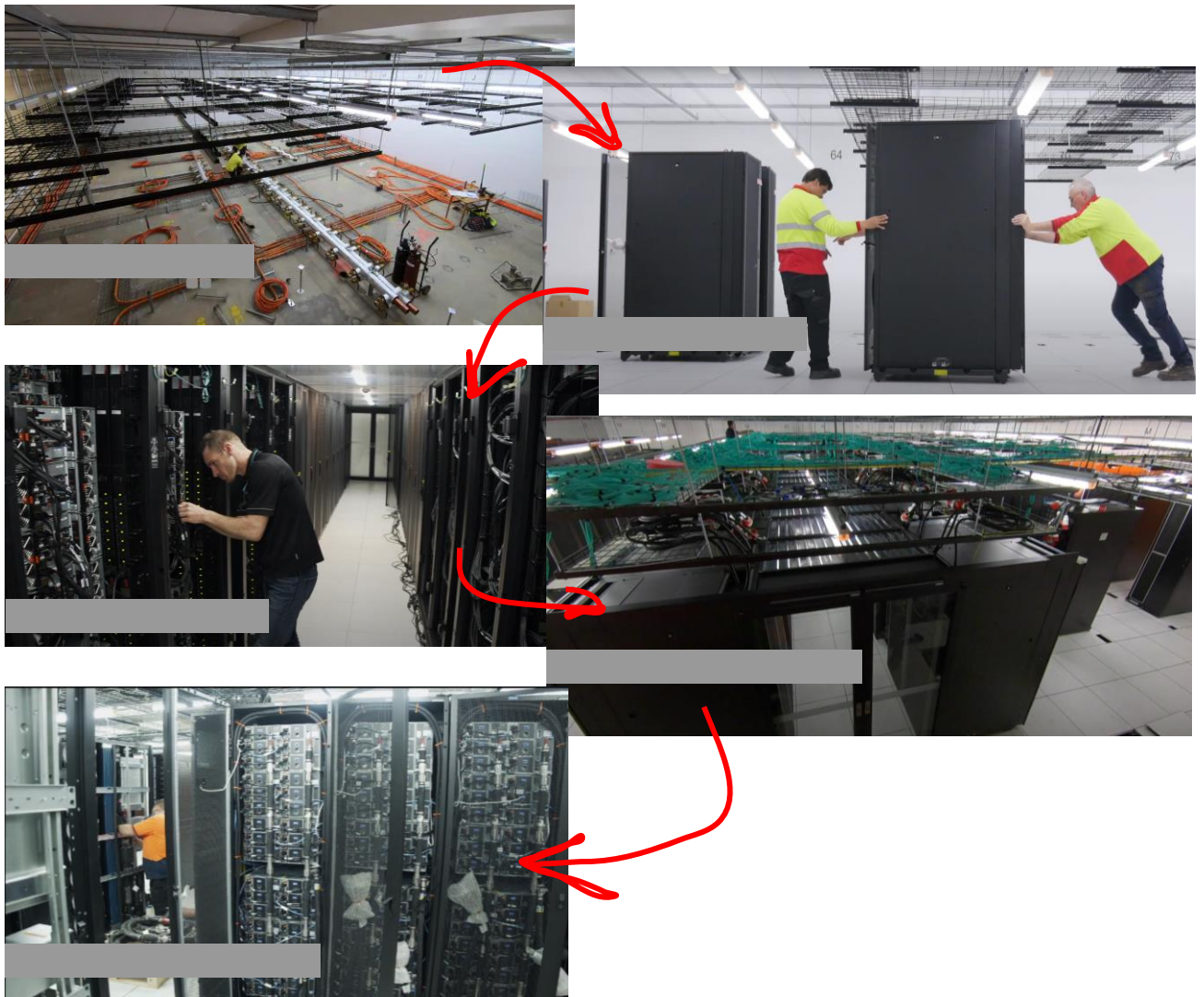


Рисунок 1.8 – Процес побудови *Gadi*

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Астрономи *ANU* також використовують свій час з *Gadi* для кращого розуміння того, як формуються зорі. А команда хіміків включила суперкомп'ютер у свої пошуки лікування *COVID-19* після того, як пандемія змусила їх відмовитися від попередньої роботи над діабетом. Проект вартістю 70 мільйонів доларів, спрямований на заміну попередника *Gadi, Raijin*, підняв рейтинг суперкомп'ютера з номера 239 у світі на номер 24.

Дослідники вже використовували суперкомп'ютер для проведення провідних досліджень, з моменту його доступу для деяких команд в кінці минулого року, адаптуючи свою роботу, щоб досягти ще більших результатів. Серед них дослідники, які стояли за "промисловим" 24-годинним створенням набору даних з 4012 геномів людини для досліджень раку, діабету та серцево-судинних захворювань.

Суперкомп'ютер *Gadi* пропонує у 7 разів більше обчислювальної продуктивності та значно більшу кількість графічних процесорів. Це надає значні переваги, особливо для найбільших паралельних програм, і всі користувачі отримують можливість скоротити черги та підвищити продуктивність. *Gadi* вперше був доступний користувачам *NCI* в середині листопада 2019 року.

Технічні характеристики:

- *Gadi* має загальну кількість 145,152 ядра *CPU*, 567 терабайт пам'яті та 640 *GPU*;
- 3074 вузли, кожен з яких містить два 24-ядерних процесори *Intel Xeon Scalable "Cascade Lake"* і 192 гігабайти пам'яті, включаючи 50 вузлів, кожен з яких надає 1.5 терабайт пам'яті *Intel Optane DC Persistent*;
- 720 вузлів із двома 52-ядерними процесорами *Intel Xeon Scalable "Sapphire Rapids"* і 512 гігабайтами пам'яті;
- 804 вузла із двома 14-ядерними процесорами *Intel "Broadwell"*;
- 192 вузла із двома 16-ядерними процесорами *Intel "Skylake"*;
- 160 вузлів, кожен з яких містить чотири графічні процесори *Nvidia V100* і два 24-ядерних процесори *Intel Xeon Scalable "Cascade Lake"*;

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 10 вузлів із двома 14-ядерними процесорами *Intel "Broadwell"* і 512 гігабайтами пам'яті;
- 2 вузла системи *NVIDIA DGX A100* з 8 графічними процесорами *A100* на кожен вузол;
- підтримує різноманітні завдання і має пікову продуктивність понад 10 петафлопсів;
- для зв'язку систем зберігання та *Gadi* використовується *HDR InfiniBand* технологія в топології *Dragonfly+*, що здатна передавати дані зі швидкістю до 200 Гб/с;
- системи зберігання - це масиви зберігання класу підприємства *NetApp*, які пов'язані в паралельну файлову систему *DDN Lustre*;
- програмне забезпечення *Altair PBSPro* оптимізує планування завдань та управління навантаженням;
- *Gadi* має понад 200 підтримуваних програмних пакетів;
- *Gadi* використовує останню версію операційної системи *CentOS 8*.

Інтенсивна електроніка суперкомп'ютера створює тепло, яке необхідно вентилювати для збереження температури обладнання в межах робочих параметрів. Для оптимізації енергоспоживання в системі охолодження будівлі використовується система холодного прохідного простору, де проходи між банками серверів закриті стелею, виготовленою з панелей *Ceilume*. Охолоджувана вода циркулює під піднятим підлогою, охолоджуючи повітря, що надходить в закритий прохідний простір. Потім повітря видаляється через комп'ютерні стелажі для охолодження обладнання.

Прозорі панелі дозволяють природному світлу проникати в проходи та забезпечують візуальний зв'язок між внутрішнім та зовнішнім простором проходів, уникнення відчуття закриття для осіб, що працюють в проходах.

Працюючи 24 години на добу, 7 днів на тиждень, *Gadi* є базовою інфраструктурою для багатьох австралійських наукових спільнот.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У 2022 році *Gadi* від *NCI* та повне впровадження суперкомп'ютерів *Setonix* від *Pawsey* продовжать прискорювати науку в Австралії. Дослідники матимуть доступ до широкого спектра ресурсів, інструментів та експертизи для проведення революційних наукових досліджень.

GADI - PRIMERGY CX2570 M5, THINKSYSTEM SD650, XEON PLATINUM 8274/8268, NVIDIA TESLA V100 SXM2, MELLANOX HDR INFINIBAND

Site:	National Computational Infrastructure (NCI Australia)
System URL:	http://nci.org.au
Manufacturer:	Fujitsu / Lenovo
Cores:	204,032
Processor:	Xeon Platinum 8274 24C 3.2GHz
Interconnect:	Mellanox HDR Infiniband
Installation Year:	2020
Performance	
Linpack Performance (Rmax)	9.26 PFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	15.14 PFlop/s
Nmax	7,150,464
Software	
Operating System:	CentOS

Рисунок 1.9 – Характеристики КС *Gadi*

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕМЕНТІВ ТА СХЕМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Обґрунтування вибору основних елементів комп'ютерної системи

Для виконання основної мети кваліфікаційної роботи – підвищення швидкодії обчислювальних системи, необхідно обрати високопродуктивне та надійне обладнання. Тому обираємо, в першу чергу, сучасні та високопродуктивні материнську плату *ASUS Pro WS W790* і процесор *Intel Xeon*.

Материнські плати серії *Pro WS W790* призначені для створення робочих станцій, які відповідають потребам представників творчих професій, розробників та інженерів, і розкривають повний потенціал високопродуктивних процесорів *Intel Xeon* за рахунок підтримки розгону. Особливостями плат серії *Pro WS W790* є також оптимізоване розведення доріжок слотів пам'яті, новітня конструкція системи живлення, дистанційне керуванням серверного рівня, швидкісний інтерфейс *PCIe 5.0* і сучасні мережеві інтерфейси в поєднанні з неймовірно естетичним дизайном.

Материнські плати *ASUS W790* проходять ретельне тестування та перевірки, які гарантують, що створена на її основі робоча станція підтримуватиме широкий спектр модулів пам'яті, кулерів, корпусів, блоків живлення та інших пристроїв.

Материнська плата *ASUS W790* для робочих станції з чипсетом *Intel® W790* має такі характеристики:

- роз'єм *Intel® LGA 4677*: підтримка процесорів *Intel Xeon® W-3400* та *W-2400*;
- розгін процесора та пам'яті: підтримка до 2 ТБ *DDR5 (R-DIMM, 2DPC, ECC)*;

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- високошвидкісні інтерфейси: 5 слотів PCIe 5.0 x16, 10G та 2.5G Ethernet, 2 M.2, роз'єм USB 3.2 Gen 2x2 Type-C® на передній і задній панелях, 3 SlimSAS;
- віддалене адміністрування: підтримка на апаратному та програмному рівнях, зокрема підтримка плат розширення *ASUS IPMI*, а також програмного забезпечення для моніторингу та керування в реальному часі *ASUS Control Center Express*;

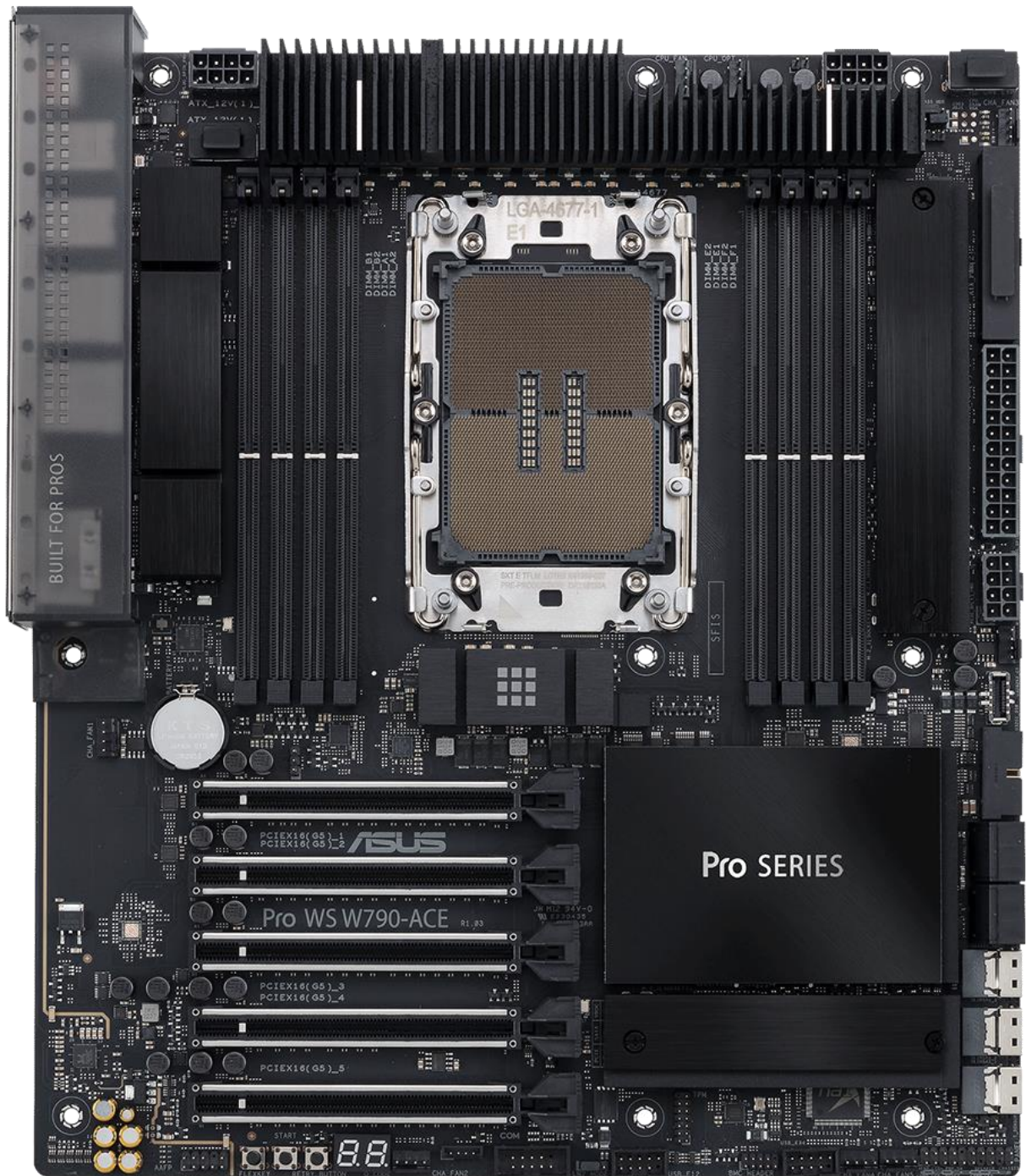


Рисунок 2.1 – Материнська плата ASUS W790 (зовнішній вигляд)

										Арк.
										25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ.КІ.1.442-03.4.16

1.	CPU socket
2.	DIMM slots
3.	Expansion slots
4.	Fan headers
5.	Power connectors
6.	M.2 slot
7.	SATA 6GB/s port
8.	SlimSAS port
9.	USB 3.2 Gen 2x2 Type-C® Front Panel connector
10.	USB 3.2 Gen 1 header
11.	USB 2.0 connector
12.	BMC header
13.	COM Port header
14.	FlexKey button (Reset)
15.	Front Panel Audio header
16.	LN2 Mode jumper
17.	ReTry button
18.	Start button
19.	System Panel header
20.	TPM header
21.	Thermal Sensor header
22.	VROC Key header
23.	Q-Code LED
24.	Q LEDs
25.	8-pin Power Plug LED
26.	8-pin PCIe Power Plug LED

Рисунок 2.3 – Позначення роз’ємів та елементів на материнській платі

Завдяки чорним алюмінієвим профілям, такого ж кольору підсилювальній пластині з нержавіючої сталі з оригінальною текстурою та напівпрозорому кожуху навколо інтерфейсних роз’ємів дизайн Pro WS W790 виглядає стримано і професійно.

Материнська плата Pro WS W790-ACE наділена відразу п'ятьма слотами PCIe 4.0 x16. Установлені в них потужні відеокарти можна об’єднати в єдину конфігурацію, щоб досягти ще більш високої продуктивності під час обробки графічних матеріалів, наприклад при тривимірному моделюванні або рендерингу.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

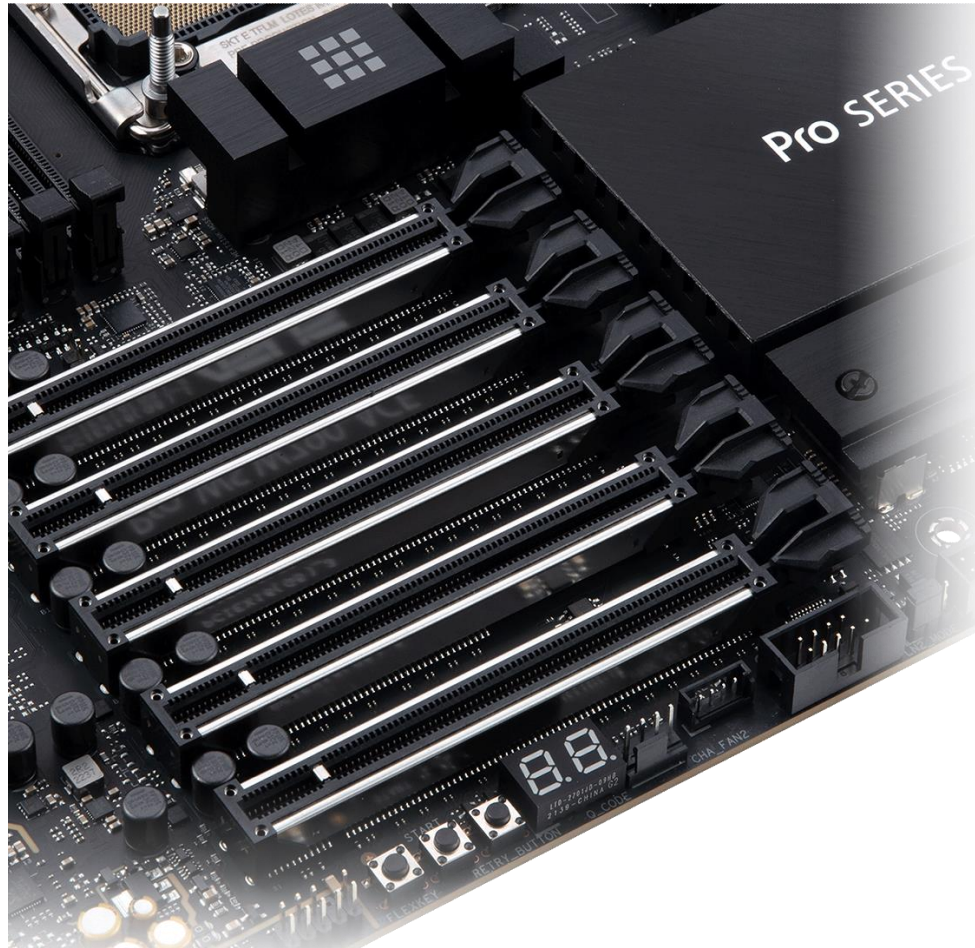


Рисунок 2.4 – Розташування роз'ємів PCIe 4.0 x16

Підсистема живлення Pro WS W790-ACE складається з 14 силових фаз, що забезпечують потужне живлення з високим ККД, чого вимагають новітні процесори Intel.

