

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Навчально-науковий інститут новітніх освітніх технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

Залюбовський Юрій Станіславович

**Програмний додаток підбору та оптимізації
параметрів персонального комп'ютера / Software
application for selection and optimization of personal
computer parameters**

спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

Випускна кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КІз-41
Залюбовський Юрій Станіславович

Науковий керівник
Ю.М. Батько

АНОТАЦІЯ

Залюбовський Ю.С. Програмний додаток підбору та оптимізації параметрів персонального комп'ютера. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія», освітньо-професійна програма. Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2025.

Робота написана обсягом 71 сторінка і містить 26 рисунків, 3 таблиці, 3 додатки та 26 джерел за переліком посилань. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмного додатку тестування та оптимізації апаратних складових персонального комп'ютера.

В кваліфікаційній роботі на основі аналізу існуючих алгоритмів тестування апаратних компонент архітектури комп'ютерів та визначені основних параметрів апаратних засобів було розроблено алгоритм тестування та оптимізації архітектури персональних комп'ютерів. Проведено тестові дослідження та моделювання архітектури програмного додатку, а також програмно реалізовано прикладний програмний додаток на мові програмування Java з використання цифрової бібліотеки JSystem, що підтвердило коректність обраної структури та запропонованого алгоритму.

Розроблений програмний продукт є ефективним засобом з простим інтерфейсом, що дозволяє вирішувати проблему тестування та оптимізації компонент архітектури персонального комп'ютера.

Ключові слова: АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРА, ТЕСТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМП'ЮТЕРА, ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК, АЛГОРИТМИ ТЕСТУВАННЯ.

ANNOTATION

Zalyubovsky Y.S. Software application for selecting and optimizing personal computer parameters. – Manuscript.

Qualification work for obtaining the degree of "bachelor" in specialty 123 "Computer Engineering", educational and professional program. Western Ukrainian National University, Ternopil, 2025.

The work is written in 71 pages and contains 26 figures, 3 tables, 3 appendices and 26 sources according to the list of references. The volume of graphic material is 2 sheets of A3 format.

The purpose of the qualification work is to develop a software application for testing and optimizing the hardware components of a personal computer.

In the qualification work, based on the analysis of existing algorithms for testing hardware components of computer architecture and determining the main parameters of hardware, an algorithm for testing and optimizing the architecture of personal computers was developed. Test studies and modeling of the software application architecture were conducted, and an application software application was implemented in the Java programming language using the JSystem digital library, which confirmed the correctness of the selected structure and the proposed algorithm.

The developed software product is an effective tool with a simple interface that allows solving the problem of testing and optimizing components of the personal computer architecture.

Keywords: COMPUTER ARCHITECTURE, TESTING OF COMPUTER PARAMETERS, OPTIMIZATION OF CHARACTERISTICS, TESTING ALGORITHMS.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	9
Вступ.....	10
1 Архітектура та класифікація сучасних комп'ютерів	12
1.1 Класифікація сучасних комп'ютерів.....	12
1.2 Архітектура сучасних комп'ютерів	17
1.3 Аналіз програмних засобів тестування комп'ютерів.....	22
1.4 Висновки до розділу та постановка завдань кваліфікаційної роботи..	24
2 Алгоритми тестування внутрішніх вузлів комп'ютера	25
2.1 Класифікація внутрішніх вузлів комп'ютера.....	25
2.2 Алгоритми тестування комп'ютерної техніки	32
2.3 Алгоритм підбору оптимальної конфігурації комп'ютера	36
3 Програмний додаток тестування та оптимізації параметрів персональних комп'ютерів	38
3.1 Внутрішня архітектура програмного додатку	38
3.2 Програмна реалізація додатку.....	44
3.3 Тестування програмного додатку	46
Висновки	49
Список використаних джерел	50
Додаток А Техніко-економічне обґрунтування розробки	53
Додаток Б Вихідний текст класу JsysteMMapping	66
Додаток В Світлокопія виданої публікації	68

					КР.КІ.10660751.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Залобовський Ю.С				ПРОГРАМНИЙ ДОДАТОК ПІДБОРУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА	Літ.	Арк.
Перевір.	Дубчак Л.О.						8
Консульт.	Савка Н.Я.					Акрушів	71
Н. Контр.						ЗУНУ, ННІОТ, КІЗ-41	
Затвердила							

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

BIOS	–	Basic Input/Output System
GPU	–	Graphics Processing Unit
RAM	–	Random Access Memory
SSD	–	Solid State Drive
FPS	–	Frames Per Second

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасному цифровому світі персональні комп'ютери залишаються ключовими інструментами в роботі, навчанні, наукових дослідженнях та повсякденному житті. Їхнє широке застосування охоплює як офісне програмне забезпечення, так і високопродуктивні обчислення, комп'ютерні ігри, графічний дизайн, обробку відео та інженерне моделювання. У зв'язку з цим зростає потреба в раціональному підборі конфігурації комп'ютера відповідно до конкретних завдань користувача. Невідповідність апаратного забезпечення потребам або навпаки – його надмірність – веде до неефективного використання ресурсів, зайвих витрат та зниження продуктивності.

Ускладнення ринку апаратного забезпечення, постійна поява нових моделей процесорів, відеокарт, оперативної пам'яті та інших компонентів створює серйозні виклики для кінцевого користувача. Навіть досвідчені користувачі можуть витрачати багато часу на вивчення технічних характеристик і сумісності компонентів. З іншого боку, недосвідченим користувачам часто доводиться покладатися на консультації третіх осіб або використовувати застарілі конфігурації, що не відповідають сучасним стандартам. Програмний додаток, здатний аналізувати потреби користувача та пропонувати оптимальну конфігурацію з урахуванням бюджету, типу задач і сумісності компонентів, може значно спростити цей процес.

Особливу важливість така розробка має для освітніх установ, де виникає необхідність підбору недорогих, але ефективних рішень для комп'ютерних класів, або для наукових лабораторій, які потребують обчислювальних ресурсів, що точно відповідають їхнім дослідницьким цілям. У галузі малого та середнього бізнесу оптимізація комп'ютерної інфраструктури також відіграє важливу роль у зменшенні витрат та підвищенні ефективності.

Крім функції підбору, такий додаток може забезпечити аналітичну складову щодо вже наявного обладнання, включаючи оцінку ефективності

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання ресурсів, виявлення «вузьких місць» у продуктивності та рекомендації щодо апгрейду. У результаті це сприяє подовженню життєвого циклу комп'ютерної техніки, що є важливим як з економічної, так і з екологічної точки зору. Технічна реалізація такого додатку може базуватись на використанні баз даних апаратного забезпечення, алгоритмів машинного навчання для персоналізації рекомендацій та динамічних моделей аналізу продуктивності. Інтеграція з онлайн-магазинами дозволить оновлювати ціни та наявність компонентів у реальному часі, що додасть системі практичної цінності.

Отже актуальною задачею є розроблення програмного додатку тестування, підбору та оптимізації параметрів персонального комп'ютера на основі бази правил.

Об'єкт дослідження – системи аналізу та тестування апаратних засобів. Предмет дослідження – алгоритми підбору оптимальних параметрів персональних комп'ютерів. Метою кваліфікаційної роботи є розроблення програмного додатку тестування, підбору та оптимізації параметрів персонального комп'ютера на основі бази правил. Для досягнення мети такі завдання:

- дослідити архітектуру та принципи роботи персональних комп'ютерів;
- провести огляд апаратних складових персонального комп'ютера;
- провести дослідження програмних додатків тестування параметрів роботи персональних комп'ютерів;
- проаналізувати алгоритми тестування апаратної складової персонального комп'ютера;
- розробити алгоритм тестування та оптимізації апаратних складових персонального комп'ютера;
- спроектувати, програмно реалізувати та провести тестування програмного додатку оптимізації підбору апаратних елементів персонального комп'ютера.

За результатами роботи опубліковано тези доповіді на II Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» [1]. Копію публікації наведено у додатку В.

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АРХІТЕКТУРА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРІВ

1.1 Класифікація сучасних комп'ютерів

Комп'ютери відіграють вирішальну роль у всіх аспектах сучасного життя, від особистого використання до промислових застосувань. Їх класифікація допомагає зрозуміти їхні можливості, обмеження та найкращі випадки використання.

Комп'ютер – це електронний пристрій, призначений для автоматизованої обробки, зберігання та передачі інформації шляхом виконання заздалегідь визначених програм. Він здатен приймати вхідні дані, здійснювати над ними логічні та арифметичні операції, а також формувати результати, які подаються користувачеві у зручному вигляді. Завдяки своїм функціональним можливостям комп'ютери відіграють ключову роль у багатьох сферах діяльності, зокрема в освіті, медицині, науці, промисловості та побуті. Система класифікації комп'ютерів включає три основні категорії (рисунок 1.1.):

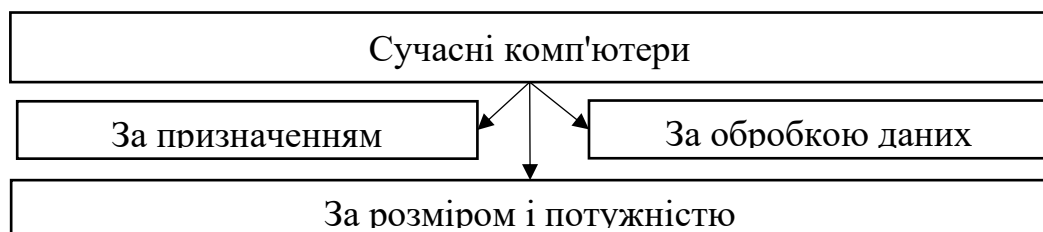


Рисунок 1.1 – Класифікація сучасних комп'ютерів

Систему класифікації комп'ютерів доцільно розглядати через призму їхнього функціонального призначення, технічних характеристик і способів обробки даних. Зокрема, з точки зору призначення, комп'ютери поділяються на універсальні та спеціалізовані. Універсальні комп'ютери розроблені для виконання широкого спектра завдань, у той час як спеціалізовані для вирішення конкретних, заздалегідь визначених функцій, наприклад, керування промисловим обладнанням або обробки сигналів у медичній апаратурі.

Інший підхід до класифікації базується на розмірі пристрою та його обчислювальній потужності. Такий підхід дозволяє розрізняти комп'ютери від високопродуктивних суперкомп'ютерів, призначених для складних наукових розрахунків, до компактних мобільних пристроїв, здатних виконувати повсякденні обчислювальні задачі в умовах обмеженого апаратного ресурсу.

Крім того, комп'ютери поділяють за способом обробки інформації. У цьому контексті виділяють аналогові, цифрові та гібридні системи. Аналогові комп'ютери працюють з безперервними фізичними величинами, цифрові з дискретними числовими значеннями, тоді як гібридні поєднують обидва підходи, забезпечуючи високу точність і гнучкість в обробці даних.

Зазначена класифікація дає змогу точно визначити тип комп'ютера, найбільш придатний для конкретного виду діяльності, враховуючи як технічні, так і функціональні потреби користувача (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація сучасних комп'ютерів

Тип класифікації	Клас	Приклади
Призначення	Загального призначення	Ноутбуки, десктопи, планшети
	Спеціального призначення	Банкомати, системи прогнозу погоди, МРТ сканери
Розмір і потужність	Суперкомп'ютери	Системи моделювання NASA
	Мейнфрейм комп'ютери	Банківські системи фінансових операцій
	Міні комп'ютери	Відомчі сервери
	мікрокомп'ютери	Ноутбуки, десктопи, смартфони
	Вбудовані комп'ютери	Розумні годинники, мікрохвильовки, пральні машини
Обробка даних	Аналогові комп'ютери	Старовинні термометри, спідометри
	Цифрові комп'ютери	Сучасні ноутбуки, смартфони
	Гібридні комп'ютери	Лікарняні монітори, передові системи прогнозування погоди

З огляду на функціональне призначення, комп'ютери поділяються на дві фундаментальні категорії системи загального призначення та спеціалізовані обчислювальні пристрої (рисунк 1.2).