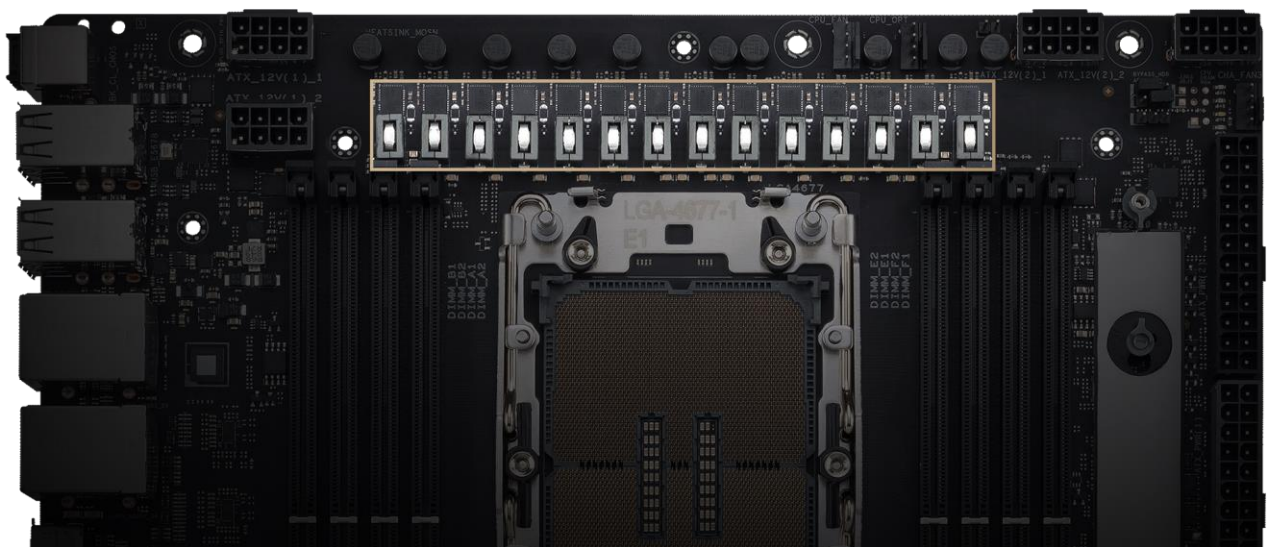


Рисунок 2.5 – Розташування силових фаз на материнській платі

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Додатковий 8-контактний роз'єм живлення PCIe призначений для забезпечення стабільної вихідної потужності живлення за умови використання декількох високопродуктивних відеокарт.

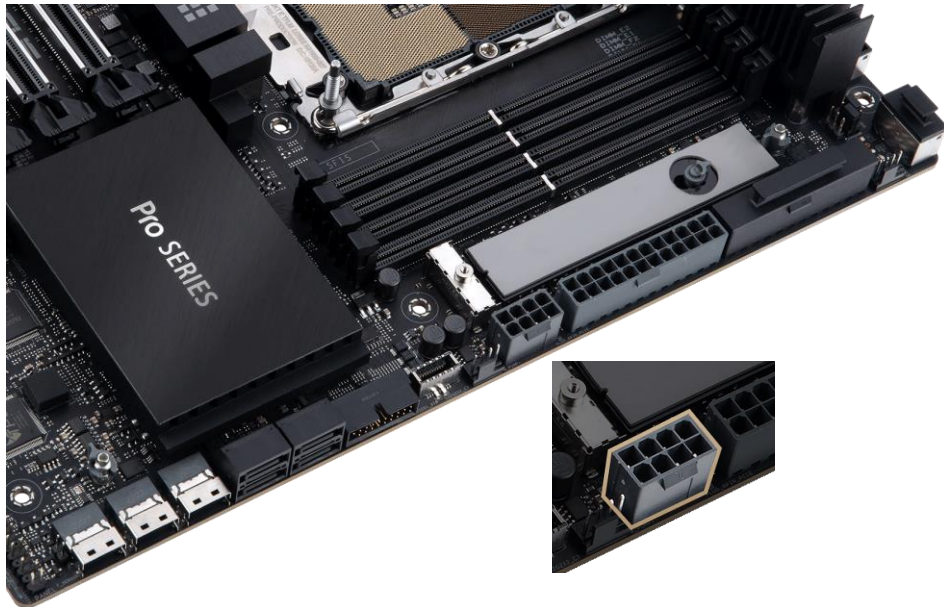


Рисунок 2.6 – Розташування роз'єма живлення PCIe на материнській платі

Pro WS W790-ACE підтримує 4-канальну (2DPC) пам'ять DDR5 із корекцією помилок (ECC) у вигляді модулів RDIMM для зменшення ймовірності збоїв системи й забезпечення стабільної роботи. Материнська плата відзначається продуманою схемою розведення доріжок модулів пам'яті, що забезпечує надійний розгін пам'яті DDR5 для потреб різноманітних робочих навантажень.

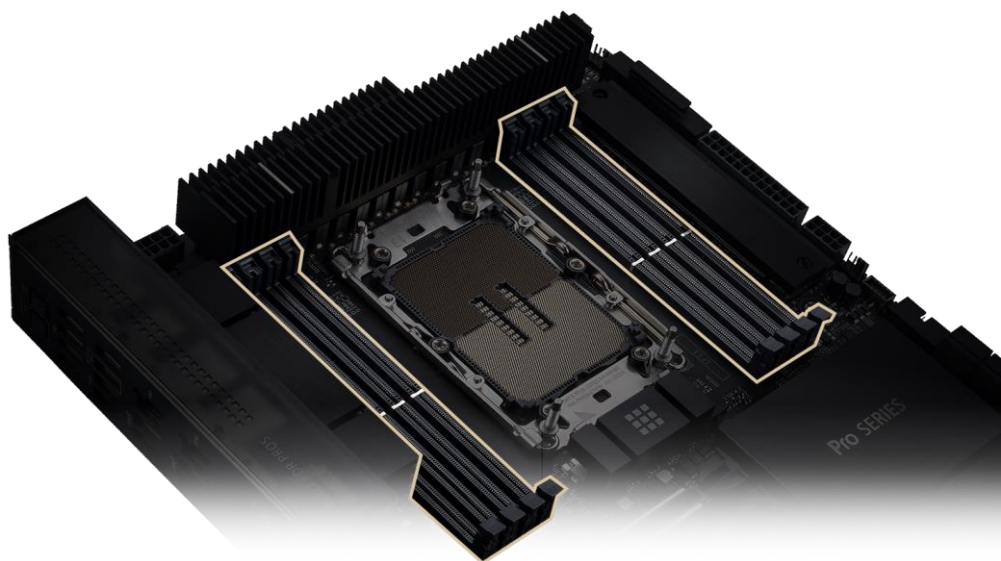


Рисунок 2.7 – Розташування роз'ємів пам'яті на материнській платі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.442-03.4.16

Арк.

29

Новітній стандарт USB подвоює пропускну здатність передачі даних до 20 Гбіт/с завдяки ще одній лінії USB 3.2. Крім того, він забезпечує простоту підключення й максимальну гнучкість при використанні роз'єму USB-C.

Pro WS W790-ACE пропонує два слоти M.2 з інтерфейсом PCIe 4.0. Розробники контенту, які працюють із великими відеофайлами, зможуть об'єднувати підключені до цих слотів твердотільні NVMe-накопичувачі в RAID-масиви для збільшення швидкодії дискової підсистеми.

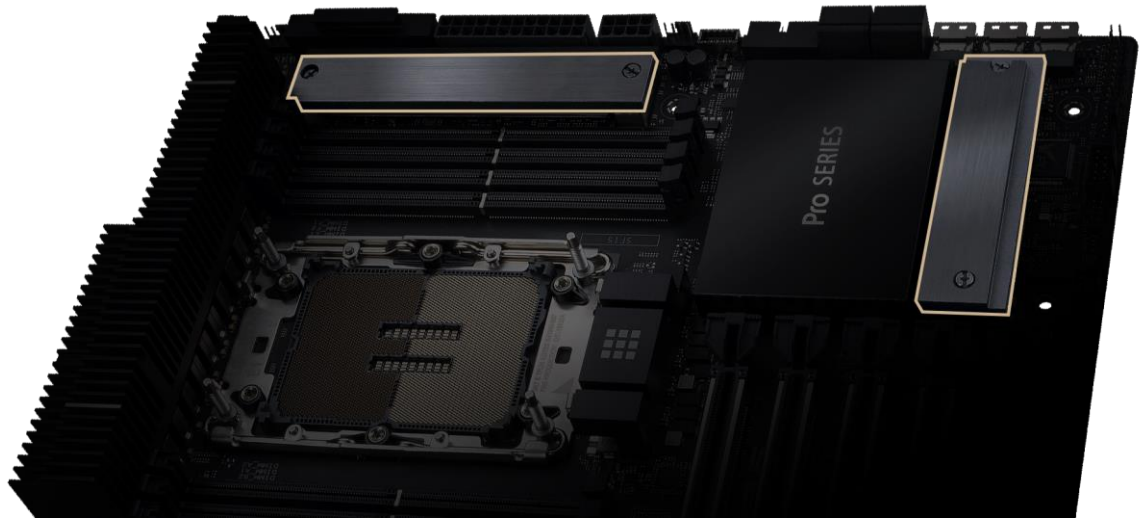


Рисунок 2.10 – Розташування роз'ємів M.2 на материнській платі

Обидва ці слоти M.2 розташовані під спеціальними радіаторами, щоб запобігти тротлінгу SSD під час великих навантажень, і оснащені фіксаторами ASUS Q-Latch для легкого встановлення й заміни накопичувачів.

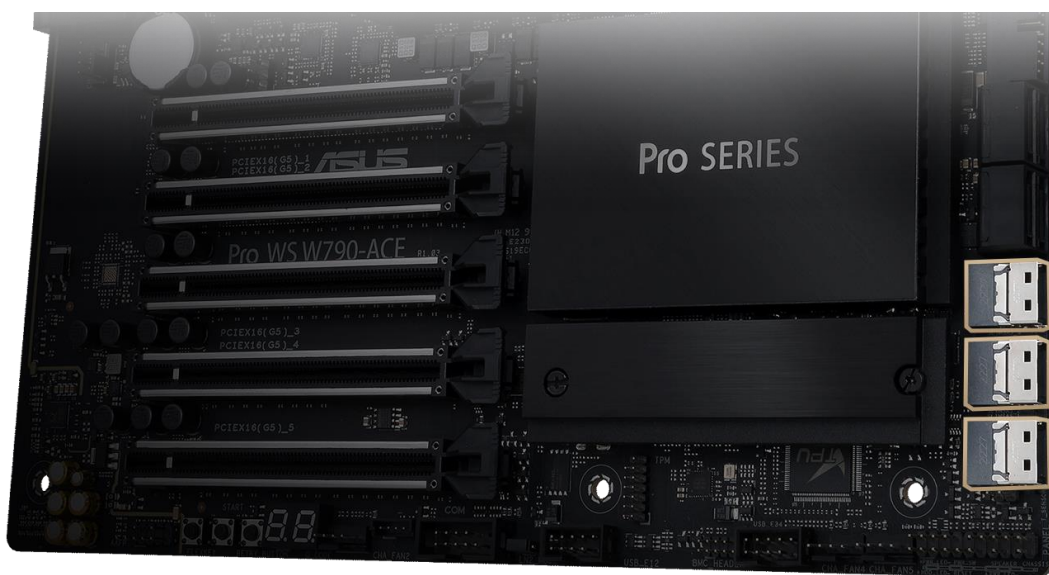


Рисунок 2.11 – Розташування роз'ємів SlimSAS на материнській платі

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Вбудовані слоти SlimSAS дозволяють підключати високошвидкісні промислові SSD, не кажучи вже про серверне та мережеве обладнання, через швидкісний інтерфейс PCIe 4.0/PCIe 3.0.

Критично важливими факторами ефективного охолодження є маса радіатора та проходження через нього максимального повітряного потоку.

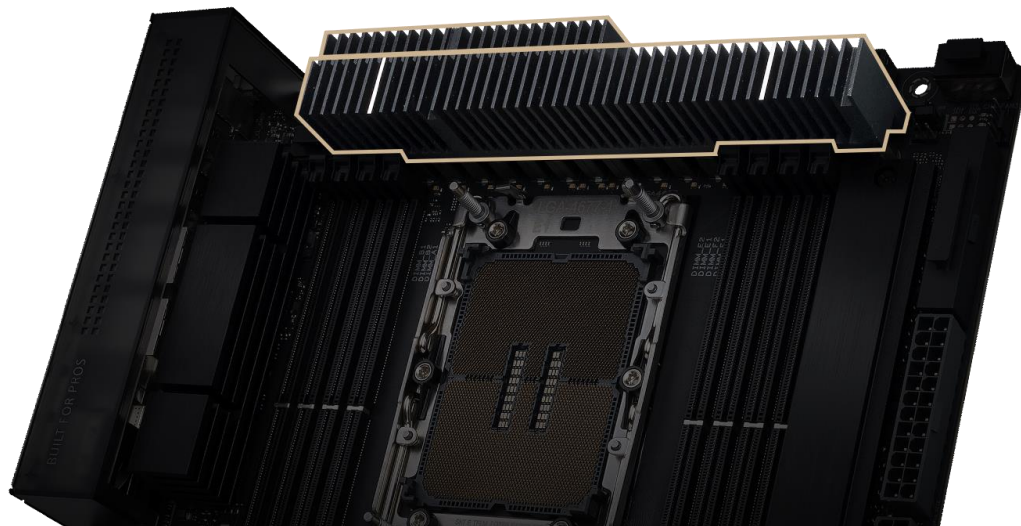


Рисунок 2.12 – Розташування радіатора зони VRM на материнській платі

Саме тому радіатори зони VRM цієї плати мають високі та щільно розташовані ребра та розміщуються на транзисторах і дроселях для підвищення ефективності відведення тепла.

За підтримку належної робочої температури чипсета відповідає окремий радіатор. Для двох слотів M.2 також передбачені радіатори, які допомагають уникнути падіння продуктивності встановлених у них твердотільних накопичувачів, що може статися через перегрів під тривалими високими навантаженнями. Захисні пластини також вносять свою частку в досягнення максимальної продуктивності накопичувачів наступного покоління.

Запатентований екран для задньої панелі комп'ютерного корпусу має матове чорне покриття. Він попередньо встановлений на материнській платі та має форму, що сприяє покращеному відведенню тепла від плати.

Для прошивки BIOS користувачам потрібно лише завантажити останню версію UEFI BIOS на USB-накопичувач із файловою системою FAT32, підключити живлення до материнської плати, вставити USB-накопичувач у

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

порт плати й натиснути розташовану на ній кнопку USB FlashBack™. Для використання цієї функції не потрібні навіть процесор і модулі пам'яті.



Рисунок 2.13 – Розташування кнопки *USB FlashBack* на боковій панелі плати

Високоякісна аудіосистема створена на базі 7.1-канального аудіокодека Realtek S1220A і відзначається сучасними характеристиками: стереовихід має співвідношення сигнал/шум 120 дБ, а лінійний вхід – 113 дБ. У системі використовується електромагнітне екранування та окремі шари друкованої плати для розведення лівого та правого каналів для мінімізації впливу зовнішніх чинників на якість сигналу.

Попередній регулятор живлення забезпечує зниження рівня перешкод у ланцюзі електроживлення для якісного звучання.

Ізоляція забезпечує якісний поділ аналогової та цифрової частини для зниження рівня взаємних перешкод.

У цій материнській платі пропонується комфортна підтримка інтерфейсу USB 3.2 Gen 2x2. Користувач отримує переваги швидкості повної USB 3.2 на передній панелі системного блоку.

Ця материнська плата підтримує дистанційне керування за допомогою карти розширення ASUS IPMI. Воно забезпечує переваги для ситуацій, коли окрім високої продуктивності необхідно мати віддалений моніторинг стану системи та здатність усувати знаходити й несправні у реальному часі.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні характеристики та елементи материнської плати *Pro WS W790-ACE*

Модель	<i>Pro WS W790-ACE</i>
Процесор	<i>Intel® Socket LGA 4677 for Xeon® W-3400 and W-2400 Series Processors* Supports Intel® Turbo Boost Max Technology 3.0</i>
Чіпсет	<i>Intel® W790 Chipset</i>
Пам'ять	<i>8 x DIMM slots, Max. 2048GB, DDR5 6800(OC)/6600(OC)/6400(OC)/6200(OC)/6000(OC)/5800(OC)/5600(OC)/ 5400(OC)/5200(OC)/5000(OC) ECC Quad Channel Memory Architecture</i>
Слоти розширення	<i>5 x PCIe 5.0 x16 slot(s) (supports x16, x16, x16, x0/x8, x16/x8)</i>
Накопичувач	<i>Total supports 2 x M.2 slots, 4 x SATA 6Gb/s ports and 3 x SlimSAS ports* M.2_1 slot (Key M), type 2242/2260/2280/22110 (supports PCIe 4.0 x4 mode) M.2_2 slot (Key M), type 2280 (supports PCIe 4.0 x4 mode) SlimSAS_1 slot supports PCIe 3.0 x4 mode NVMe device</i>
Ethernet	<i>1 x Marvell® AQtion 10Gb Ethernet 1 x Intel® 2.5Gb Ethernet ASUS LANGuard</i>
USB	<i>Rear USB (Total 13 ports) 1 x USB 3.2 Gen 2x2 port(s) (1 x USB Type-C®) 4 x USB 3.2 Gen 2 port(s) (4 x Type-A) 8 x USB 2.0 port(s) (8 x Type-A) Front USB (Total 7 ports)</i>
Аудіо	<i>Realtek S1220A 7.1 Surround Sound High Definition Audio CODEC*</i>
Порти на задній панелі	<i>1 x USB 3.2 Gen 2x2 port(s) (1 x USB Type-C®) 4 x USB 3.2 Gen 2 port(s) (4 x Type-A) 8 x USB 2.0 port(s) (8 x Type-A) 1 x Marvell® AQtion 10Gb Ethernet port 1 x Intel® 2.5Gb Ethernet port 5 x Audio jacks 1 x Optical S/PDIF out port 1 x BIOS FlashBack™ button 1 x Clear CMOS button</i>
BIOS	<i>512 Mb Flash ROM, UEFI AMI BIOS</i>
Порти на задній панелі	<i>1 x USB 3.2 Gen 2x2 port(s) (1 x USB Type-C®) 4 x USB 3.2 Gen 2 port(s) (4 x Type-A) 8 x USB 2.0 port(s) (8 x Type-A) 1 x Marvell® AQtion 10Gb Ethernet port 1 x Intel® 2.5Gb Ethernet port 5 x Audio jacks; 1 x Optical S/PDIF out port 1 x BIOS FlashBack™ button; 1 x Clear CMOS button</i>
Операційна система	<i>Windows® 11, Windows® 10 64-bit</i>
Форм-фактор	<i>CEB Form Factor 12 inch x 10.5 inch (30.5 cm x 26.67 cm)</i>

Вибір процесора

Процесори серії *Intel Xeon W-3400* забезпечують найвищий рівень продуктивності та масштабованості робочих станцій у розширюваних баштових моделях – ідеально підходить для складного проектування, моделювання, широкоформатних відео ефектів і робочих навантажень штучного інтелекту.

Процесори *Intel Xeon w9-3495X* забезпечують найкращу платформу робочих станцій для роботи наступного покоління професійних робочих навантажень з інтенсивними обчисленнями.

У кожного процесора 56 фізичних ядер (112 програмних). П'ятдесят чотири фізичних ядра процесора кожного сервера буде виконувати функції обчислювального вузла комп'ютерної системи. 55-е фізичне ядро процесора буде займатися відновленням комп'ютерної системи або використатися для зв'язку із зовнішнім накопичувачем інформації. 56-е фізичне ядро процесора кожного сервера буде служити сполучною ланкою для всієї комп'ютерної системи, а також, якщо буде потреба, буде виконувати функції резервного обчислювального вузла суперкомп'ютера, якщо один або два основних вузли суперкомп'ютера в комп'ютерній системі вийдуть із ладу.

Продуктивність процесора можна знайти за такою формулою:

$$P_{\max} = k1 * k2 * f \quad (2.1)$$

де $k1$ – кількість ядер процесору,

$k2$ – кількість операцій за один такт,

f – частота процесора.

Підставимо вихідні дані в формулу (2.1):

$$P_{\max} = 112 * 8 * 4,8 \text{ ГГц} = 4300 \text{ ГФлопс} = 4,3 \text{ ТФлопс}$$

Основні характеристики процесора *Intel Xeon w9-3495X* показані на рис. 2.15.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Processor Number ?	w9-3495X
Lithography ?	Intel 7
Recommended Customer Price ?	\$5889.00

CPU Specifications

Total Cores ?	56
# of Performance-cores	56
# of Efficient-cores	0
Total Threads ?	112
Max Turbo Frequency ?	4.80 GHz
Intel® Turbo Boost Max Technology 3.0 Frequency [†] ?	4.80 GHz
Intel® Turbo Boost Technology 2.0 Frequency [†] ?	4.60 GHz
Processor Base Frequency ?	1.90 GHz
Cache ?	105 MB Intel® Smart Cache
Processor Base Power ?	350 W
Maximum Turbo Power ?	420 W
Sockets Supported ?	FCLGA4677
Package Carrier	E1A
Max CPU Configuration	1
DTS Max	99 °C
T _{CASE} ?	81°C
Package Size	77.5mm x 56.5mm

Рисунок 2.15 – Основні характеристики процесора *Intel Xeon w9-3495X*

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір внутрішньої пам'яті

Для оперативної пам'яті обираємо модулі *Kingston FURY Beast DDR5* об'ємом 32 ГБ. На кожну плату буде встановлено 8 таких модулів, тому на кожній материнській платі буде встановлено 256 ГБ.

Загальний обсяг оперативної пам'яті для комп'ютерної системи становить $256 \text{ ГБ} * 9 \text{ плат} = 2304 \text{ ГБ}$ або 2,3 ТБ.

Модуль оперативної пам'яті *Kingston FURY Beast DDR5 RGB EXPO* є інноваційним рішенням для підвищення продуктивності сучасних ПК в іграх, завданнях стримінгу, редагування відео високої роздільної здатності, рендерингу та інших ресурсомістких додатках.

Основними особливостями *Kingston FURY Beast DDR5 RGB EXPO* є наступні. Збільшена швидкість та надійність: модуль має збільшену швидкість обміну даними завдяки подвоєній кількості банків та подвоєній довжині пакета. Технологія *ECC* на кристалі, два 32-бітових підканали та інтегрована схема управління живленням (*PMIC*) забезпечують стабільність та ефективність навіть при екстремальних навантаженнях.



Рисунок 2.16 – Модулі пам'яті *Kingston FURY Beast DDR5*

Сертифікації та схвалення: модуль *Kingston FURY Beast DDR5 RGB EXPO* отримав сертифікат *AMD EXPO* та схвалений провідними світовими виробниками материнських плат, такими як *MSI, ASUS, ASRock та Gigabyte*. Це гарантує простий, стабільний та сертифікований розгін на платформах

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

AMD AM5. Також пам'ять має профілі *Intel XMP 3.0* для легкого розгону на платформах *Intel*.

Особливістю цієї пам'яті є те, що вона має вбудовану систему охолодження, що є великим плюсом. Також відзначу, що фірма *Kingston* є дуже популярною і я впевнений, що ця пам'ять буде відмінно працювати в комп'ютерній системі.

Таблиця 2.2

Основні характеристики модуля пам'яті *Kingston FURY Beast DDR5*

Тип	DDR5
Обсяг одного модуля	32 GB
Кількість модулів на платі	8
Форм-фактор	DIMM
Частота	6800 ГГц
Пропускна проміжність	54400 МБ/с
Схема таймінгів	CL 34-45-45
Напруга живлення	1.4 В
Габарити	133.35 x 42.2 x 7.1 мм

Вибір відеосистеми комп'ютера

Відеосистема буде використана тільки для підключення до головного комп'ютера системи (модуль 1).

Обираємо відеокарту *ASUS TUF GeForce RTX 4070 Gaming OC*. Це дуже потужна, сучасна відеокарта серії *GeForce RTX 40xx*, має довжину 301 мм та рекомендовану потужність 650 Вт. Також має три вентилятори. Основні характеристики відеокарти наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Основні характеристики відеокарти ASUS TUF GeForce RTX 4070

Обсяг пам'яті	12 Гб
Шина пам'яті	192 біт
Графічний процесор	NVIDIA GeForce RTX 4070
Тип пам'яті	GDDR6X
Частота графічного ядра	Boost: 2580 МГц
Частота відеопам'яті	21000 МГц
Максимальна роздільна здатність	7680x4320
Інтерфейс	PCI Express 4.0
Роз'єми	4x DisplayPort 1.4a, 1x HDMI 2.1
Кількість вентиляторів	3
Довжина відеокарти	301 мм
Висота відеокарти	139 мм
Рекомендована потужність БЖ	650 Вт
Роз'єм дод. живлення	8 pin

Монітор буде використано також тільки для головного комп'ютера.
Обираємо монітор *Asus 27" TUF Gaming* (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4

Основні характеристики монітора *Asus 27" TUF Gaming*

Діагональ	27"
Роздільна здатність	2560 x 1440
Тип матриці	IPS
Підсвічування	LED
Співвідношення сторін	16:9
Покриття	Матове
Максимальна частота оновлення	165 Гц
Інтерфейси	1x DisplayPort 1.2, 2x HDMI 1.4

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Інше встаткування вузла: маніпулятор «миша», клавіатура та інше в рамках цієї роботи не розглядається, тому що на продуктивність, швидкодію й інші параметри багатопроцесорної системи вплив цих пристроїв не виявляється.

2.2 Вибір зовнішньої пам'яті та масиву зовнішніх накопичувачів

Для кожної плати обираємо твердотільний накопичувач SSD Kingston NV2 3DNAND на 1 ТБ з швидкістю читання та запису 3500 МБ/с та 2100 МБ/с.

Всього знадобиться 9 таких накопичувач, встановлених на кожній материнській платі (рис. 2.17, табл. 2.5).



Рисунок 2.17 – Твердотільний накопичувач SSD Kingston NV2 3DNAND

Таблиця 2.5

Основні характеристики SSD Kingston NV2 3DNAND

Форм-фактор	M.2 2280
Обсяг пам'яті	1 ТБ
Тип елементів пам'яті	3D-NAND
Інтерфейс	PCIe 4.0x4
Швидкість читання	3500 МБ/с
Швидкість запису	2100 МБ/с
Габарити	80 x 22 x 2.2 мм

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Правильна робота обчислювальної системи залежить від надійного, скоординованого підключення до загального сховища. У випадку збою встаткування, бажано мати можливість від'єднувати від загального сховища один вузол суперкомп'ютера, не зачіпаючи при цьому іншій. Загальне сховище є життєво важливим для роботи всього суперкомп'ютера.

Вибираємо реалізацію підключення до сховища даних через SAS інтерфейс. Пропускна здатність цього інтерфейсу складає 10 Гбіт/с.

Використання для реалізації загального сховища програмних RAID-масивів, або програмного керування логічними томами не підтримується, тому що в цій конфігурації доступ декількох вузлів до загального диска не синхронізується. Програмні RAID-масиви або керування логічними томами може використовуватися для локальних розділів на вузлах суперкомп'ютера (наприклад, для завантажувального й системного розділів, або інших файлових систем, не пов'язаних з роботою комп'ютерних служб).

Залежно від типу використовуваного масиву може забезпечувати різні міри відмовостійкості і швидкодії. Служить для підвищення надійності зберігання даних і для підвищення швидкості читання/запису інформації. Фізично RAID-масив є від двох до n -ої кількості жорстких дисків підключених до системної плати що підтримує можливість створення RAID (чи до відповідного контролера, що буває рідше, контролери зазвичай використовуються на серверах через підвищену надійність і продуктивність), тобто на око нічого усередині системного блоку не змінюється, ніяких зайвих підключень або з'єднань дисків між собою або з чимось ще просто немає. Масиви також можуть забезпечувати надмірне зберігання даних, з тим, щоб дані не були втрачені у разі виходу з ладу одного з дисків. Залежно від рівня RAID, проводиться віддзеркалювання або розподіл даних по дисках.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Устаткування для організації загального дискового сховища

Обладнання	Кількість	Опис	Потрібно
Зовнішній корпус дискового сховища	Один	Використовуємо послідовні шини SAS з одним ініціатором для підключення комп'ютерних систем до RAID-масиву з одним або двома контролерами. Щоб використовувати шини з одним ініціатором, RAID-контролер повинен мати кілька портів і забезпечувати одночасний доступ через ці порти до всіх логічних одиниць пристроїв. При використанні RAID-масиву із двома контролерами, необхідно щоб логічні одиниці пристроїв переносилися від одного контролера до іншого непомітно для операційної системи. Для забезпечення симетрії номерів пристроїв RAID-масиви із двома надлишковими контролерами необхідно набувати в режимі активний/пасивний.	Так
Хост-адаптер шини	Два	Для підключення до сховища на загальному диску необхідно встановити в PCI рознімання або послідовний SAS адаптер. Застосовуючи послідовний SAS інтерфейс використовуємо LVD (Low Voltage Differential) адаптер. Такий адаптер має рознімання SFF 8484 або SFF 8088.	Так
SAS-кабель	Два	SAS кабелі з 16 провідниками з'єднують адаптери кожного вузла з портами сховища даних. Такі кабелі мають конектори SFF 8484 або SFF 8088. Вид кабелю може відрізнитися залежно від типу адаптера.	Для послідовних SAS шин

Для системи високої продуктивності, на мій погляд, буде оптимальним масив RAID 10. Ця архітектура являє собою масив типу RAID 0, сегментами

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якого є масиви *RAID 1*. Він об'єднує в собі дуже високу відмовостійкість і продуктивність.

Переваги:

- висока відмовостійкість;
- висока продуктивність.

Недоліки:

- дуже висока вартість;
- обмежене масштабування.

Сукупність цих двох масивів являє собою дуже надійну та швидку систему, що є оптимальним рішенням для багатопроцесорної системи високої надійності, але цей вибір накладає деякі обмеження. Наприклад – обмежена масштабованість дисків і т. д. Також великим недоліком *RAID 10* є дуже висока ціна, хоча, цей недолік мають всі комбіновані системи.

Обираємо жорсткий диск *Western Digital Ultrastar DC HC330 10TB 7200rpm 256MB WUS721010AL5204_0B42258 3.5" SAS*. Таким чином, буде використано масив типу *RAID 10* з чотирьох жорстких дисків по 10 ТБ для підвищення швидкодії та надійності комп'ютерної системи.

2.3 Вибір мережного та додаткового устаткування

Для реалізації мети проекту – підвищення надійності й швидкодії комп'ютерної системи пропоную використовувати високошвидкісний зв'язок між системними платами за технологією *Gigabit Ethernet*.

Вибираємо для зв'язку між модулями комутатор *MikroTik Cloud Router Switch 312-4C+8XG-RM*. Цей комутатор з вісьмома *10G RJ45 Ethernet* та чотирма *Combo (SFP/Ethernet) 10G* портами. Використовується для *Ethernet 10G RJ45* або оптоволоконних *10G SFP+* з'єднань.

Комутатор є практичним рішенням для тих, хто працює з великими файлами даних та потребує швидкого, потужного підключення 24/7: мультимедійне виробництво, наукові дослідження, розробка ігор, аналіз даних великого розміру.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комутатор має подвійне джерело живлення для резервування – без несподіваних простоїв, коли наближаються терміни заміни. Комутатор отримав повнорозмірний *USB*, консольний порт для конфігурації та корпус для монтажу в стійку *1U* – підходить для всіх стандартних стійок.

Загальна неблокуюча пропускна здатність *CRS312-4C+8XG-RM* становить *120 Gbps*, комутаційна здатність – *240 Gbps* та швидкість пересилання пакетів *178 Mpps*.

CRS312-4+8XG-RM – чергова модель в лінійці комутаторів з функцією «подвійного завантаження» (*Dual boot*), що надає користувачеві вибір у використанні операційної системи *SwOS* або *RouterOS*. *SwOS* є спрощеною операційну систему зі специфічними функціями комутатора, в той час як *RouterOS* дозволяє використовувати на окремих портах комутатора ряд функцій 3-го рівня, в тому числі маршрутизацію.

Таким чином, використання *CRS312-4C+8XG-RM* дозволить в повній мірі використовувати всі основні функції, властиві керованому комутатору, а також налаштовувати *VLAN*, застосовувати фільтрацію по *MAC*, управляти комутацією, віддзеркалювати трафік, використовувати обмеження смуги пропускання та навіть налаштовувати деякі поля *MAC* і заголовків *IP*.

Для з'єднання материнських плат також використовуємо патч-корди *Vention CAT 7 SFTP Ethernet rj-45 - rj-45 8 жил* з кабелем категорії 7 довжиною 1,5 та 3 метри у кількості 3 та 6 штук відповідно.

Вибір блоку живлення та джерела безперебійного живлення

Обираємо для кожної материнської плати блок живлення *HP 1600W Flex Slot Platinum Hot Plug Low Halogen Power Supply K*. Це вискоефективний блок живлення, який підходить для використання в серверах та інших обладнаннях. Він забезпечує стабільне і безперебійне живлення, що є важливим складовим для роботи будь-якої техніки. Потужність блоку живлення – 1600 Вт.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливості блоку живлення:

- ефективність: блок живлення має рівень ефективності *Platinum*, що дозволяє економити електроенергію та зменшує навантаження на систему охолодження;
- гаряча підключення: можна додавати або знімати блок живлення без вимкнення обладнання;
- гнучкий слот: блок живлення має регульований слот *Flex Slot*, що підходить для використання з різними типами серверів та іншого обладнання;
- низький рівень галогенів: блок живлення відповідає вимогам до низького вмісту галогенів у виробках (*Low Halogen*).

Блок живлення *HP 1600W Flex Slot Platinum Hot Plug Low Halogen Power Supply K* має компактний та зручний дизайн, що дозволяє економити місце в серверних стійках. Він простий у встановленні та використанні – його можна легко додати до будь-якої системи, що потребує додаткового живлення.

Як додаткове встаткування, застосовуваного в системі, необхідно використовувати джерело безперебійного живлення (ДБЖ). Для комп'ютерної системи я вибрав ДБЖ *Eaton Powerware BladeUPS*. Набір характеристик приведений в таблиці 2.7.

Ця система безперебійного живлення складається з окремих блоків, які можна комбінувати, тим самим нарощуючи потужність системи.

Основні особливості *BladeUPS*.

1. Гаряча заміна як батарейних модулів, так і електронного модуля джерела. Вихідний коефіцієнт потужності дорівнює 1, а потужність:
 $12 \text{ кВА} = 11,7 \text{ кВт}$.
2. При паралельній роботі від батареї перерозподіл потужності на модуль з найбільш сильною батареєю.
3. Можливість використання режиму «ефективної роботи».
4. Використання технологія *Hotsync* для паралельного режиму дозволяє працювати модулям в режимі *On-line* навіть при пошкодженому паралельному зв'язку.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Високий ККД (97%) і низьке тепловиділення (371 Вт).
6. Розширений діапазон вхідної напруги.
7. Мікропроцесорний моніторинг температури і роботи вентиляторів системи охолодження.
8. Випрямляч з корекцією коефіцієнта потужності.

Таблиця 2.7

Основні характеристики *Eaton Powerware BladeUPS*

Номінальна потужність	12 кВт на всі 9 модулів та мережне обладнання
Охолодження	Охолодження за допомогою вентиляторів, мікропроцесорний моніторинг температури; забір повітря спереду, вихід нагрітого повітря ззаду
Рівень шуму	58 дБ на відстані 1м
Вхідні характеристики	
Номінальна напруга	220 В
Номінальних вхідний струм	24 А
Діапазон вхідної частоти	50 або 60 Гц, ± 5 Гц, вибирається автоматично
Вихідні характеристики	
Номінальна напруга	220 В
Вихідна частота	50/60 Гц автовибір
Перевантажувальна здатність	100–110%: перехід на байпас через 10 хвилин 110–125%: перехід на байпас через 1 хвилину 125–150%: перехід на байпас через 5 секунд

Для розміщення всього устаткування комп'ютерної системи знадобиться три шафи. У першому шафі буде знаходитись три плати та блок живлення і блок безперебійного живлення, у другому та третьому шафі буде знаходитись три системних плати. Вибираємо шафи підлогові MGSE розміром 610x610x1700мм. Додатково для охолодження кожної шафи використовуємо вентиляторний блок на 3 вентилятора (вставляється в дах для цих шаф).