Рисунок 1.2 – Класифікація комп'ютерів за призначенням

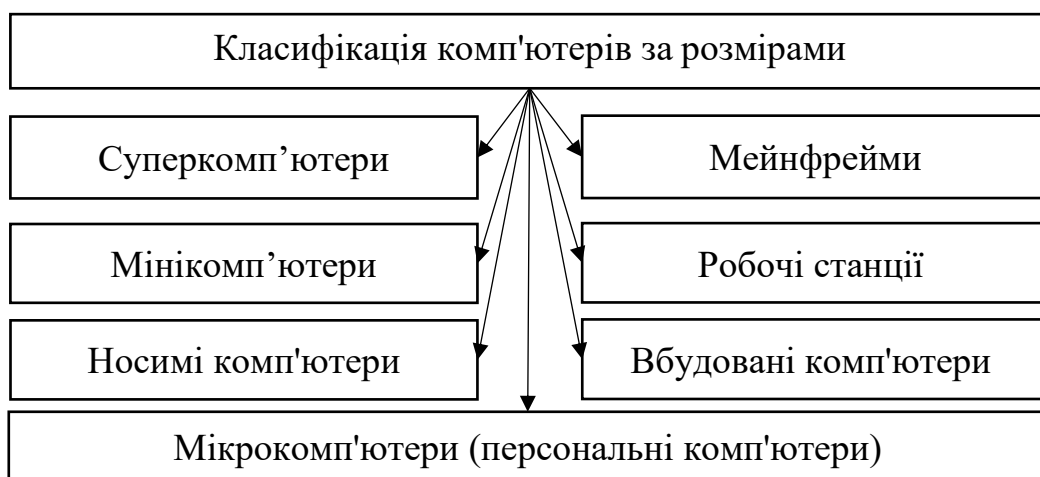
Такий поділ відображає рівень універсальності або спеціалізації апаратного й програмного забезпечення, що, у свою чергу, визначає сферу їх практичного застосування. Універсальні комп'ютери, або комп'ютери загального призначення, призначені для виконання широкого спектра обчислювальних операцій. Їх гнучкість дозволяє користувачеві адаптувати систему до різних задач, включно з обробкою текстів, переглядом вебресурсів, графічним редагуванням, програмуванням і мультимедійними розвагами. Вони підтримують багатозадачність і дають змогу працювати з численними програмами в межах однієї операційної системи, що робить їх ефективним інструментом як для індивідуального, так і для професійного використання.

Натомість комп'ютери спеціального призначення розробляються з урахуванням жорстко заданого набору функцій. Їхні технічні й програмні компоненти зазвичай оптимізовані для високої ефективності при виконанні певного завдання або в межах вузької галузі. Такі системи активно застосовуються в промисловості, наукових дослідженнях, авіації, телекомунікаціях, медицині та інших сферах, де критичною є точність, надійність і швидкодія. На відміну від універсальних комп'ютерів, спеціалізовані системи не потребують переналаштування для кожного нового завдання.

Вибір між цими двома типами обчислювальних систем пов'язаний із характером поставлених завдань. Якщо йдеться про широке коло змінюваних або

непередбачуваних задач, перевага надається комп'ютерам загального призначення. У випадках, коли необхідна висока продуктивність у межах повторюваних, стандартизованих або спеціалізованих процесів, доцільним є використання комп'ютерів спеціального призначення.

Комп'ютерні системи можна класифікувати за критерієм розміру та обчислювальної потужності, що дозволяє встановити відповідність між фізичними та функціональними характеристиками комп'ютера і його призначенням (рисуюнок 1.3).



Рисуюнок 1.3 – Класифікація комп'ютерів за розмірами

На верхньому щаблі цієї класифікації розміщуються суперкомп'ютери або високопродуктивні системи, здатні виконувати трильйони операцій за секунду. Вони використовуються у сферах, що вимагають колосальної обчислювальної потужності: моделюванні кліматичних процесів, квантовій фізиці, біоінформатиці, складних інженерних розрахунках. Суперкомп'ютери зазвичай обслуговують науково-дослідні установи, урядові організації та великі корпорації.

Мейнфрейми, які займають наступну позицію в ієрархії, хоча й поступаються суперкомп'ютерам за швидкістю, є надзвичайно надійними системами для обробки великих обсягів інформації в режимі багатокористувацького доступу. Вони використовуються у банківському

секторі, страхових компаніях та державному управлінні, де необхідна безперервна робота систем з високою пропускнуою здатністю.

До категорії мікрокомп'ютерів належать персональні комп'ютери (ПК), які є найпоширенішими обчислювальними пристроями. Вони призначені для індивідуального користування і виконують широкий спектр завдань, включаючи офісну роботу, навчання, розваги та програмування. Завдяки постійному вдосконаленню апаратного забезпечення, сучасні ПК здатні забезпечити доволі високий рівень продуктивності навіть для ресурсоємних програм.

Окремо виділяють робочі станції як потужні мікрокомп'ютери, розроблені для використання в інженерії, архітектурі, анімації, 3D-моделюванні та інших спеціалізованих професійних сферах, де потрібна підвищена обчислювальна здатність, висока роздільна здатність графіки та велика оперативна пам'ять.

Розгляд комп'ютерів через критерій розміру та продуктивності дає змогу глибше усвідомити, як різні типи обчислювальних пристроїв задовольняють специфічні потреби окремих користувачів, бізнесу та наукової спільноти. Такий підхід забезпечує раціональне використання ресурсів, знижує витрати й сприяє зростанню ефективності в інформаційно-обчислювальних процесах.

У науковій та прикладній інформатиці комп'ютери класифікують за способом обробки даних на аналогові, цифрові та гібридні. Кожен із цих типів має унікальні характеристики, які визначають його застосування в певних галузях людської діяльності (риунок 1.4).

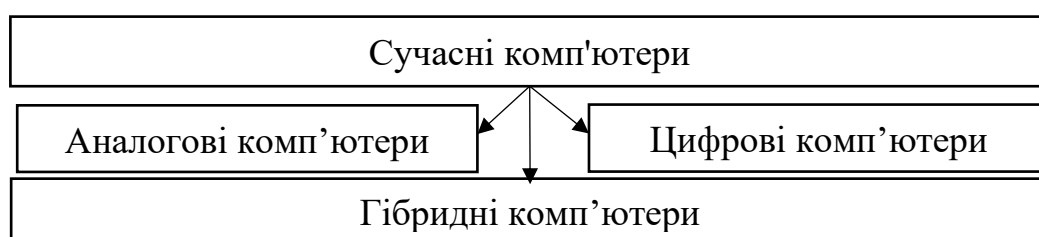


Рисунок 1.4 – Класифікація комп'ютерів за типом обробки даних

Аналогові комп'ютери функціонують на основі безперервних фізичних величин, таких як напруга, тиск, температура або кутова швидкість. Вони використовують ці величини для моделювання або симуляції динамічних

процесів у реальному часі. Обчислення в аналогових системах здійснюються шляхом перетворення фізичних величин на відповідні електричні сигнали, що забезпечує високу швидкість обробки. Незважаючи на обмежену точність і гнучкість у порівнянні з цифровими машинами, аналогові комп'ютери залишаються незамінними у сфері інженерних досліджень, авіаційних симуляторів та керування технічними системами, де потрібна швидка реакція на зміну зовнішніх параметрів.