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Вибір архітектури обчислювальної системи

Структурна схема комп'ютерної системи зображена на рисунку 2.18.

Також на основі вибраної апаратної частини системи зобразимо структуру внутрішньої мережі розробленої комп'ютерної системи. Схема мережі зображена на рисунку 2.19. Як програмне забезпечення суперкомп'ютера пропоную використовувати *Red Hat Linux*.

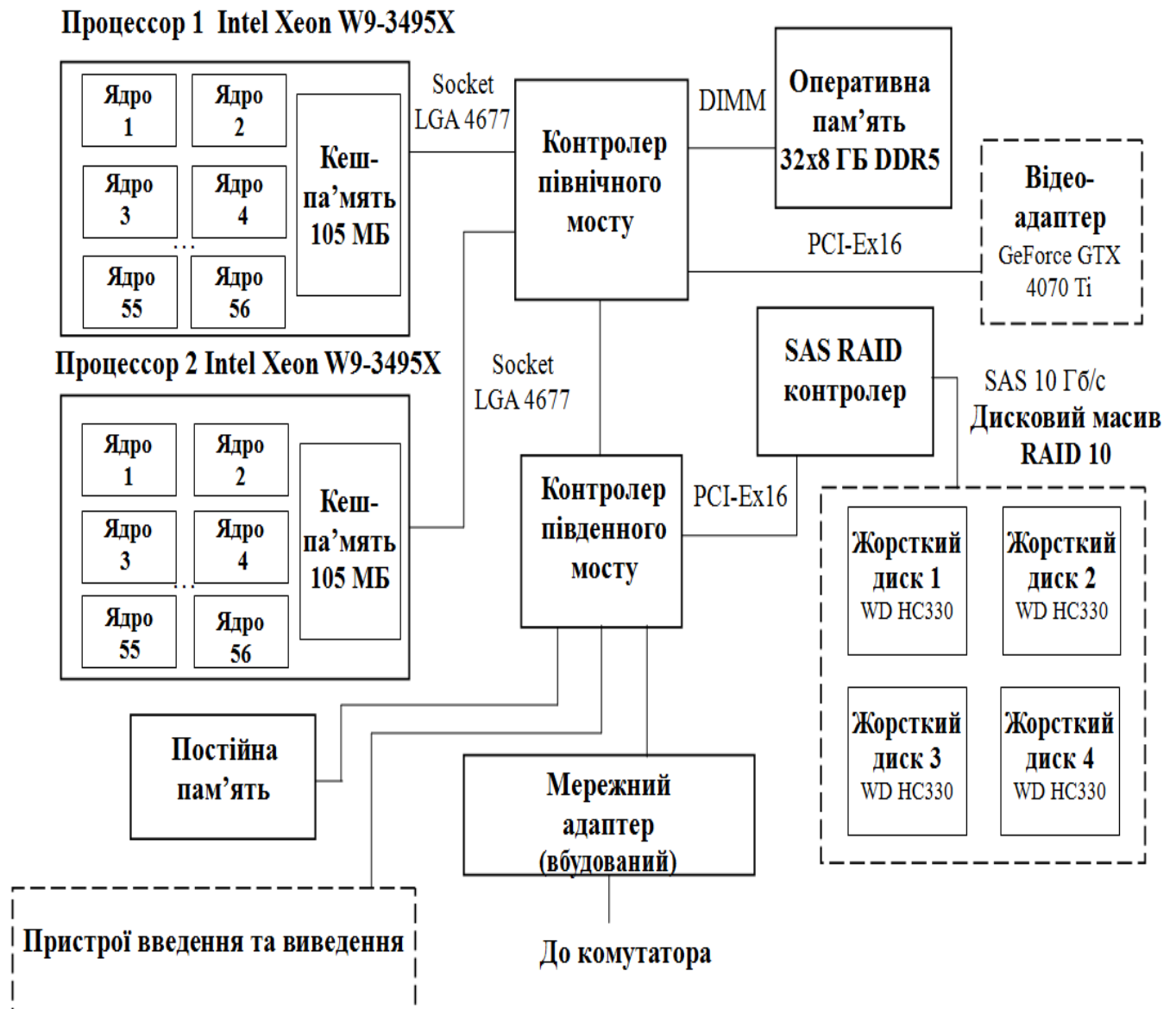


Рисунок 2.18 – Структурна схема модуля обчислювальної системи

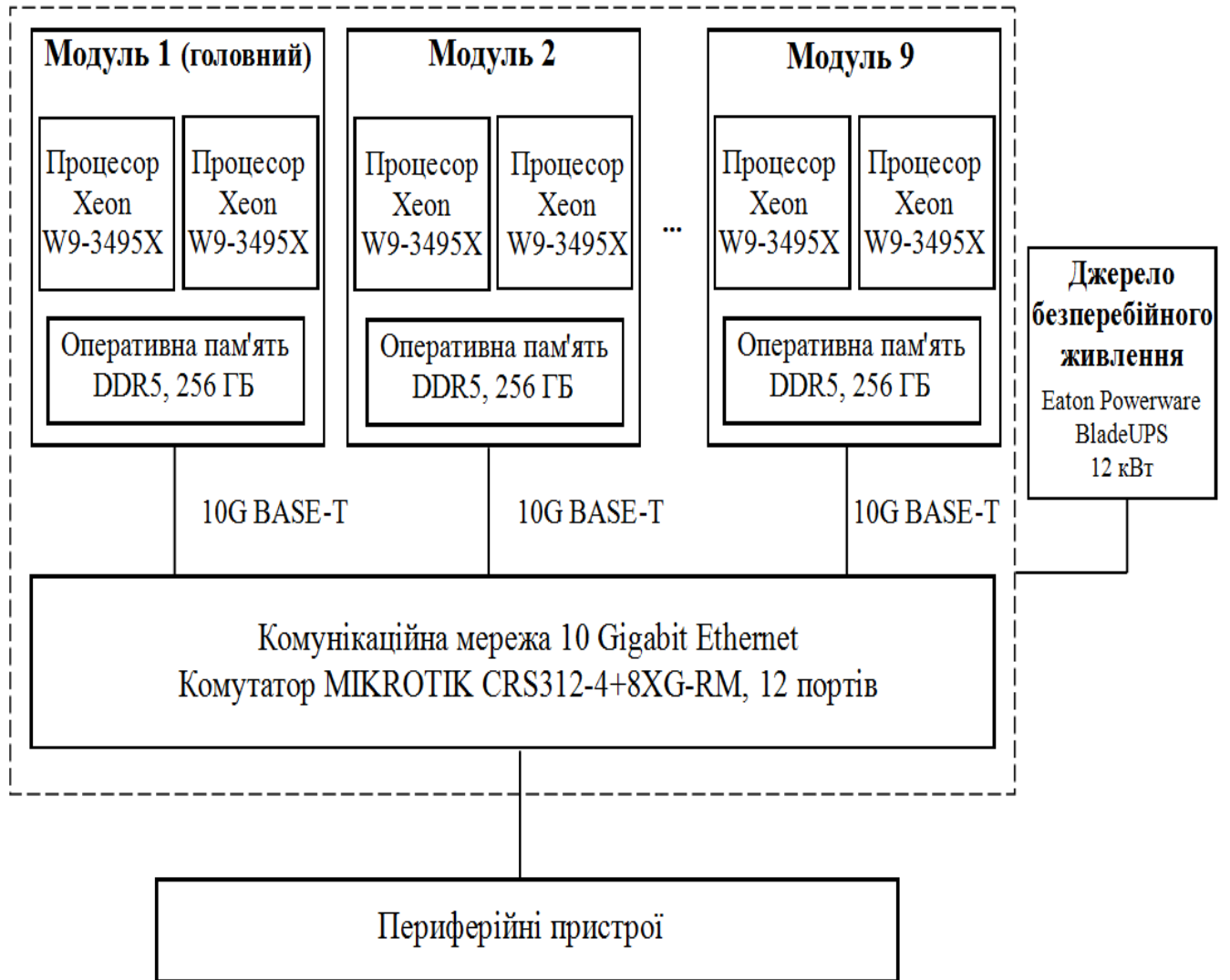


Рисунок 2.19 – Структурна схема обчислювальної системи

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Розрахунок коефіцієнту прискорення комп'ютерної системи

Припустимо, що алгоритм обчислювальної задачі такий, що частка f від загального обсягу обчислень може бути отримана послідовними розрахунками. Тоді прискорення, яке може бути отримано на обчислювальній системі з N процесорів, у порівнянні з однопроцесорним рішенням не буде перевищувати величини:

$$K_n = \frac{1}{f + \frac{1-f}{N}} \quad (3.1)$$

Розрахуємо коефіцієнт прискорення по формулі (3.1). Маємо $N = 18$. Розрахуємо коефіцієнт прискорення, змінюючи частку послідовних обчислень f від 0 до 1 з шагом 0,025 (рис. 3.1, 3.2).

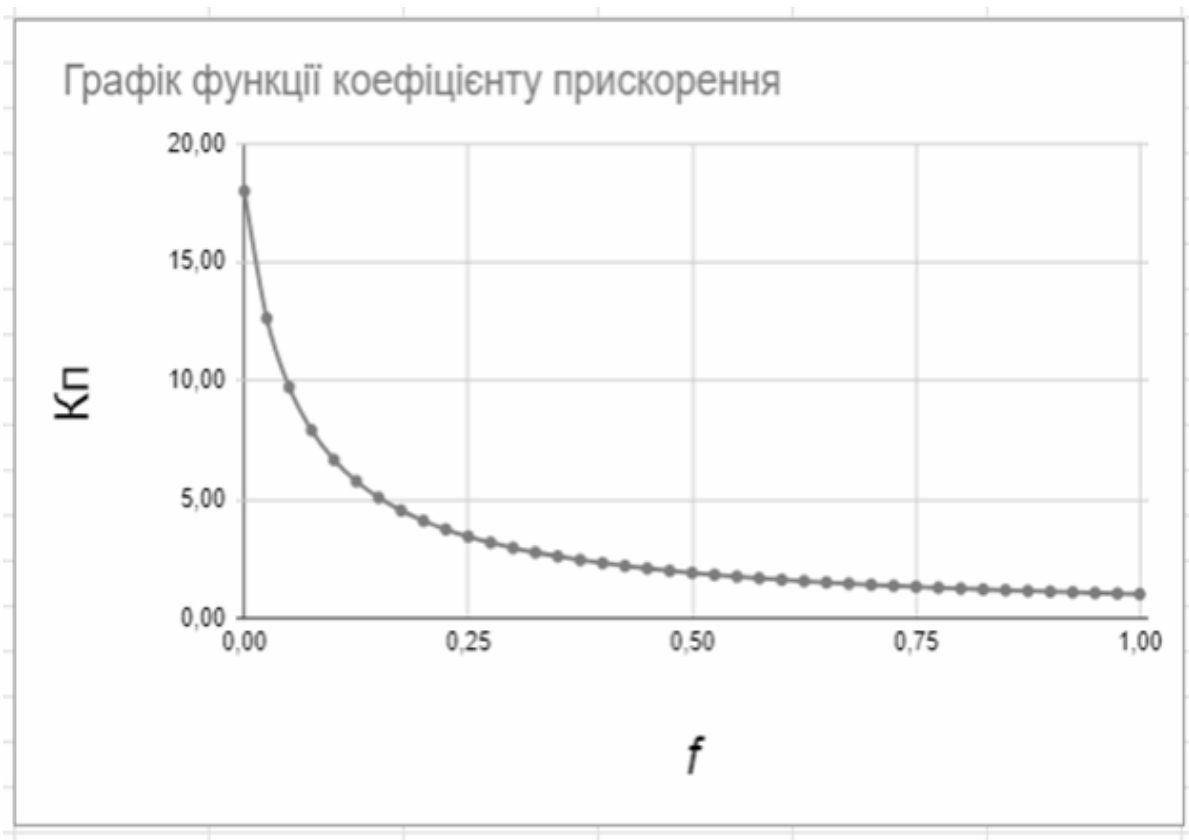


Рисунок 3.1 – Графік функції коефіцієнту прискорення

Крок	Кп
0	18,00
0,025	12,63
0,05	9,73
0,075	7,91
0,1	6,67
0,125	5,76
0,15	5,07
0,175	4,53
0,2	4,09
0,225	3,73
0,25	3,43
0,275	3,17
0,3	2,95
0,325	2,76
0,35	2,59
0,375	2,44
0,4	2,31
0,425	2,19
0,45	2,08
0,475	1,98
0,5	1,89
0,525	1,81
0,55	1,74
0,575	1,67
0,6	1,61
0,625	1,55
0,65	1,49
0,675	1,44
0,7	1,40
0,725	1,35
0,75	1,31
0,775	1,27
0,8	1,23
0,825	1,20
0,85	1,17
0,875	1,13
0,9	1,10
0,925	1,08
0,95	1,05
0,975	1,02
1	1,00

Рисунок 3.2 – Результати розрахунку коефіцієнту прискорення від f

З графіку видно, що зі збільшенням f значення K_p зменшуються, починаючи з 18 за f , що дорівнює 0, та зменшуються в міру збільшення f , що може вказувати на обернену залежність між ними.

3.2 Розрахунок надійності та продуктивності обчислювальної системи

Розрахуємо функцію $r(t)$ надійності одного обчислювача:

$$r(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.2)$$

Розрахуємо функцію надійності для ЕОМ в різних значеннях t , і занесемо дані до таблиці (3.1):

Таблиця 3.1

Значення функції надійності ЕОМ $r(t)$ аргументу t

t, год	R(t)
60	0,86
120	0,74
180	0,64
240	0,55
300	0,47
360	0,41
420	0,35
480	0,30
540	0,26
600	0,22
660	0,19
720	0,17
780	0,14
840	0,12
900	0,11
960	0,09
1020	0,08
1080	0,07
1140	0,06
1200	0,05

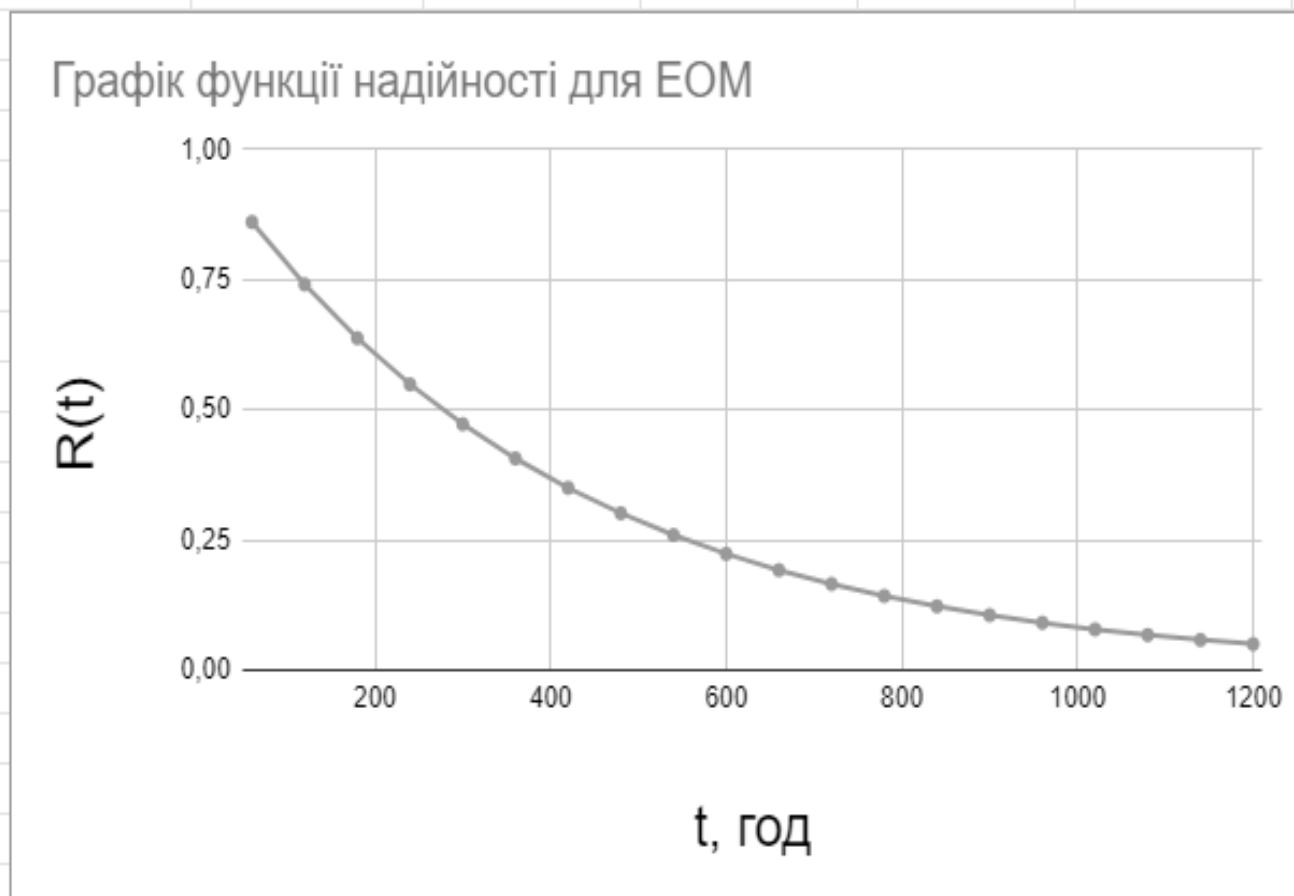


Рисунок 3.3 – Графік функції надійності для ЕОМ

Середній час безвідмовної роботи однієї ЕМ:

$$\theta = \frac{1}{\lambda} \tag{3.3}$$

Згідно завданню, $\lambda = 0,0025$ (год⁻¹). Розрахуємо середній час безвідмовної роботи однієї ЕМ:

$$\theta = \frac{1}{0,0025} = 400 \text{ (годин)}$$

Для розрахунку формули (5.1), треба розрахувати $t_{\text{кінцеве}}$:

$$t_{\text{кінцеве}} = 3 * \theta = 3 * 400 = 1200$$

Розрахуємо функцію надійності комп'ютерної системи по формулі:

$$R(t) = e^{-\lambda * t} \tag{3.4}$$

де Λ – інтенсивність потоку відмов комп'ютерної системи. Λ знаходиться по формулі:

$$\Lambda = N * \lambda \quad (3.5)$$

Розрахуємо інтенсивність потоку відмов комп'ютерної системи:

$$\Lambda = 18 * 0,0025 = 0,045 \text{ (годин}^{-1}\text{)}$$

Розрахуємо функцію надійності КС в різних значеннях t , і занесем дані до таблиці (5.2):