Цифрові комп'ютери, на відміну від аналогових, працюють з дискретними даними, представленими у вигляді двійкового коду (0 і 1). Це дає змогу досягати високої точності обчислень, реалізовувати складні логічні операції та обробляти великі обсяги інформації. Саме цифрові комп'ютери становлять основу сучасної обчислювальної техніки. Вони універсальні, програмовані та адаптивні до різних типів задач. Персональні комп'ютери, сервери, мобільні пристрої та більшість спеціалізованих обчислювальних платформ є представниками цього типу.

Гібридні комп'ютери поєднують в собі принципи дії як аналогових, так і цифрових систем. Такий тип обчислювальної техніки здатен одночасно обробляти як безперервні, так і дискретні сигнали, що робить його надзвичайно ефективним у ситуаціях, де необхідна інтеграція швидкого збору даних у реальному часі з точним їх аналізом. Гібридні комп'ютери знайшли застосування в медичних приладах (наприклад, у комп'ютерній томографії), системах автоматизованого управління технологічними процесами, авіаційній навігації та метеорологічному прогнозуванні. Вони дозволяють поєднувати чутливість аналогового вимірювання з аналітичною потужністю цифрової обробки, що значно розширює можливості автоматизованого контролю та прийняття рішень.

1.2 Архітектура сучасних комп'ютерів

Архітектура комп'ютера є основою сучасної комп'ютерної техніки. Вона пояснює, як усі частини комп'ютера поєднуються та працюють. Це

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

налаштування надзвичайно важливо, оскільки воно впливає на те, наскільки добре системи можуть виконувати завдання та спілкуватися одна з одною. Незалежно від того, чи йдеться про персональні пристрої чи гігантські суперкомп'ютери, усе ґрунтується на цій складній конструкції. Загалом, це те, що сьогодні забезпечує безперебійну роботу існуючих технологій.

Архітектура комп'ютера – це специфікація, яка описує, як комп'ютерне програмне та апаратне забезпечення з'єднуються та взаємодіють для створення комп'ютерної мережі. Вона визначає структуру та функції комп'ютерів і технології, з якими він сумісний від центрального процесора (CPU) до пам'яті, пристроїв введення/виведення та блоків зберігання.

Незважаючи на швидкий розвиток обчислювальної техніки, основи комп'ютерної архітектури залишаються незмінними. Існує чотири основні типи архітектури комп'ютера (рисунок 1.5):

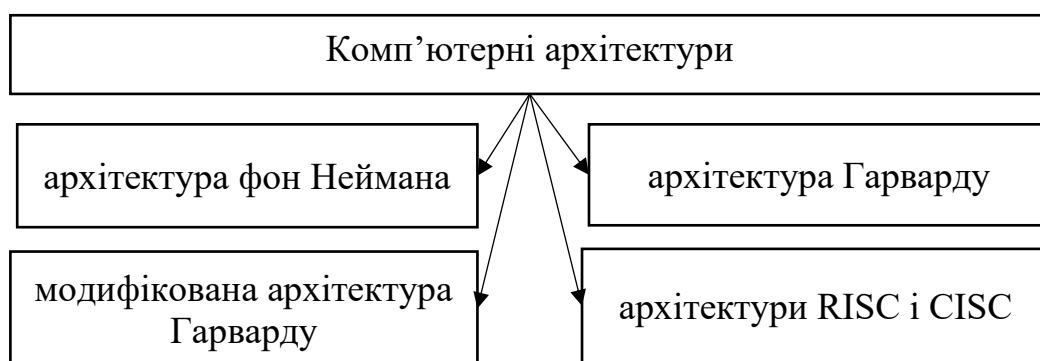


Рисунок 1.5 – Класифікація комп'ютерних архітектур

Архітектура фон Неймана має єдиний простір пам'яті як для даних, так і для інструкцій, які вибираються та виконуються послідовно. Це означає, що програми та дані зберігаються в одній пам'яті, що дозволяє гнучко та легко модифікувати програми. Але інструкції також вибираються та виконуються по черзі, що створює вузьке місце, через яке центральний процесор не може отримати інструкції та дані одночасно. Це відоме як вузьке місце фон Неймана. Щоб вирішити цю проблему, сучасні процесори використовують такі методи, як кешування та конвеєрне підключення для підвищення рівня корисної ефективності (рисунок 1.6).

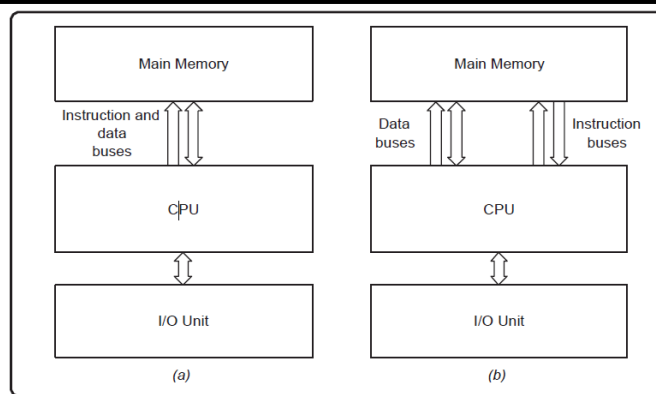


Рисунок 1.6 – Схема архітектури фон Неймана

Тим не менш, архітектура фон Неймана залишається дуже актуальною та впливовою на комп'ютерний дизайн. Архітектура фон Неймана представила концепцію комп'ютерів із збереженими програмами, де інструкції, і дані зберігаються в одній пам'яті, що дозволяє гнучко виконувати програму.