Таблиця 3.2

Значення функції надійності КС $R(t)$ з аргументу t

t	R(t)
0	1,00
3,35	0,86
6,7	0,74
10,05	0,64
13,4	0,55
16,75	0,47
20,1	0,40
23,45	0,35
26,8	0,30
30,15	0,26
33,5	0,22
36,85	0,19
40,2	0,16
43,55	0,14
46,9	0,12
50,25	0,10
53,6	0,09
56,95	0,08
60,3	0,07
63,65	0,06
67	0,05

Графік функції надійності КС

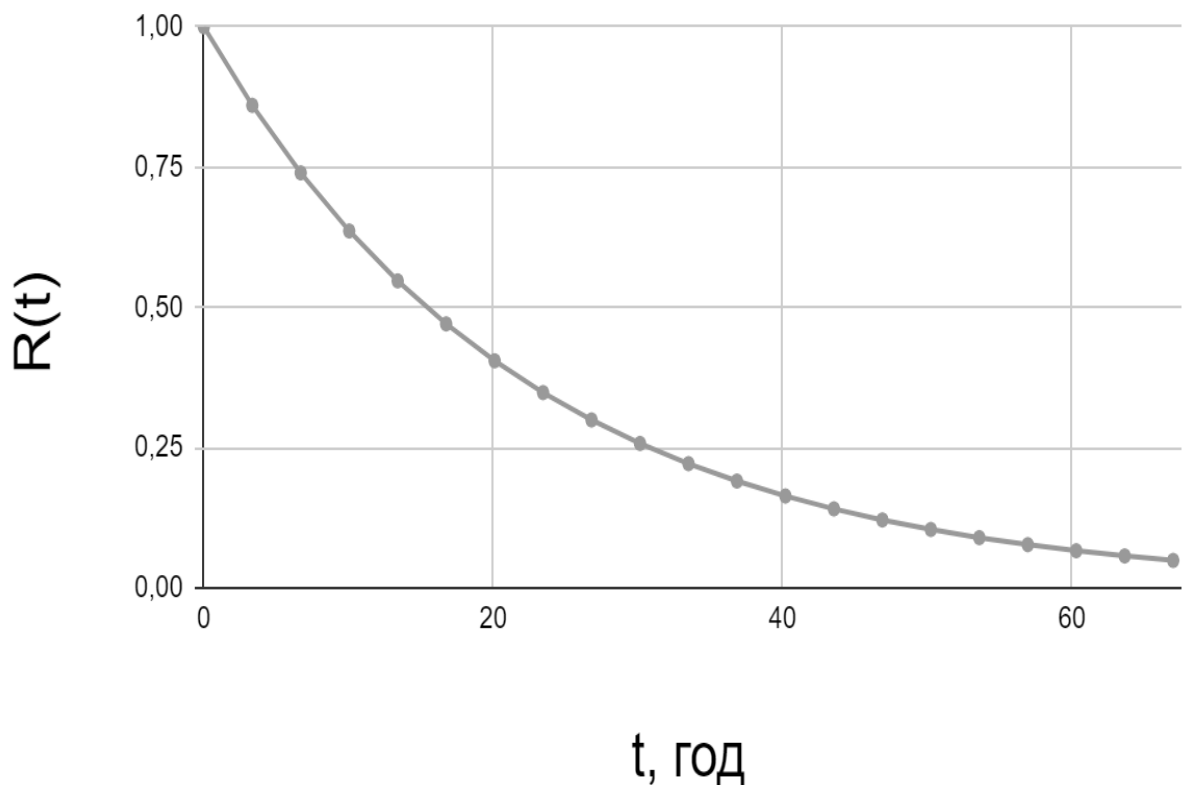


Рисунок 3.4 – Графік функції надійності КС

Функція відновлення

Функція відновлення показує ймовірність того, що комп'ютер буде відновлений в певний момент часу.

Є показником ремонтпридатності.

Функція відновлення ЕОМ визначається по формулі:

$$u(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad (3.6)$$

де μ – інтенсивність відновлення, t – час відновлення.

Згідно завданню, $\mu = 1,904$ (годин⁻¹). Знайдемо $t_{\text{відн.}}$:

$$t_{\text{відн.}} = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{1,904} = 0,53 \text{ (годин)}, \quad (3.7)$$

Розрахуємо параметри функції відновлення:

$$t_{\text{кінцеве}} = 3 * t_{\text{відн.}} = 3 * 0,53 \approx 1,6 \text{ (годин)}. \quad (3.8)$$

Розрахуємо функцію відновлення ЕОМ в різних значеннях t , і занесемо дані до таблиці (3.3):

Таблиця 3.3

Значення функції відновлення ЕОМ

t	u(t)
0	0,00
0,08	0,14
0,16	0,26
0,24	0,37
0,32	0,46
0,4	0,53
0,48	0,60
0,56	0,66
0,64	0,70
0,72	0,75
0,8	0,78
0,88	0,81
0,96	0,84
1,04	0,86
1,12	0,88
1,2	0,90
1,28	0,91
1,36	0,92
1,44	0,94
1,52	0,94
1,6	0,95

Середній час безвідмовної роботи комп'ютерної системи знаходиться по формулі:

$$\theta = 1/\lambda = 1/0,045 = 22,3 \text{ (годин)} \quad (3.9)$$

Для того, щоб розрахувати $R(t)$, треба розрахувати $t_{\text{кінцева}}$:

$$t_{\text{кінцеве}} = 3 * \theta = 3 * 22,3 \approx 67 \text{ (годин)}$$

Графік функції відновлення однієї ЕОМ

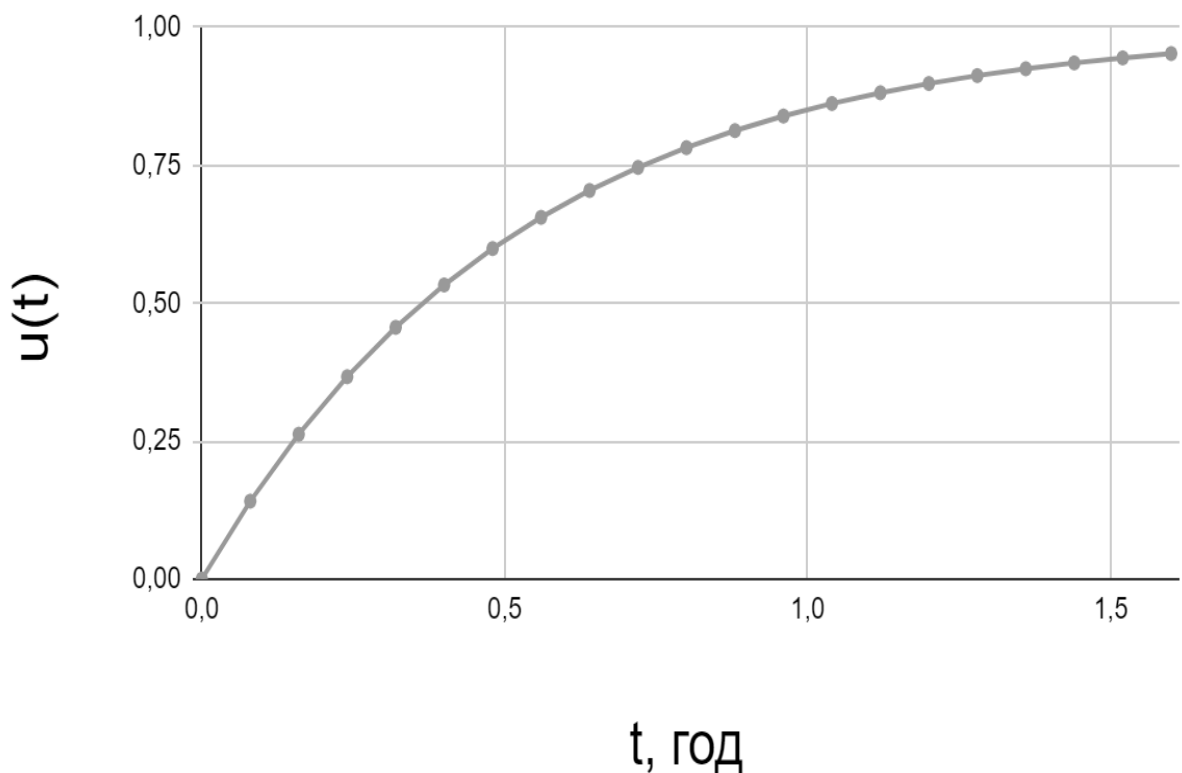


Рисунок 3.5 – Графік функції відновлення однієї ЕОМ

Розрахуємо функцію відновлення КС.

Функція відновлення КС визначається по формулі:

$$U(t) = 1 - e^{-m\mu t}, \quad (3.10)$$

де m – кількість пристроїв, що відновлюють (у тому числі віртуальних).

З умови варіанту маємо $m = 3$.

Розрахуємо $t_{\text{кінцеве}}$ по формулі:

$$t_{\text{кінцеве}} = \frac{3}{(m*\mu)} = \frac{3}{3*1,904} = 0,53 \text{ (годин)} \quad (3.11)$$

Розрахуємо функцію відновлення КС в різних значеннях t .

Занесемо дані до таблиці (3.4):

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення функції відновлення КС

t	U(t)
0	0,00
0,0265	0,14
0,053	0,26
0,0795	0,36
0,106	0,45
0,1325	0,53
0,159	0,60
0,1855	0,65
0,212	0,70
0,2385	0,74
0,265	0,78
0,2915	0,81
0,318	0,84
0,3445	0,86
0,371	0,88
0,3975	0,90
0,424	0,91
0,4505	0,92
0,477	0,93
0,5035	0,94
0,53	0,95

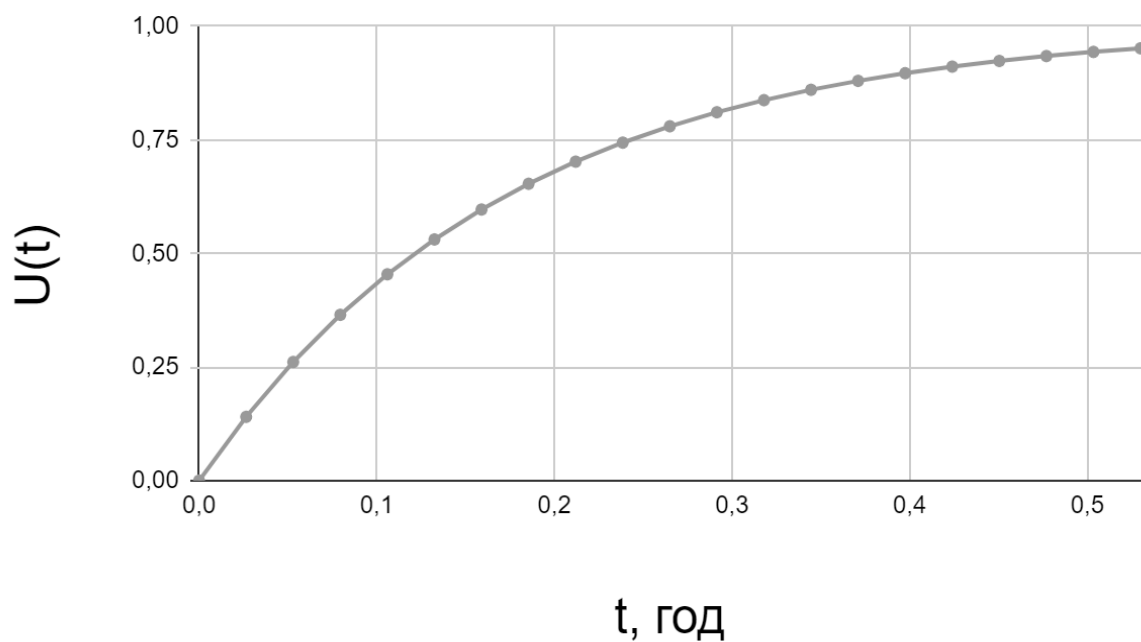


Рисунок 3.6 – Графік функції відновлення КС

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.1.442-03.4.16

Арк.

58

Коефіцієнт готовності

Коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що обчислювач, або комп'ютерна система готові до вирішення задач улюбий момент часу.

Розрахуємо коефіцієнт готовності ЕОМ.

$$S = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{1,904}{0,0025 + 1,904} = 0,999 \quad (3.12)$$

Розрахуємо коефіцієнт готовності КС.

$$S = \frac{m \cdot \mu}{N \cdot \lambda + m \cdot \mu} = \frac{3 \cdot 1,904}{18 \cdot 0,0025 + 3 \cdot 1,904} = 0,992 \quad (3.13)$$

Продуктивність КС

Щоб розрахувати максимальну продуктивність КС, треба скористатися формулою:

$$\Omega_{\max} = \Pi_{\max} \cdot N, \quad (3.14)$$

$$\Omega_{\max} = 4,3 \text{ Тфлопс} \cdot 18 = 77,4 \text{ ТФлопс}$$

Для того, щоб розрахувати середню продуктивність, треба скористатися формулою:

$$\Omega_{\text{сер}} = \Pi_{\max} \cdot N \cdot S \quad (3.15)$$

$$\Omega_{\text{сер}} = 4,3 \text{ Тфлопс} \cdot 18 \cdot 0,992 = 76,8 \text{ ТФлопс}$$

Для оцінки реальної продуктивності КС треба скористатися формулою:

$$\Omega_{\text{реал}} = \Pi_{\max} \cdot K_{\text{п}} \cdot S, \quad (3.16)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт прискорення, який дорівнює 12,63 при $f=0,025$.

Зробимо підстановку у формулу (3.16) та розрахуємо:

$$\Omega_{\text{реал}} = 4,3 \text{ Тфлопс} \cdot 12,63 \cdot 0,992 = 53,9 \text{ ТФлопс}$$

Результати розрахунків продуктивності та коефіцієнтів готовності занесемо в таблицю 3.5.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний результат розрахунків

s	S	Ω_{\max} , ТФлопс	$\Omega_{\text{сер}}$, ТФлопс	$\Omega_{\text{реал}}$, ТФлопс
0,999	0,992	77,4	76,8	53,9

3.3 Експрес-аналіз функціонування обчислювальних систем**Математичне очікування числа працюючих ЕМ у системі**

Стационарний режим; N – середнє число працюючих ЕМ у системі при тривалій її експлуатації. Розрахунок виконувати по формулі:

$$\bar{N} = \begin{cases} N^*\mu/(\lambda^*\mu), & \text{якщо } N^*\lambda \leq m^*\mu \\ m^*\mu & \text{в протилежному випадку} \end{cases} \quad (3.17)$$

У нашому випадку, $N^*\lambda = 0,045$, а $m^*\mu = 5,712$, умова $N^*\lambda \leq m^*\mu$ виконується, тому розрахуємо математичне очікування числа у стаціонарному режимі по першій формулі:

$$N = \frac{18 * 1,904}{0,0025 + 1,904} = 17,98 \approx 18$$

Перехідний режим; $N(i, t)$ – середнє число працюючих ЕМ у момент $t \geq 0$ у системі, що почала функціонувати в стані i , $0 \leq i \leq N$. Розрахунок здійснювати по формулі:

$$\bar{N}_{(i,t)} = \begin{cases} \frac{N^*\mu}{\lambda+\mu} + \frac{i^*\lambda - (N-i)^*\mu}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t}, & (N-m) \leq i \leq N, \text{ якщо } N^*\lambda \leq m^*\mu; \\ \frac{m^*\mu}{\lambda} + \frac{i^*\lambda - m^*\mu}{\lambda} e^{-\lambda t}, & 0 \leq i < (N-m), \text{ якщо } N^*\lambda > m^*\mu. \end{cases} \quad (3.18)$$

де $\bar{N}_{(i,t)}$ – це число працюючих ЕМ тривалій експлуатації.

$$N(i, t) = \frac{N\mu}{\lambda + \mu} + \frac{i\lambda - (N - i)\mu}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

Для розрахунку візьмемо $i=18$. Так як у нашому випадку , то розрахуємо функцію перехідного режиму в різних значеннях t , і занесем дані до таблиці (3.6):

Таблиця 3.6

Значення математичного очікування числа в перехідному режимі

t	N(i,t)
0	18,000
0,075	18,004
0,15	18,008
0,225	18,013
0,3	18,018
0,375	18,025
0,45	18,032
0,525	18,040
0,6	18,050
0,675	18,062
0,75	18,075

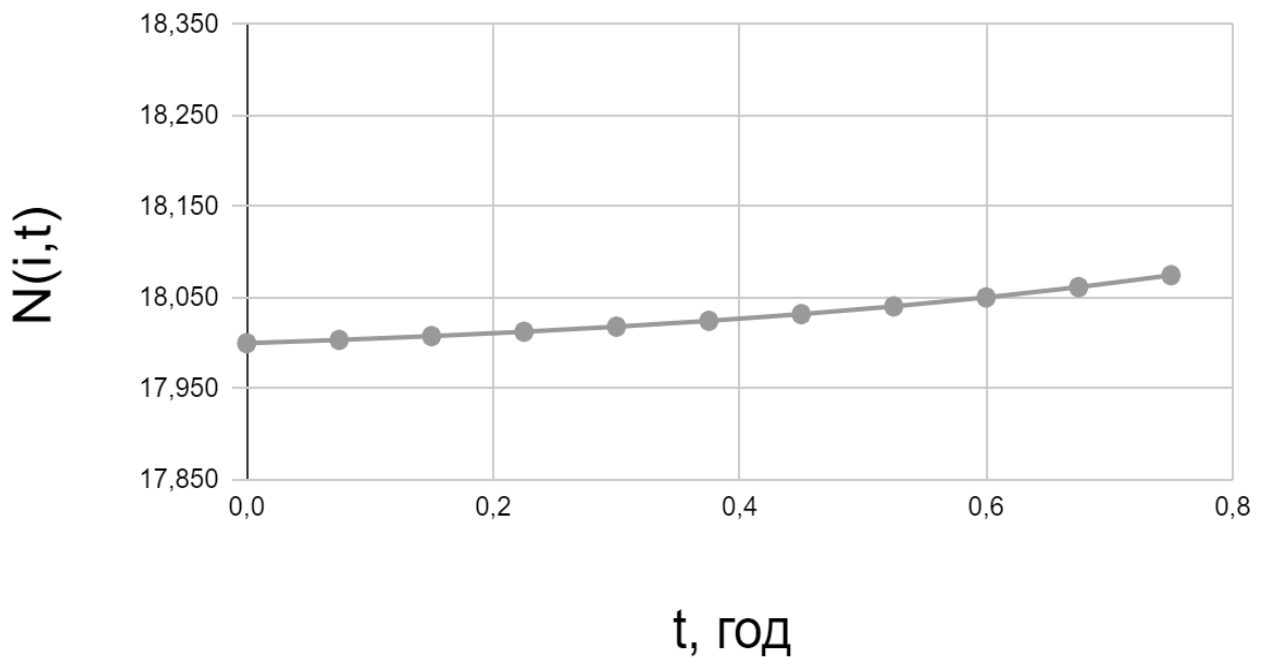


Рисунок 3.7 – Графік математичного очікування числа в перехідному режимі

Функція здійснення рішення завдання на живучій комп'ютерній системі

Стационарний режим; $F(t)$ – ймовірність того, що на КС, що перебуває в тривалій експлуатації, буде вирішена за час $t \geq 0$ завдання, представлене паралельною програмою, що адаптується, тобто програмою, що використовує в будь-який момент часу всі працездатні ЕМ. Розрахунок робиться по формулі:

$$F(t) = 1 - e^{\begin{cases} -\beta * N * \mu * t / (\lambda + \mu), & \text{якщо } N * \lambda \leq m * \mu; \\ -\beta * m * \mu * t & \text{в протилежному випадку} \end{cases}} \quad (3.19)$$