Гарвардська архітектура це тип архітектури комп'ютера, який має окремі блоки зберігання та виділені шляхи для інструкцій і даних. Це дозволяє отримати одночасний доступ до інструкцій і даних, потенційно покращуючи продуктивність. Маючи окремі шляхи, центральний процесор може отримувати інструкції та отримувати доступ до даних одночасно, не чекаючи один одного, що призводить до швидшого виконання програми, особливо для завдань, які передбачають переміщення великої кількості даних (рисунок 1.7).

Окремі блоки пам'яті можна оптимізувати для конкретних цілей. Наприклад, пам'ять інструкцій може бути призначена лише для читання, тоді як пам'ять даних може бути оптимізована для швидких операцій читання/запису.

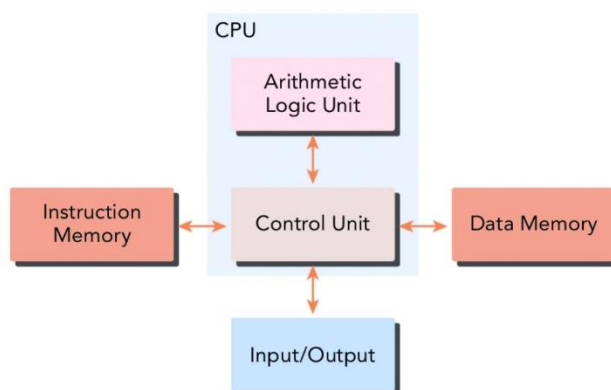


Рисунок 1.7– Схема Гарвардської архітектури

Тим не менш, впровадження окремого сховища та шляхів може бути складнішим, ніж простіша архітектура фон Неймана, а наявність окремих блоків пам'яті може збільшити загальну вартість системи.

Модифікована гарвардська архітектура – це гібридний тип комп'ютерної архітектури, який поєднує в собі риси як класичної гарвардської архітектури, так і більш широко використовуваної архітектури фон Неймана. Як і справжня гарвардська архітектура, модифікована гарвардська архітектура використовує окремі кеші для інструкцій і даних. Ці кеш-пам'яті працюють набагато швидше, ніж основна пам'ять, тому інструкції та дані, до яких часто звертаються, можна швидко отримати (рисунк 1.8).

Однак, на відміну від чистої гарвардської архітектури, де інструкції та дані мають повністю окремі фізичні одиниці пам'яті, модифікована гарвардська архітектура зберігає інструкції та дані в одній основній пам'яті.

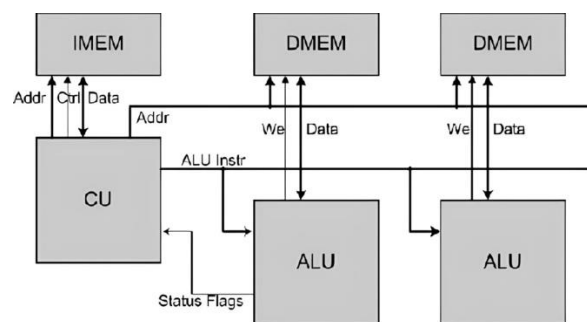


Рисунок 1.8– Схема модифікованої гарвардської архітектури

Ця комбінація забезпечує одночасний доступ до інструкцій і даних, підвищуючи продуктивність порівняно зі стандартною архітектурою фон Неймана з одним кеш-пам'яттю. У порівнянні зі справжньою гарвардською архітектурою з окремими блоками пам'яті, уніфікована пам'ять спрощує конструкцію та знижує витрати.

Архітектури RISC (обчислення зі скороченим набором інструкцій) і CISC (обчислення зі складним набором інструкцій) це дві різні архітектури для комп'ютерних процесорів (рисунк 1.9).

Процесори RISC розроблені з набором основних, чітко визначених інструкцій, які зазвичай мають фіксовану довжину, і їх легко декодувати та

швидко виконувати. Основна увага в RISC приділяється розробці апаратного забезпечення для ефективного виконання простих інструкцій, що призводить до вищих тактових частот і потенційно меншого енергоспоживання. Приклади процесорів RISC включають процесори ARM, які зазвичай зустрічаються в смартфонах і планшетах, і процесори MIPS, які використовуються в деяких вбудованих системах.

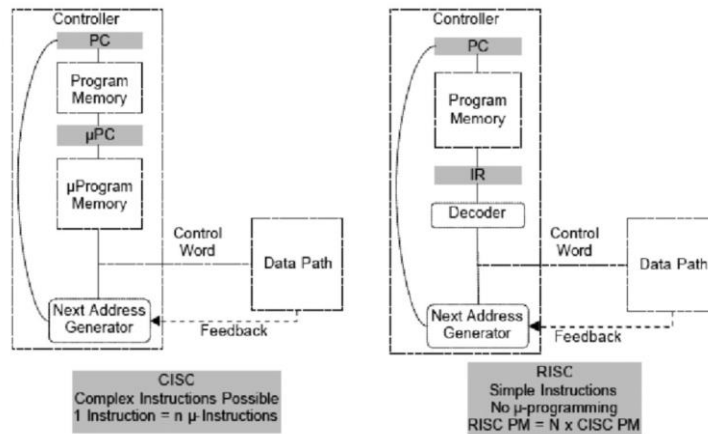


Рисунок 1.9– Схеми RISC та CISC архітектур

Проте процесори CISC мають ширший діапазон інструкцій, включаючи деякі дуже складні, які можуть виконувати кілька операцій в одній інструкції. Це може бути більш лаконічним для програмістів, але може зайняти процесор більше часу для декодування та виконання.

Мета CISC полягає в тому, щоб надати комплексний набір інструкцій для вирішення широкого кола завдань, потенційно зменшуючи кількість інструкцій, які потрібно написати програмісту. Приклади процесорів CISC включають процесори Intel x86, які використовуються в більшості персональних комп'ютерів, і сімейство процесорів Motorola 68000, які використовуються в старих комп'ютерах Apple.

Проведене дослідження відомих архітектурних рішень поілюструвало, що в комп'ютерній техніці окремі вузли повинні бути завжди правильно підібрані, для отримання оптимального результату при роботі з комп'ютерною технікою. Тому визначення рівня сумісності міжокремими апаратними складовими комп'ютера є складною задачею.