Згідно з завданням, $\beta = 10$ (годин⁻¹). Виконаємо розрахунок по формулі (3.19) змінюючи значення t , і занесемо дані до таблиці (3.7):

Таблиця 3.7

Результати залежності $F(t)$

t , год	0,002	0,004	0,006	0,008	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02
$F(t)$	0,3	0,51	0,66	0,76	0,83	0,88	0,92	0,94	0,96	0,97

Графік функції $F(t)$

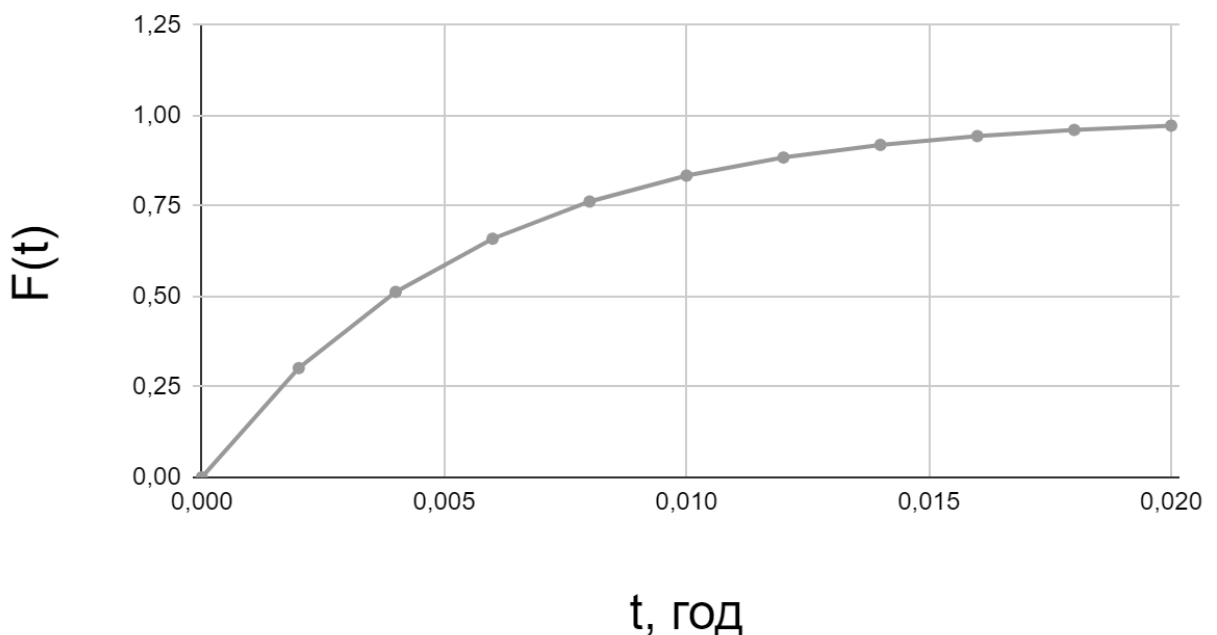


Рисунок 3.8 – Графік функції $F(t)$

Перехідний режим $F(i,t)$ – ймовірність того, що на КС, що почала функціонувати в стані i , $0 \leq i \leq N$, буде за час $t \geq 0$ вирішене завдання, представлене у вигляді паралельної програми, що адаптується.

Розрахунок виконується по формулі:

$$F(i,t) = 1 - e^{-\beta \left\{ \begin{array}{l} \frac{N * \mu}{\lambda * \mu} t + \frac{i * \lambda - (N - i) * \mu}{(\lambda + \mu)^2} [1 - e^{-(\lambda + \mu) * t}] \right\}}, (N - m) \leq i \leq N, \text{ якщо } N * \lambda \leq m * \mu; \\ \frac{m * \mu}{\lambda} * t + \frac{i * \lambda - m * \mu}{\lambda^2} (1 - e^{-\lambda * t}) \right\}}, 0 \leq i < (N - m), \text{ якщо } N * \lambda > m * \mu. \end{array} \right. \quad (3.20)$$

Виконаємо розрахунок змінюючи значення t і занесемо дані в таблицю 3.8:

Таблиця 3.8

Результати залежності $F(i,t)$

t	$F(i,t)$
0,002	0,302
0,004	0,513
0,006	0,660
0,008	0,763
0,01	0,834
0,012	0,884
0,014	0,919
0,016	0,944
0,018	0,961
0,02	0,973
0,022	0,981
0,024	0,987
0,026	0,991
0,028	0,993
0,03	0,995
0,032	0,997
0,034	0,998
0,036	0,998
0,038	0,999
0,04	0,999

Графік функції $F(i,t)$

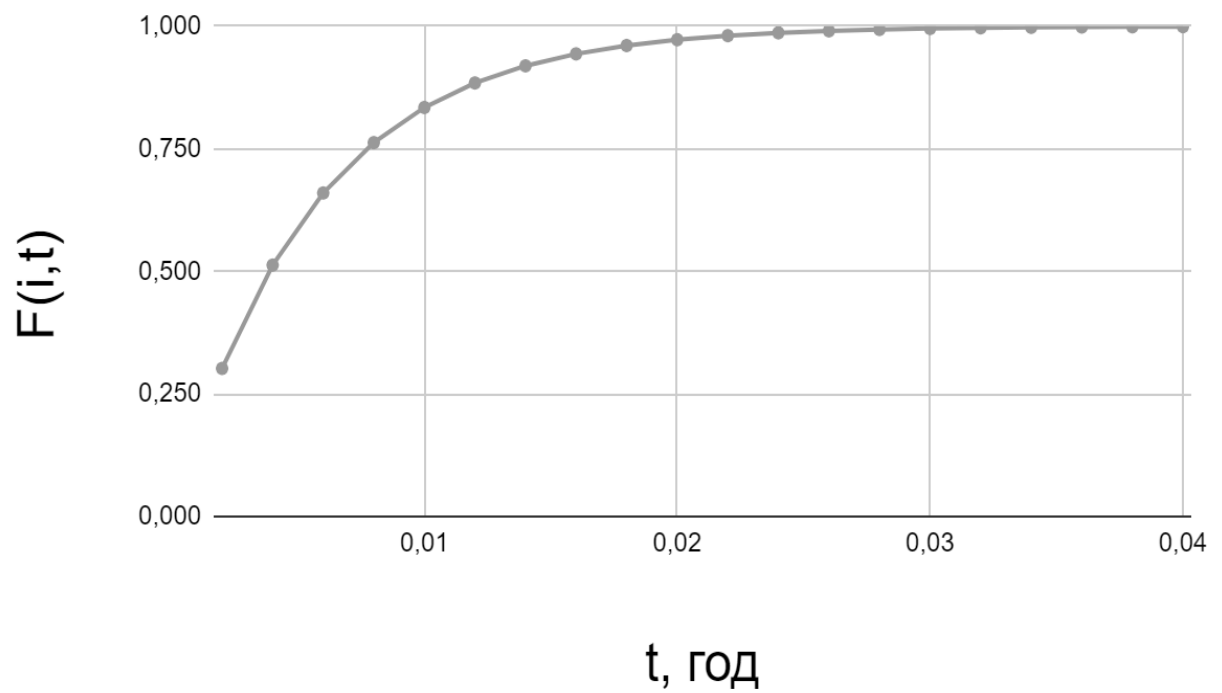


Рисунок 3.9 – Графік функції $F(i,t)$

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Організаційне обґрунтування проекту

Класифікаційна оцінка проекту:

- клас - монопроект;
- тип - змішаний;
- тривалість - учбово-освітній;
- тривалість - короткостроковий (5 місяців);
- складність - складний;
- рівень - галузевий;
- розмір - середній.

Визначення мети і результатів проекту.

Мета проекту - розробка конвеєрної комп'ютерної системи (КС).

Результат - готовий до експлуатації об'єкт, компонент технічної документації, інструкція з експлуатації. В даному проекті буде представлений наступний склад робіт:

Технічне завдання на створення комп'ютерної мережі.

Термін виконання 12-14 днів.

Розробка ескізного проекту. Термін виконання 23-26 днів.

Розробка технічного проекту. Термін виконання 38-40 днів.

Розробка робочого проекту. Термін виконання 30-33 днів.

Упровадження проекту. Термін виконання 14-20 днів.

Побудова структури, визначеної на життєвий цикл проекту:

1. Технічне завдання на створення:

1.1.Зазначення вимог і стандартних компонентів КС з редагованим інтерфейсом.

1.2.Огляд літератури і сучасного стану питання.

1.3.Постановка задачі.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1.4. Характеристика комплексу задачі.
- 1.5. Формалізована постановка задачі.
- 1.6. Вихідна інформація.
- 1.7. Вхідна інформація.

Таблиця 4.1

Життєвий цикл проекту

№ роботи	Найменування робіт	Дні
1-2	Збір даних і аналіз існуючого положення	15
2-3	Встановлення потреби в результатах	14
2-4	Затвердження концепції	3
3-5	Встановлення ділових контактів і вивчення мети, мотивів і вимог замовника і власника	21
4-5	Розвиток концепцій, планування наочної області і інших елементів проекту	8
5-6	Розробка зведеного плану	7
5-7	Організація виконання робіт	12
6-8	Детальне проектування і технічні специфікації	8
7-8	Інформаційний контроль за виконанням робіт	20
8-9	Керівництво і координація робіт, регулювання основ-	26
9-10	Підтвердження закінчення робіт	3
9-11	Організація виконання робіт	18
10-12	Підготовка документів і здача об'єкту замовнику	7
11-12	Підготовка кадрів для експлуатації системи	4
12-13	Оцінка результатів проекту і підведення підсумків	3
13-14	Підготовка підсумкових документів і закриття проекту	5

2. Життєвий цикл проекту:
 - 2.1. Фаза концепції.
 - 2.2. Збір даних і аналіз потреби в результатах положення.
 - 2.3. Встановлення потреби в результатах.

Склад робіт по життєвому циклу проекту

№ попередньої	№ фактичної	Зміст роботи	Тривалість	Виконавці
1	2	Збір даних і аналіз існуючого	1.01-16.01	Постановник
2	3	Встановлення потреби в ре-	16.01-02.02	Постановник
2	4	Затвердження концепцій	16.01-19.01	Розробник
3	5	Встановлення ділових контактів і вивчення мети, мотивів і	02.02-23.02	Постановник задачі
4	5	Розвиток концепцій, планування наочної області і	19.01-27.01	Розробник ПО
5	6	Розробка зведеного плану	23.02-28.02	Постановник задачі
5	7	Організація виконання робіт	23.02-04.03	Розробник
6	8	Детальне проектування і технічні специфікації	28.01-07.02	Постановник задачі
7	8	Інформаційний контроль за виконанням робіт	04.03-24.03	Розробник ПО
8	9	Керівництво і координація робіт, регулювання основних	24.03-20.04	Розробник ПО
9	10	Підтвердження закінчення	20.04-23.04	Постановник
9	11	Організація виконання робіт	20.04-07.05	Постановник
10	12	Підготовка документів і здача	23.04-30.05	Постановник
11	12	Підготовка кадрів для експ-	07.05-11.05	Розробник ПО
12	13	Оцінка результатів проекту	11.05-14.05	Постановник
13	14	Підготовка підсумкових документів закриття проекту	14.05-09.05	Постанові к задачі розробник

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2.4. Затвердження концепцій.
- 2.5. Фаза розробки.
- 2.6. Встановлення довільних контактів і вивчення мети, мотивів і вимог замовника і власника.
- 2.7. Розвиток концепцій, планування наочної області і інших елементів проекту.
- 2.8. Розробка зведеного плану.
- 2.9. Фаза реалізації.
- 2.10. Організація виконання робіт, регулювання основних показників проекту.
- 2.11. Підтвердження закінчення робіт, регулювання основних показників проекту.
- 2.12. Підтвердження закінчення робіт.
- 2.13. Фаза завершення.
- 2.14. Організація виконання робіт.
- 2.15. Підготовка кадрів для експлуатації системи.
- 2.16. Підготовка документів і здача об'єкту замовнику.
- 2.17. Оцінка результатів проектування і підведення підсумків.
- 2.18. Підготовка підсумкових документів і закриття проекту.

По складу робіт складемо мережевий графік

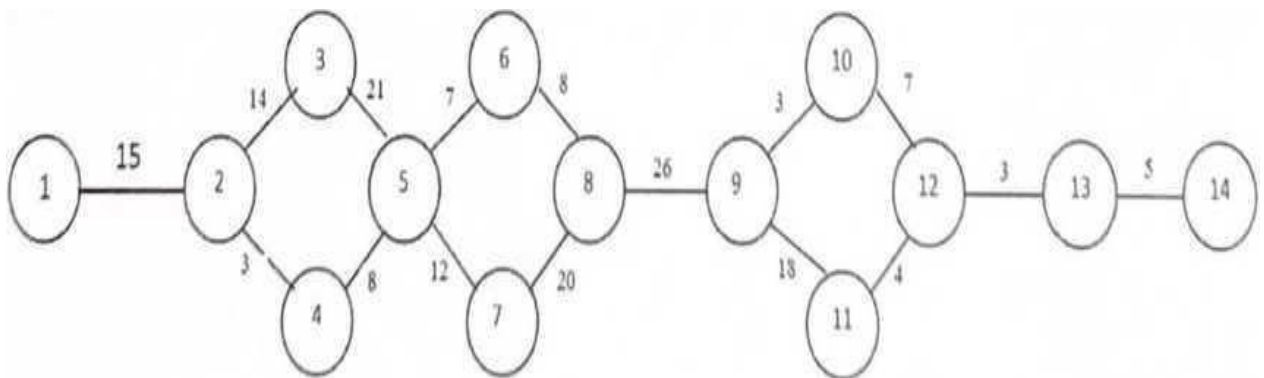


Рисунок 4.1 - Мережевий графік проекту

Розрахунок параметрів мережевого графіка

Попередня робота	Фактична робота	t_{ij}	$T_{рн}$	$T_{ро}$	$T_{пн}$	$T_{пo}$	R_c	R_n	R_j
1	2	15	0	15	0	15	0	0	0
2	3	14	15	29	15	29	0	0	0
2	4	3	15	18	39	42	24	24	24
3	5	21	29	50	29	50	0	0	0
4	5	8	18	26	4	50	24	24	24
5	6	7	50	57	67	74	17	17	17
5	7	12	50	62	50	62	0	0	0
6	8	8	57	65	74	82	17	17	17
7	8	20	62	82	62	82	0	0	0
8	9	26	82	108	82	108	0	0	0
9	10	3	108	111	1120	123	12	12	12
9	11	18	108	126	108	126	0	0	0
10	12	7	111	118	123	130	12	12	12
11	12	4	126	130	126	130	0	0	0
12	11	3	130	133	130	133	0	0	0
13	14	5	133	138	133	138	0	0	0

Розрахунок параметрів мережевого графіка:

- тривалість робіт, t_{ij} ;
- ранній початок робіт, $T_{рн}$;
- раннє закінчення робіт, $T_{ро}$;
- пізній початок робіт, $T_{пн}$;
- пізнє закінчення робіт, $T_{пo}$;
- вільний резерв часу роботи, R_c
- повний резерв часу роботи, R_c ,
- резерв часу роботи, R_j .

Календарний план

Стадії	Стадія	Зміст роботи	Виконавці		Календарні дні														
			Категорія	Кількість															
1	Технічні завдання	Постановка задачі,	Розробник	14															
2	Ескізний проект	Розробка загального опису	Розробник	23															
3	Технічний проект	Розробка алгоритмів розв'язання	Розробник	34															
4	Робочий проект	Програмування	Розробник	41															
5	Вторгнення	Підготовка документа	Розробник	19															

Під зовнішнім середовищем організації розуміються всі умови і чинники, виникаючі в зовнішньому середовищі, незалежно від діяльності конкретної фірми але надаючи дію на її функціонування і тому вимагаючи ухвалення управлінських рішень. Під зовнішніми чинниками мається на увазі.

Закони і державні органи : організації повинні дотримуватись законів і вимог державного регулювання. Ці органи забезпечують примусове виконання законів у відповідних сферах своєї компетенції, а так само вводять власні вимоги, часто також мають силу закону. Кожний вид діяльності регулюється певними органами.

Стан економіки: стан економіки впливає на вартість всіх ресурсів, що вводяться, і здатність споживачів купувати певні товари і послуги.

Внутрішнє навколишнє середовище проекту.

Внутрішнє середовище проекту – та частина загального середовища проектованої організації, яка знаходиться в її межах. Вона надає постійну і

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найбезпосереднішу дію на функціонування організації. Внутрішнє середовище має декілька зрізів, стан яких в сукупності визначає той потенціал і ті можливості, які має свій в розпорядженні організація. Аналіз внутрішнього середовища організації звичайно проводиться для порівняння положення компанії з положенням найближчих конкурентів (для оцінки конкурентної стратегічної позиції організації). До чинників внутрішнього середовища проекту можна віднести:

1. Керівництво проекту.
2. Склад управлінського проекту.

В умовах даного проекту склад учасників буде наступним:

1. Ініціатор (автор ідеї проекту).
2. Замовник (майбутній власник).
3. Керівник проекту, менеджер проектів.
4. Команда проекту (програміст).
5. Споживач (проект створюється в тісній співпраці з побажаннями споживача).



Рисунок 4.2 – Організаційна структура проекту

Структура організації управління. Діяльність компанії здійснюється розрізненими функціональними підрозділами, тобто робота виконується спочатку у вузькоспеціалізованому підрозділі, потім перекидається в

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

наступний функціональний підрозділ. В даному випадку структура організації управління

- лінійно-централізована. Дана структура вибрана у зв'язку учасників розробки проекту і простої організації проекту.