1.3 Аналіз програмних засобів тестування комп'ютерів

Вибір ефективного програмного забезпечення для тестування продуктивності комп'ютерної системи є критично важливим завданням при аналізі її стійкості до високих навантажень. Існує низка інструментів, кожен з яких має свої переваги та обмеження залежно від специфіки об'єкта тестування центрального процесора, графічного адаптера, оперативної пам'яті або системи загалом.

Одним із найпоширеніших засобів є Prime95. Його алгоритми, зокрема реалізація швидкого перетворення Фур'є, навантажують усі ядра ЦП, дозволяючи виявляти критичні помилки стабільності, проблеми охолодження або дефіцит живлення. Разом з тим, Prime95 не орієнтований на багатоядерні архітектури останніх поколінь і не відображає характерні для повсякденного використання сценарії.

Комплексне рішення для аналізу та тестування системної продуктивності пропонує AIDA64 Extreme, що надає детальну інформацію про основні апаратні компоненти, включаючи ЦП, GPU, ОЗП і накопичувачі. Інструмент моделює реальні обчислювальні навантаження та відстежує критичні параметри в реальному часі, що робить його доцільним вибором для діагностики і аналітики. Основною перевагою AIDA64 є баланс між реалістичністю навантажень та широким охопленням системних елементів, однак програмне забезпечення не призначене для перевірки працездатності в екстремальних умовах.

Для тестування виключно графічної підсистеми доцільно використовувати FurMark як спеціалізованого інструменту, який застосовує OpenGL-візуалізацію для перевірки температурної стабільності та теплової потужності GPU. Його надмірне навантаження здатне швидко викликати перегрівання, що дозволяє ідентифікувати слабкі місця системи охолодження, хоча характер трафіку не імітує реальні ігрові чи графічні сценарії.

IntelBurnTest є високонавантажувальним тестом для процесора, що базується на бібліотеці Intel Linpack. Інструмент здатен виявляти критичні

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

нестабільності вже впродовж перших хвилин запуску, завдяки екстремальному рівню ресурсоспоживання. Проте подібний підхід не дозволяє оцінити поведінку системи в типових робочих умовах.

Програмний комплекс PCMark 10 забезпечує всебічний аналіз загальної продуктивності ПК шляхом симуляції різноманітних реалістичних сценаріїв, як-от обробка документів, відеоконференції та створення цифрового контенту. Він орієнтований на оцінку продуктивності системи в повсякденному використанні, що робить його цінним інструментом для бізнесу, проте він не забезпечує надвисоких рівнів навантаження на компоненти.

HWMonitor не виконує тестування самостійно, проте є незамінним інструментом для спостереження за станом компонентів системи під час роботи інших стрес-тестів. Він дозволяє отримати точні дані про температуру, напругу та інші параметри у реальному часі, що дає змогу об'єктивно оцінити ефективність системи охолодження.

Зведене порівняння ключових характеристик програмного забезпечення процесів тестування комп'ютерів подано у таблиці 1.2:

Таблиця 1.2 – Порівняння програм тестування комп'ютерів

Інструмент	Тип тестування	Реалістичність навантаження	Охоплення компонентів	Придатність до екстремального стресу
Prime95	Стрес-тест ЦП	Низька	ЦП	Висока
AIDA64 Extreme	Реалістичне тестування системи	Висока	ЦП, GPU, ОЗП, ПЗП	Середня
FurMark	Стрес-тест GPU	Низька	GPU	Висока
IntelBurnTest	Стрес-тест ЦП	Низька	ЦП	Висока
PCMark 10	Реалістичне тестування системи	Висока	Вся система	Низька
HWMonitor	Моніторинг	—	Усі компоненти (пасивно)	—

Таким чином, вибір інструменту має ґрунтуватися на меті тестування. Для перевірки граничної стабільності ЦП доцільно використовувати Prime95 або

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

IntelBurnTest. Для задач реалістичного аналізу загальної продуктивності слід використовувати AIDA64 або PCMark 10. У випадку необхідності оцінки температурного режиму GPU оптимальне рішення це FurMark. Моніторинг параметрів компютера в режимі реального часу можна виконувати HWMonitor.

1.4 Висновки до розділу та постановка завдань кваліфікаційної роботи

Перший рзділ кваліфікаційної роботи присвячений дослідженню та класифікації комп'ютерів як складних електронних пристроїв, дослідженню їх внутрішньої архітектури та принципів функціонування, а також порівнянню програмних додатків проведення тестування різних вузлів комп'ютера.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) дослідити архітектуру та принципи роботи персональних комп'ютерів;
- 2) провести огляд апаратних складових персонального комп'ютера;
- 3) провести дослідження програмних додатків тестування параметрів робти персональних комп'ютерів;
- 4) проаналізувати алгоритми тестування апаратної складової персонального комп'ютера;
- 5) розробити алгоритм тестування та оптимізації апаратних складових персонального комп'ютера;
- 6) спроектувати, програмно реалізувати та провести тестування програмного додатку оптимізації підбору апаратних елементів персонального комп'ютера.

2 АЛГОРИТМИ ТЕСТУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ВУЗЛІВ КОМП'ЮТЕРА

2.1 Класифікація внутрішніх вузлів комп'ютера

Персональний комп'ютер (ПК) це електронний пристрій, призначений для виконання різноманітних обчислювальних задач, доступний для індивідуального користування. ПК складається з апаратного забезпечення (компонентів) і програмного забезпечення (програм), що дозволяють користувачу виконувати такі дії, як обробка текстів, робота з графікою, перегляд інтернету, запуск програм, ігор, обробка даних тощо.

Основні характеристики персонального комп'ютера:

- Призначений для одного користувача.
- Має операційну систему, що керує роботою пристрою.
- Може бути стаціонарним (настільним) або портативним (ноутбук).

Внутрішня структура персонального комп'ютера це сукупність основних апаратних компонентів та їх взаємозв'язків, які забезпечують роботу комп'ютера. Вона включає такі основні складові (рисунок 2.1):

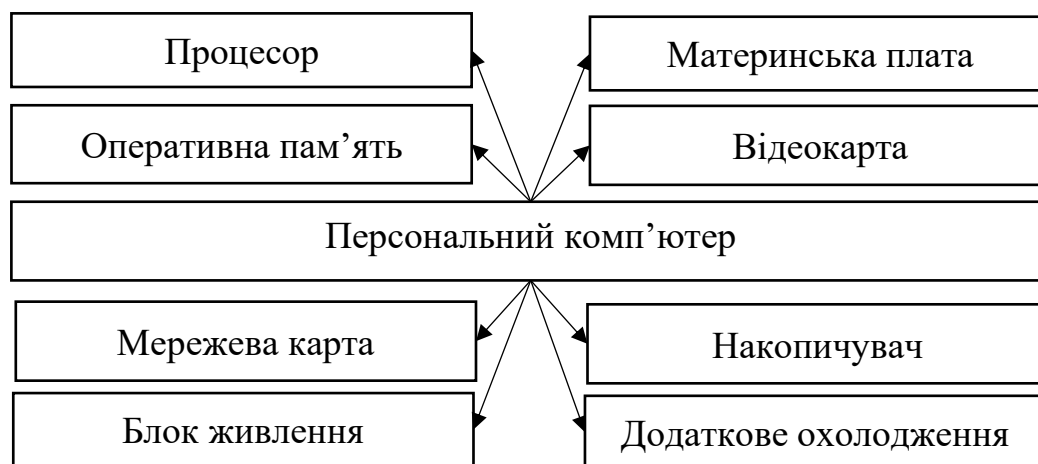


Рисунок 2.1 – Структура персонального комп'ютера

У складі персонального комп'ютера ключову роль відіграє процесор, або центральний процесорний пристрій (ЦП), який виконує арифметичні, логічні та керуючі операції. Він функціонує як ядро обчислювальної системи, здійснюючи обробку інструкцій та керування потоками даних. Серед основних характеристик

ЦП варто виокремити тактову частоту, яка визначає швидкість виконання інструкцій, та кількість ядер, що впливає на рівень паралельності обчислень. Прикладами сучасних високопродуктивних процесорів є Intel Core i9-14900K, який відзначається високою базовою частотою та підтримкою гібридної архітектури, та AMD Ryzen 9 7950X, що пропонує багатоядерну обробку з високим енергетичним КПД (рисунок 2.2).



AMD Ryzen 9 7950X



Intel Core i9-14900K

Рисунок 2.2 – Центральні процесори персональних комп’ютерів

Серед основних технічних характеристик можна виділити наступні 2:

Тактова частота (Clock Speed), що вимірюється в гігагерцах (GHz) і визначає кількість циклів, які процесор може виконати за одну секунду. Чим вища тактова частота, тим більше інструкцій може бути оброблено в одиницю часу, що безпосередньо впливає на швидкість виконання програм.

Кількість ядер (Core Count). Позначає кількість незалежних обчислювальних одиниць всередині одного процесора. Багатоядерність дозволяє процесору одночасно обробляти декілька потоків даних, підвищуючи ефективність багатозадачності та роботи з паралельними алгоритмами.

Материнська плата являє собою багатошарову друковану плату, яка забезпечує фізичне з’єднання та логічну взаємодію між усіма компонентами комп’ютера. Вона виконує функцію центрального комунікаційного вузла, включаючи інтегровані інтерфейси, контролери пам’яті та шини даних. До основних характеристик материнської плати належать форм-фактор, який визначає її фізичні розміри та сумісність із корпусом, і чипсет, що регулює функціональність, підтримку периферії та можливості розгону. Прикладом

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

універсальної плати для ентузіастів є ASUS ROG Strix Z790-E Gaming WiFi (рисунок 2.3), яка підтримує новітні процесори Intel, високошвидкісну оперативну пам'ять DDR5 та інтерфейс PCIe 5.0. Іншою репрезентативною моделлю є MSI MPG B650 Carbon WiFi, орієнтована на платформи AMD і призначена для систем високого класу з інтеграцією технологій останнього покоління.



Рисунок 2.3 – Материнська плата ASUS ROG Strix Z790-E Gaming WiFi

Технічні характеристики, які є важливими при виборі материнської плати:

Форм-фактор (Form Factor) це стандартизований розмір і конфігурація плати, наприклад ATX, microATX, Mini-ITX. Форм-фактор визначає сумісність з комп'ютерним корпусом, кількість слотів для розширення, а також кількість підтримуваних інтерфейсів.

Чипсет (Chipset) це сукупність логічних схем, які координують роботу компонентів материнської плати. Від чипсета залежить підтримка процесора, оперативної пам'яті, інтерфейсів зберігання (SATA, NVMe) та можливостей розгону.

Оперативна пам'ять (ОЗП) є енергозалежним запам'ятовуючим пристроєм, що забезпечує тимчасове зберігання даних і команд, які активно використовуються центральним процесором під час роботи. ОЗП є критично важливим елементом, що впливає на загальну продуктивність системи, оскільки визначає обсяг інформації, з якою система може працювати одночасно. Її ключовими характеристиками є обсяг (місткість), що визначає максимальний

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

обсяг доступної оперативної пам'яті, та частота, яка визначає швидкість передачі даних між пам'яттю і процесором. Яскравим прикладом сучасної моделі є Corsair Vengeance DDR5-6000 (рисунок 2.4), що забезпечує високу пропускну здатність і сумісність із новітніми платформами, а також G.Skill Trident Z5 RGB DDR5-6400, яка поєднує високі тактові частоти з низькою затримкою доступу до даних.

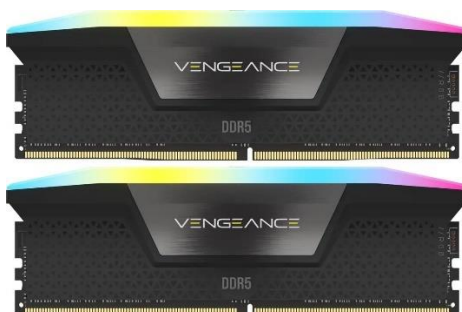


Рисунок 2.4 – Плата оперативної пам'яті Corsair Vengeance DDR5-6000

Основні технічні параметри, на які слід звертати увагу при виборі плат оперативної пам'яті:

Обсяг пам'яті (Memory Capacity). Позначає загальну кількість доступної оперативної пам'яті, вимірюється в гігабайтах (GB). Впливає на здатність системи працювати з великими наборами даних, багатозадачність і продуктивність при використанні ресурсомістких додатків.

Частота пам'яті (Memory Frequency), що вимірюється в мегагерцах (MHz) і визначає швидкість передачі даних між оперативною пам'яттю та контролером пам'яті в процесорі. Вища частота означає більшу пропускну здатність, що сприяє зменшенню затримок при доступі до даних.