4.2 Маркетингове обґрунтування проекту. Оцінка збуту і конкуренції

Ринок збуту – Україна. Потенційні споживачі - підприємці, що працюють у сфері інформаційних технологій, зайняті проектуванням і управлінням КС, а також органи місцевого керування.

Зараз на ринку існує безліч проектів, пов'язаних з проектуванням КС, проте вони здебільшого орієнтовані на фахівців. Наш проект є унікальним у своєму роді, оскільки він розроблений з урахуванням потреб та можливостей спеціально ненавченого користувача. Це робить його доступним і зрозумілим для більш широкої аудиторії.

Враховуючи постійний розвиток ІТ-сфери в Україні, потреба в новітніх та доступних рішеннях для проектування та управління КС зростає. Це надає великий потенціал для нашого проекту, оскільки він орієнтований не лише на фахівців, а й на спеціально ненавчених користувачів, що робить його доступним для ширшої аудиторії.

Основні сегменти ринку включають:

1. Малі та середні підприємства (МСП): Вони часто не мають великих ресурсів для найму висококваліфікованих ІТ-спеціалістів, тому наш проект, який легко освоюється, є ідеальним рішенням.
2. Органи місцевого керування: Ці організації часто потребують ефективних і недорогих рішень для управління інформаційними системами, щоб підвищити ефективність своєї роботи.
3. Освітні установи: Університети, коледжі та школи можуть використовувати наш проект для навчання студентів основам проектування і управління КС.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конкурентні переваги

Наш проект має кілька конкурентних переваг, які відрізняють його від інших рішень на ринку:

1. Ціноутворення, засноване на витратах: Використовуючи стратегію, засновану на витратах, розробник проекту, тобто дипломник, встановлює ціну, визначивши витрати на розробку проекту і потім додає бажану суму доходу. Це дозволяє забезпечити конкурентоспроможну ціну, яка враховує реальні витрати і потреби ринку.
2. Зручний інтерфейс: Інтерфейс проекту розроблений таким чином, щоб його могли використовувати як фахівці, так і спеціально ненавчені користувачі. Це робить проект доступним для більш широкої аудиторії, включаючи підприємства, які не можуть дозволити собі найм висококваліфікованих спеціалістів.
3. Адаптивність: Проект легко адаптується під конкретні потреби користувачів, що дозволяє налаштувати його відповідно до специфічних вимог кожного клієнта. Це важлива перевага, яка робить наш проект привабливим для різних типів бізнесу.
4. Постійне оновлення та вдосконалення: Наш проект підтримує постійне оновлення та вдосконалення системи, що забезпечує його актуальність і відповідність сучасним технологічним вимогам. Це гарантує нашим клієнтам стабільність і надійність у використанні продукту.

Стратегія маркетингу

Для ефективного просування проекту буде розроблена комплексна маркетингова кампанія, яка включатиме такі елементи:

1. Реклама в засобах масової інформації та Інтернеті: Це дозволить охопити широку аудиторію та донести інформацію про наш продукт до

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потенційних клієнтів. Використання інтернет-реклами, включаючи контекстну рекламу та соціальні мережі, забезпечить максимальне охоплення цільової аудиторії.

2. Участь у спеціалізованих виставках та конференціях: Це не лише можливість презентувати наш проект, але й шанс встановити прямі контакти з потенційними клієнтами та партнерами. Участь у таких заходах підвищить обізнаність про наш продукт і дозволить отримати зворотній зв'язок від користувачів.

3. Активна присутність у соціальних мережах та на блог-платформах: Це дозволить нам взаємодіяти з нашою цільовою аудиторією, отримувати зворотній зв'язок та оперативно реагувати на запити клієнтів. Ми плануємо створювати цікавий та корисний контент, який приверне увагу потенційних клієнтів і допоможе формувати позитивний імідж проекту.

4. Організація вебінарів та онлайн-курсів: Це допоможе ознайомити потенційних користувачів з нашим продуктом, показати його переваги та навчити ефективному використанню. Вебінари та онлайн-курси будуть спрямовані на різні рівні користувачів, включаючи новачків і досвідчених фахівців.

Основними джерелами економії для організацій, що використовують даний проект, є підвищення технологічного рівня якості і результатів роботи системи, збільшення обсягів і скорочення термінів переробки інформації, зменшення чисельності персоналу, зниження трудомісткості робіт. Ці переваги роблять наш проект привабливим для різних типів бізнесу, зокрема для малого та середнього бізнесу.

Додаткові конкурентні переваги

Додаткові конкурентні переваги включають зручний інтерфейс, який дозволяє швидко освоїти систему без необхідності спеціального навчання, а також можливість адаптації проекту під конкретні потреби користувачів. Це

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

робить проект привабливим для малого та середнього бізнесу, який часто не має можливості вкласти значні кошти у навчання персоналу або складні технічні рішення.

Окрім того, наш проект підтримує постійне оновлення та вдосконалення системи, що забезпечує його актуальність і відповідність сучасним технологічним вимогам. Це гарантує нашим клієнтам стабільність і надійність у використанні продукту. Щоб забезпечити ефективну реалізацію даного проекту, планується використовувати комплексний підхід, що включає різні канали розповсюдження інформації про продукт. Зокрема, будуть задіяні соціальні мережі, блог-платформи, вебінари та онлайн-курси, що дозволить максимально розширити аудиторію і залучити нових користувачів.

Також важливим аспектом є надання якісної технічної підтримки і консалтингових послуг. Це допоможе клієнтам швидко вирішувати будь-які питання, що виникають у процесі використання системи, і підвищить їх задоволеність від співпраці з нами. Забезпечення високого рівня підтримки користувачів є ключовим фактором у досягненні успіху на ринку.

Перспективи розвитку проекту

Перспективи розвитку нашого проекту включають планування подальшого вдосконалення продукту, адаптацію його до нових ринкових вимог та розширення функціональності. Це дозволить забезпечити його конкурентоспроможність на довгострокову перспективу. Планується також розробка нових модулів та інструментів, що задовольнять зростаючі потреби наших клієнтів.

Важливою складовою успіху є також налагодження партнерських відносин з іншими компаніями у сфері ІТ та суміжних галузях. Співпраця з іншими підприємствами дозволить не лише розширити мережу збуту, але й сприяти обміну досвідом та інноваціями, що в свою чергу підвищить якість нашого продукту.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Економічні розрахунки проекту

Визначення кошторисної собівартості і ціни проекту (П).

Ціна проекту враховує його кошторисну собівартість і нормативний прибуток, значить:

$$Ц = К*С+Пр,$$

де С - витрати на розробку (кошторисна собівартість),

Пр - нормативний прибуток, що розраховується по формулі:

$$Пр=(С-См)*Ря/100,$$

де P_n - норматив рентабельності 25%;

См - матеріальні витрати, грн/вир.

Матеріальні витрати на проектування в цілому склали 640 грн.

Спеціальне устаткування.

Витрати, зв'язані з використанням обчислювальної техніки, визначаються по формулі:

$$С_{ЭВМ} = * K^{EOM} * Ц^{EOM} * K^{EOM}$$

Де t^{EOM} – час викристання ЕОМ для розробки ПП, 62ч,

$K_{\text{и}}^{EOM}$ – поправочний коефіцієнт обліку часу використання ЕОМ

$Ц^{EOM}$ – ціна і-того часу роботи,

$K_{\text{с п}}^{EOM}$ – коефіцієнт обліку ступеня використання СУБД,

$K_{\text{с}}^{EOM}$ – коефіцієнт обліку швидкодії ЕОМ (1,0 – швидкодія ЕОМ більш $20*10^3$ опер/с.)

$$С_{ЭВМ} = t^{EOM} * K_{\text{и}}^{EOM} * Ц^{EOM} * K_{\text{с п}}^{EOM} * K_{\text{с}}^{EOM} = 62*1*5*1.1*1=341 \text{ грн.}$$

Основна заробітня плата двох виконавців, безпосередньо зайнятих розробкою даного проекту, з урахуванням їх посадового окладу, відповідно 6500 і 10800 гривень, а також часу участі в розробці. Розрахунок ведеться по формулі:

$$С_{30} = \sum 3j/A * t_i \quad (4.4)$$

де $3j$ — середньомісячний оклад і-того виконавця з урахуванням ступеня

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

його участі в проекті (для керівника ступень участі - 0,1, для розробника - 1,0), грн.;

A - середня кількість робочих днів в місяці , 22 дні;

t_j - трудомісткість робіт, виконаних і-тим виконавцем чол.-дні (визначається з календарного плану-графіка).

$$C_{30} = \frac{\sum z_i}{A} = 6500/22 * 138 + 10800 * 0,1/22 * 30 = 40773 + 1473 = 42246 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітня плата:

У цій статті враховуються всі виплати безпосереднім виконавцем за час (встановлене законодавством), що не пропрацював на виробництві, зокрема: оплата чергових відпусток, компенсація за невикористану відпустку, оплата пільгового годинника підліткам і ін.

Розрахунок ведеться по формулі:

$$C_{3д} = C_{30} * V_{д},$$

Де $V_{д}$ – коефіцієнт відрахувань на заробітну плату, $V_{д} = 0,1$.

$$C_{3д} = C_{30} * V_{д}, = 42246 * 0,1 = 4225 \text{ грн.}$$

У цій статті враховуються відрахування до бюджету соціального страхування (єдиний соціальний внесок) за встановленим законодавством тарифом від суми основної та додаткової заробітної плати, тобто:

$$C_{cc} = V_{н} * C_{30}$$

Де $V_{н}$ – коефіцієнт відрахувань на соціальне страхування (22%)

$$C_{cc} = V_{н} * C_{30} = 0,22 * (42246 + 4225) = 10224 \text{ грн.}$$

Накладні витрати:

У цій статті враховуються витрати на загальногосподарські, невиробничі витрати і витрати на управління. Накладні витрати визначаються в процентному відношенні до основної заробітної плати, тобто:

$$C_{н} = V_{н} * C_{30} = 42246 * 0,5 = 21123 \text{ грн}$$

Де $V_{н}$ – коефіцієнт накладних витрат ($V_{н} = 0,5$).

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок кошторисної вартості і ціни проекту

Найменування статті(показник)	Кошторисна собівартість, грн
Матеріали	640
Спеціальне устаткування	341
Основна заробітна плата	42246
Додаткова заробітна плата	4225
Єдиний соціальний внесок	10224
Накладні витрати	21123
Разом кошторисна вартість	78799
Нормативний прибуток	19540
Ціна проекту	98339

Нормативний прибуток проекту $(78799-640)*0,25=19540$ грн.

Ціна проекту = $C+Pr=78799+19540=98339$ грн.

Розрахунок капітальних витрат.

Розрахунок капітальних витрат, пов'язаних з упродовженням КС здійснюються з урахуванням ціни проекту КС матеріальних витрат, вартості устаткування, а також витрат на монтаж-налаштувальні роботи по КС. Кошторис витрат на створення КС складає разом 542220 грн. (з урахуванням монтаж-налагоджувальних робіт по КС).

Ціна проекту таким чином, капітальні витрати по створенню КС:
 $K2=98339+542220=640559$ грн

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Шкідливі речовини і фактори.

До небезпечних і шкідливих виробничих факторів в робочому приміщенні відносять:

- значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може статися через тіло людини;
- електромагнітні випромінювання.

В обчислювальному центрі основним шкідливим фактором, який впливає на здоров'я людини, є змінне електромагнітне поле. Джерелами інтенсивного змінного електромагнітного поля є монітори електронно-обчислювальних машин.

У більшості моніторів магнітні поля ззаду і з боків значно сильніші, ніж перед екраном. Так, напруженість магнітного поля поблизу трансформатора рядкової розгортки монітора складає приблизно 70,5 А/м, напруженість поля частотою 50 Гц на відстані 30 см від екрана близька до 15 А/м, а на відстані 50 см - 8 А/м.

Біологічний вплив електромагнітних полів є оборотним, якщо припинити вплив, але воно здатне також накопичуватися в організмі.

До шкідливих виробничих чинників в робочому приміщенні відносять перевищення норми:

- рівня шуму на робочому місці і вібрації;
- температури поверхні обладнання;
- статичної електрики;
- електромагнітних випромінювань;
- створення пожежонебезпечної ситуації;
- запиленості повітря робочої зони;
- значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може статися через тіло людини;

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- яскравості світла,
- відсутність або недостатність природного світла;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена або знижена вологість;
- недостатня освітленість робочої зони;
- знижена контрастність.

Персонал піддається також і впливу шкідливих психофізіологічних виробничих чинників, які в свою чергу поділяються за характером дії на:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження.

Фізичні та нервово-психічні перевантаження включають в себе:

- розумове перенапруження;
- монотонність праці;
- емоційні перевантаження.

Постійний вплив на людину шкідливого фактора зазвичай призводить до професійних захворювань. Результатом нещасного випадку є травма.

В обчислювальному центрі основним шкідливим фактором, який впливає на здоров'я людини, є змінне електромагнітне поле. Джерелами інтенсивного змінного електромагнітного поля є монітори з променевою трубкою електронно-обчислювальних машин.

У моніторів з променевою трубкою змінні поля з частотою 50 Гц здійснюють 50 коливань у секунду і в цьому поле аналогічні коливання здійснюють будь-які магнітні частинки. А це означає, що молекули будь-яких магнетиків будуть здійснювати коливання з тією ж частотою. Отже, ритмічність коливань тканин людського організму буде збігатися з періодично повторюваними імпульсами поля. Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на користувача ЕОМ залежить від тривалості опромінення, характеру та режиму випромінення, індивідуальних особливостей організму. Тривала дія електромагнітних полів низьких частот викликає функціональні порушення серцево-судинної та центральної нервової систем людини, деякі

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зміни у складі крові. При інтенсивному тривалому характері випромінювання можуть виникнути злоякісні пухлини, катаракта очей.

Приміщення для експлуатації, ремонту і обслуговування ЕОМ відносяться до категорії виробництва В.

Електробезпека обладнання.

Всі приміщення діляться за ступенем небезпеки ураження електричним струмом на 3 класи:

- 1) приміщення без підвищеної небезпеки – це сухі, безпильні приміщення з нормальною температурою повітря і з ізолюючими (наприклад, дерев'яними) підлогами;
- 2) приміщення з підвищеною небезпекою;
- 3) приміщення особливо небезпечні.

Приміщення, де розташовані ПК, відносяться до приміщень без підвищеної небезпеки.

ПЕОМ належать до електроустановок напругою до 1000 В.

Лінія електромережі для живлення ЕОМ виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладки базового нульового робочого та нульового захисного проводів. Нульовий захисний провід використовується тільки для занулення електроприймача. Використання нульового робочого проводу як нульового захисного забороняється. Площа поперечного перерізу нульового робочого та нульового захисного проводів повинна бути не менше площі перерізу фазного проводу.

У приміщенні, де використовується понад 5 ЕОМ, на видному місці повинен бути розташований груповий вимикач, який повністю вимикає живлення, за винятком освітлення.

Штепсельні з'єднувачі та розетки повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного дроту.

Не допускається підключення ЕОМ до звичайної двопровідної мережі, в тому числі з використанням перехідних пристроїв.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Не допускається експлуатація кабелів і проводів з пошкодженою ізоляцією, присуванням саморобних подовжувачів, нестандартного обладнання для обігріву приміщення.

Мета захисного заземлення – створити надійний електричний контакт між металевими нетоковедучими частинами електроустановок і землею. Заземленню підлягають корпуси електричних машин і механізмів, апаратів, світильників; корпуси машин, що приводяться в рух електродвигуном. Заземлювачі можуть бути природними і штучними.

Заземлювальний пристрій в установках розраховують так, щоб система заземлення мала опір менше 4 Ом. У цехових установках перевірка заземлення проводиться не рідше, ніж 1 раз на рік.

Пожежна профілактика.

Причиною пожеж в електроустановках є прояв теплової і іскрової дії електричного струму, що відбувся в умовах, сприятливих для загоряння. За статистикою 45% пожеж відбувається через коротке замикання, 35% – від електронагрівальних приладів, 13% – від перевантаження мереж та 5% – від великих перехідних опорів.

Перевантаження мереж відбувається в результаті проходження по них напруги, що перевищує номінальну. Це може статися у разі паралельного підключення великої кількості споживачів, а також через збільшення механічного навантаження на електродвигуни, що призводить до руйнування, плавлення і згоряння ізоляції, спричиняє короткі замикання.

Короткі замикання відбуваються у тому випадку, коли точки різних фаз мережі з'єднуються через малий опір, унаслідок чого миттєво збільшується струм і відбувається виділення великої кількості тепла. Основні причини коротких замикань: пошкодження ізоляції проводів, попадання на них струмопровідних предметів, впливу на мережі агресивних середовищ, пилу низької і високої відносної вологості. Заходи захисту: дотримання нормальних режимів експлуатації, своєчасне проведення ремонтних робіт, застосування плавких запобіжників та автоматів.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перехідний опір виникає в місці поганого контакту струмоведучих частин обладнання і призводить до збільшення струму. Заходи попередження: зачистка контактів, збільшення площі дотику, використання гвинтових, болтових і пресованих з'єднань.

Застосування автоматичних засобів виявлення пожеж є однією з основних умов забезпечення пожежної безпеки. Пожежні сповіщувачі перетворюють неелектричні фізичні величини (випромінювання теплової та світлової енергії, рух часток диму) в електричні, які у вигляді сигналу певної форми направляються по дротах на приймальну станцію.

Пожежні сповіщувачі діляться на прилади ручної дії, призначені для видачі дискретного сигналу при натисканні відповідної пускової кнопки, і автоматичної дії для видачі дискретного сигналу при досягненні заданого значення фізичного параметра (температури, спектру світлового випромінювання, диму).

Принцип дії теплових сповіщувачів полягає у зміні електропровідності тіл, контактної різниці потенціалів, феромагнітних властивостей матеріалів, зміні лінійних розмірів твердих тіл, фізичних параметрів рідин, газів.

Димові сповіщувачі поділяються на фотоелектричні, які працюють на принципі розсіювання частинками диму теплового випромінювання, і іонізаційні, які використовують ефект ослаблення іонізації повітряного міжелектродного проміжку димом.

Виробниче освітлення.

При освітленні виробничих приміщень використовують природне, штучне і суміщене освітлення. Штучне освітлення здійснюється електричними лампами. Суміщене освітлення застосовується у світлий час доби при недостатньому природному освітленні і представляє собою комбінацію природного та штучного освітлення. У виробничих, адміністративних і громадських приміщеннях у випадках переважної роботи з документами допускається застосування системи комбінованого освітлення (до загального

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення додатково встановлюються місцеві світильники, призначені для освітлення зони розташування документу).

Правильно спроектоване і виконане висвітлення в робочому приміщенні повинно забезпечувати можливість нормальної виробничої діяльності. Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, котрий визначається наступними трьома параметрами:

- 1) об'єкт розрізнення – найменший розмір розглянутого предмета;
- 2) фон – поверхня, прилегла безпосередньо до об'єкта розрізнення;
- 3) контраст об'єкта з тілом – характеризується співвідношенням яскравостей об'єкта, що розглядається.

При роботі за дисплеєм освітленість визначається мінімальним об'єктом розрізнення - шириною лінії рукописного чи друкованого тексту, який читає програміст із листа. Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документу повинна бути 300-500 лк. Місцеве освітлення не повинно створювати відблисків на поверхні екрану.

Як джерела світла при штучному освітленні повинні застосовуватися переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. При влаштуванні відбитого освітлення у виробничих, адміністративних і громадських приміщеннях допускається застосування металогалогенних ламп потужністю до 250 Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення.

Вентиляція і кондиціонування.

Один з головних чинників впливу зовнішнього середовища – мікрокліматичні умови. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони нормуються за ГОСТ 12.1.005-88.

Людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем. Для сприятливих умов праці температура у виробничих приміщеннях і на робочому місці повинна відповідати умовам комфорту.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При напруженій роботі, інтенсивному тепловому випромінюванні можливий перегрів організму, який характеризується підвищенням температури тіла, великим потовиділенням, частішанням пульсу і підвищенням частоти дихання, різкою слабкістю, запамороченням, а у важких випадках появою судом або теплового удару.

Ще один чинник – вологість повітря, має великий вплив на терморегуляцію організму. Оптимальна величина відносної вологості складає (30÷60)%.

Відповідно до санітарних норм усі виробничі приміщення повинні вентилюватися. Необхідна кількість повітря при цьому може бути визначено особистими методами в залежності від призначення приміщення і виду шкідливих виділень.

Загальнотехнічні вимоги безпеки.

1. До роботи з персональними ЕОМ і пристроями підготовки і виведення даних допускаються особи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки на робочому місці, ознайомлені з інструкцією з експлуатації відповідної машини;

2. Приміщення, в яких встановлені персональні електронно-обчислювальні машини (ПЕОМ), повинні мати окремий контур занулення;

3. Площа приміщення на одне робоче місце – 6 м², а об'єм – не менше 20 м³;

4. Приміщення повинно мати вуглекислотні вогнегасники ОУ.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У результаті виконаного проекту реалізоване наступне.

1. Доведено актуальність розв'язуваної проблеми.
2. Сформульовано мету роботи й завдання, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.
3. Проаналізовано можливі методи рішення поставлених завдань, визначені їхні достоїнства й недоліки.
4. Сформульовано загальний підхід до реалізації системи, виділені її складові частини.
5. Обрано обладнання для реалізації комп'ютерної системи.
6. Обрано структуру комп'ютерної системи.
7. Зроблено розрахунок надійності та продуктивності спроектованої системи.

Розроблена комп'ютерна система може бути використана в для рішення інженерних, наукових, технічних завдань.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кравчук С.О., Шонін В.О. Основи комп'ютерної техніки: Компоненти, системи, мережі: Навч. посіб. для вузів. - К: Політехніка, 2005. – 344 с.
2. Рибалов Б.О. Проектування сучасних комп'ютерів. Посібник до виконання курсового проекту з дисципліни «Архітектура комп'ютерів». ОНАХТ, 2018. – 55 с.
3. Гуржій А. М., Коряк С. Ф., Самсонов В. В., Склярів О. Я. Архітектура комп'ютерів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, 2005.
4. Марченко А.Г., Смикодуб Т.Г. Електронно-обчислювальні машини та мікропроцесорні системи: Навч. посібник. – Миколаїв: НУК, 2007. – 176 с.
5. Э.Таненбаум. Архитектура компьютера. 5-е изд., 2007. - 844 с.
6. Поворознюк А.И. Архитектура компьютеров. Архитектура микропроцессорного ядра и системных устройств: Учебное пособие. ч.1: Торнадо, 2004. - 355 с.
7. Поворознюк А.И. Архитектура компьютеров. Архитектура внешней памяти, видеосистемы и внешних интерфейсов: Учебное пособие. ч.2: Торнадо, 2004. - 296 с.
8. Королев Л.Н. Архитектура электронных вычислительных машин: Научный мир, 2005. – 272 с.
9. Хорошевский В.Г. Архитектура вычислительных систем, 2008.
10. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
11. Басюркіна Н.Й., Свистун Т.В. Методичні вказівки до оцінки науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій. Для студентів всіх спеціальностей СВО «бакалавр» і «магістр». Одеса: ОНТУ, 2023 р., 18 с.
12. Інтернет енциклопедія «Вікіпедія» [Електронний ресурс] – www.uk.wikipedia.org

					КРБ.КІ.1.442-03.4.16	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А – КОПІЇ СЛАЙДІВ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ, ПРОГРАМУВАННЯ ТА КІБЕРЗАХИСТУ

Кафедра комп'ютерної інженерії

«Проектування обчислювальної системи з SMP архітектурою»

Виконав: студент 2 ск. курсу, групи KI-543

Шестернін Роман Олегович

Керівник: Сахарова С.В.

Метою роботи є підвищення швидкодії, збільшення надійності багатопроцесорної комп'ютерної системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати й вибрати встаткування обчислювальної системи;
- обґрунтувати й вибрати структуру обчислювальної системи;
- зробити розрахунок показників надійності та продуктивності системи.

Раніше виконувалися дипломні проекти по створенню обчислювальних систем. Відмінність моєї роботи від інших у тім, що в дипломному проекті буде обране нове, сучасне і більш надійне встаткування обчислювальної системи.

Результатом роботи буде служити проект комп'ютерної системи, що повною мірою вирішить поставлені завдання.

2

									Арк.
									88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

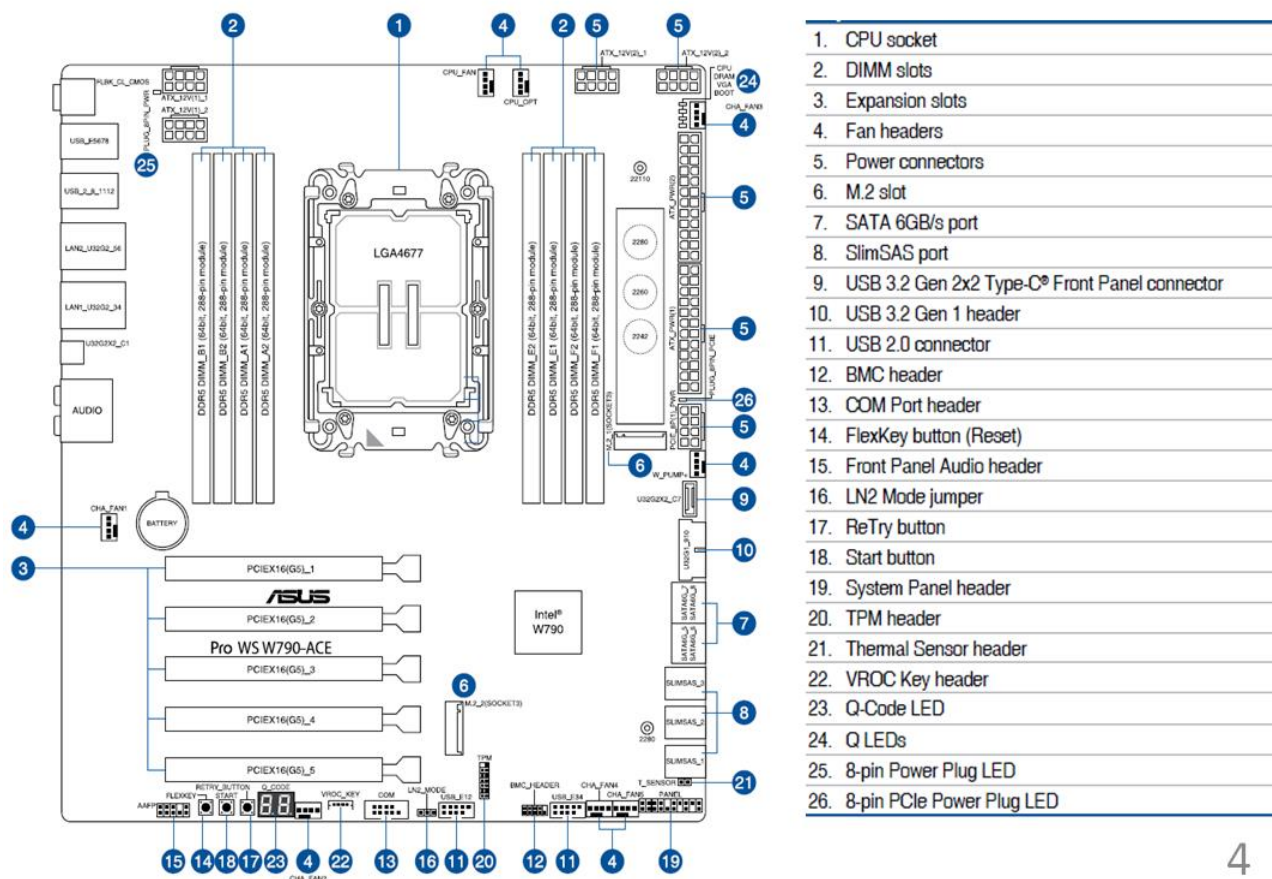
KPB.KI.0.442-03.4.6

Обладнання комп'ютерної системи:

- материнська плата Asus Pro WS W790-ACE;
- процесор Intel Xeon w9-3495X (56 ядер, 112 потоків), який працює на частоті 1,9 ГГц-4.8 ГГц;
- обсяг оперативної пам'яті 256 ГБ, а саме вісім модулів пам'яті Kingston FURY Beast DDR5 по 32 ГБ;
- відеокарта (для головного комп'ютера системи) ASUS TUF GeForce RTX 4070 Gaming OC, 12 ГБ;
- SSD накопичувач: Kingston 3D NAND M.2, об'єм 1 ТБ;
- блок живлення HP Flex Slot Platinum Hot Plug Low Halogen Power Supply K, потужність 1600 Вт;
- RAID масив 10 з 4-х жорстких дисків Western Digital Ultrastar DC HC330 10 TB 7200rpm;
- комутатор MikroTik Cloud Router Switch 312-4C+8XG-RM на 12 портів.

3

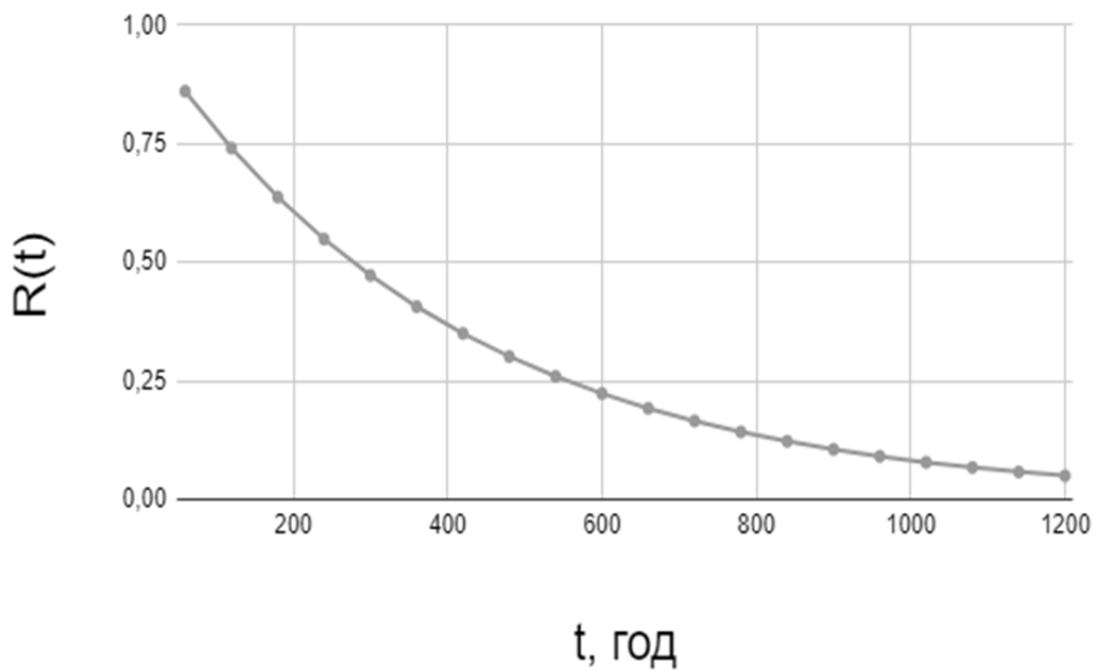
Структурна схема материнської плати



1. CPU socket
2. DIMM slots
3. Expansion slots
4. Fan headers
5. Power connectors
6. M.2 slot
7. SATA 6GB/s port
8. SlimSAS port
9. USB 3.2 Gen 2x2 Type-C® Front Panel connector
10. USB 3.2 Gen 1 header
11. USB 2.0 connector
12. BMC header
13. COM Port header
14. FlexKey button (Reset)
15. Front Panel Audio header
16. LN2 Mode jumper
17. ReTry button
18. Start button
19. System Panel header
20. TPM header
21. Thermal Sensor header
22. VROC Key header
23. Q-Code LED
24. Q LEDs
25. 8-pin Power Plug LED
26. 8-pin PCIe Power Plug LED

4

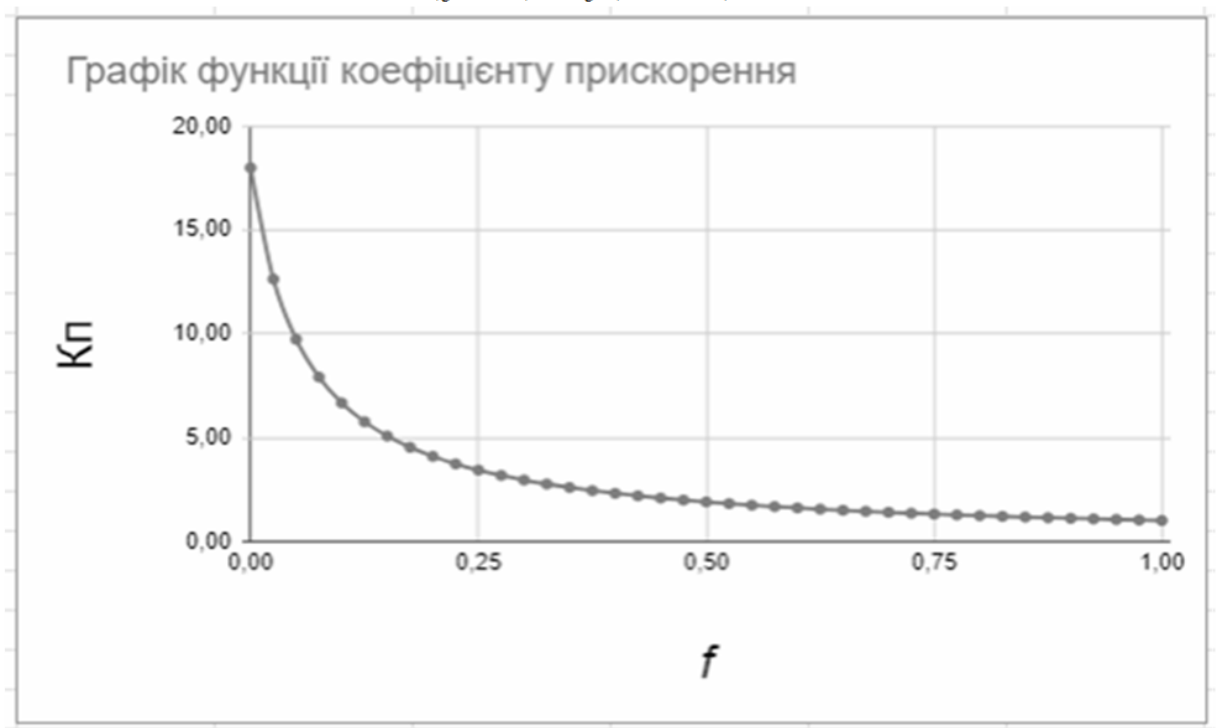
Графік функції надійності КС



7

Графік залежності коефіцієнту прискорення від долі коефіцієнту розпаралелювання

$$K_n = \frac{1}{(f + (1-f) \cdot N^{-1})}, N = 18$$



8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.КІ.0.442-03.4.6

Арк.

91

Розрахунок коефіцієнту готовності КС

Це ймовірність того, що комп'ютерна система готова до вирішення задач улюбий момент часу:

$$S = m \cdot \mu / (N \cdot \lambda + m \cdot \mu)$$

$$S = \frac{m \cdot \mu}{N \cdot \lambda + m \cdot \mu} = \frac{3 \cdot 1,904}{18 \cdot 0,0025 + 3 \cdot 1,904} = 0,992$$

Розрахунок продуктивності КС

Максимальна, середня та реальна продуктивності комп'ютерної системи розраховуються по формулах:

$$\Omega_{\max} = \Pi_{\max} * N,$$

$$\Omega_{\max} = 4,3 \text{ Тфлопс} * 18 = 77,4 \text{ ТФлопс}$$

$$\Omega_{\text{сер}} = \Pi_{\max} * N * S$$

$$\Omega_{\text{сер}} = 4,3 \text{ Тфлопс} * 18 * 0,992 = 76,8 \text{ ТФлопс}$$

Для оцінки реальної продуктивності КС:

$$\Omega_{\text{реал}} = \Pi_{\max} * K_{\Pi} * S,$$

де K_{Π} – коефіцієнт прискорення, який дорівнює 12,63 при $f=0,025$

$$\Omega_{\text{реал}} = 4,3 \text{ Тфлопс} * 12,63 * 0,992 = 53,9 \text{ ТФлопс}$$

10

									Арк.
									92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРБ.КІ.0.442-03.4.6

ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи реалізоване наступне:

1. Доведено актуальність розв'язуваної проблеми.
2. Сформульовано мету роботи й завдання, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.
3. Проаналізовано можливі методи рішення поставлених завдань, визначені їхні переваги та недоліки.
4. Сформульовано загальний підхід до реалізації системи, виділені її складові частини.
5. Обрано структуру та обладнання для реалізації КС.
6. Зроблено розрахунок надійності та продуктивності комп'ютерної системи.

11

Кошторисна вартість проекту

Найменування статті (показник)	Кошторисна собівартість, грн
Матеріали	640
Спеціальне устаткування	341
Основна заробітна плата	42246
Додаткова заробітна плата	4225
Єдиний соціальний внесок	10224
Накладні витрати	21123
Разом кошторисна вартість	78799
Нормативний прибуток	19540
Ціна проекту	98339

12

										Арк.
										93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ.КІ.0.442-03.4.6