Відеокарта, або графічний адаптер, є спеціалізованим пристроєм для обробки візуальної інформації, зокрема рендерингу зображень, відео та тривимірної графіки. Вона складається з графічного процесора (GPU), відеопам'яті та інших супутніх компонентів, що забезпечують швидке виконання паралельних операцій, характерних для обробки графічного контенту. Основними характеристиками відеокарти є обсяг відеопам'яті, який визначає здатність працювати з високоякісними текстурами та великими графічними сценами, та кількість поточкових процесорів, що впливає на загальну

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

обчислювальну продуктивність графічного ядра. Наприклад, NVIDIA GeForce RTX 4090 (рисунок 2.5) представляє найвищий клас серед ігрових графічних адаптерів, володіє великою кількістю CUDA-ядер та підтримує трасування променів у реальному часі. Іншим прикладом є AMD Radeon RX 7900 XTX, що поєднує конкурентну продуктивність з ефективною архітектурою RDNA 3 і підтримкою технологій FidelityFX Super Resolution.



Рисунок 2.5 – Плата оперативної пам'яті Corsair Vengeance DDR5-6000

Наступні характеристики є важливими при виборі відеокарт:

Обсяг відеопам'яті (VRAM Size). Кількість пам'яті, виділеної для зберігання графічних даних, таких як текстури, буфери кадрів і шейдери. Вимірюється в гігабайтах (GB) і визначає здатність відеокарти обробляти графіку високої роздільної здатності та великі сцени без затримок.

Кількість потокових процесорів (Stream Processors/CUDA Cores). Це дрібні обчислювальні одиниці, які виконують графічні та паралельні обчислення. Їх кількість впливає на загальну продуктивність GPU під час рендерингу, обробки відео та роботи з іграми або професійними графічними додатками.

Додаткове охолодження для відеокарти виконує функцію відведення надлишкового тепла від графічного процесора (GPU), особливо в умовах інтенсивного навантаження під час ігрових сесій або професійного рендерингу. За своєю природою системи охолодження поділяються на повітряні та рідинні, і вибір між ними визначається рівнем тепловиділення та вимогами до акустичного комфорту. До основних характеристик таких систем належать теплова потужність розсіювання (TDP), яка відображає максимальну кількість тепла, що може бути ефективно відведена, та тип системи охолодження, що вказує на її

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструктивне виконання (активне/пасивне, повітряне/рідинне). Прикладами високопродуктивних систем є Arctic Accelero Xtreme IV, яка забезпечує ефективне повітряне охолодження завдяки великому радіатору та трьом вентиляторам, а також NZXT Kraken G12 у парі з рідинним охолодженням Kraken X63, що дозволяє інтегрувати АІО-систему до відеокарти, значно знижуючи температури GPU та відеопам'яті. При виборі системи охолодження слід звертати особливу увагу на такі параметри:

TDP (Thermal Design Power). Це максимальна кількість тепла, яку система охолодження здатна ефективно розсіяти. Виражається у ватах. Високий показник TDP означає, що охолоджувач здатен підтримувати стабільну температуру навіть за високих навантажень на графічний процесор.

Тип охолодження (активне/пасивне, повітряне/рідинне). Визначає конструктивні особливості охолоджувальної системи. Активне охолодження включає вентилятори або помпи, пасивне лише радіатори. Повітряне охолодження використовує повітряний потік, тоді як рідинне циркуляцію теплоносія для підвищеної ефективності тепловідведення.

Мережева карта є апаратним інтерфейсом, який забезпечує підключення комп'ютера до комп'ютерної мережі, зокрема до локальної мережі (LAN) або Інтернету. Цей компонент може бути інтегрованим на материнській платі або представлений у вигляді окремого розширювального модуля. Основними її характеристиками є пропускна здатність, що вимірюється у мегабітах або гігабітах за секунду та визначає швидкість обміну даними, а також тип інтерфейсу підключення, наприклад PCIe або USB, який визначає спосіб фізичного приєднання до системи. Серед представниць сучасного покоління можна виділити Intel Ethernet I225-V, що забезпечує стабільне з'єднання на швидкості до 2.5 Гбіт/с з мінімальною затримкою, а також ASUS XG-C100C, яка надає 10-гігабітну швидкість передачі даних через інтерфейс PCIe x4, що актуально для високопродуктивних серверних або робочих станцій. Серед основних характеристик слід вибділити:

Пропускна здатність (Bandwidth). Визначає максимально можливу швидкість передачі даних через мережевий інтерфейс. Вимірюється в мегабітах

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

або гігабітах за секунду (наприклад, 1 Гбіт/с або 10 Гбіт/с). Від цієї характеристики залежить ефективність обміну інформацією в мережі.

Тип інтерфейсу підключення (PCIe, USB, вбудований). Це апаратний спосіб інтеграції мережевої карти до системи. PCIe забезпечує високу швидкість обміну даними через материнську плату, USB універсальність підключення, а вбудовані карти використовують внутрішні шини материнської плати.

Накопичувач є незамінним елементом комп'ютера, призначеним для постійного зберігання операційної системи, програмного забезпечення, файлів користувача та службових даних. У сучасних системах поширення набули твердотільні накопичувачі (SSD) та класичні жорсткі диски (HDD), кожен з яких має свої переваги. Визначальними характеристиками накопичувачів є об'єм пам'яті, який визначає кількість даних, що можуть зберігатися, та швидкість читання/запису, яка впливає на продуктивність під час завантаження операційної системи чи відкриття файлів. Наприклад, Samsung 980 PRO NVMe SSD демонструє надвисоку швидкість передачі даних до 7000 МБ/с завдяки використанню інтерфейсу PCIe 4.0, тоді як Western Digital Black 4TB HDD забезпечує значний обсяг зберігання даних з оптимальним співвідношенням ціни до місткості, що робить його ідеальним для архівування великих обсягів інформації. Технічні параметри накопичувачів:

Обсяг пам'яті (Capacity) позначає загальну кількість даних, яку накопичувач здатен зберігати. Вимірюється в гігабайтах (ГБ) або терабайтах (ТБ). Визначає обсяг інформації, яку можна розмістити на пристрої, включаючи ОС, програми та файли користувача.

Швидкість читання/запису (Read/Write Speed) описує швидкість, з якою дані зчитуються з накопичувача або записуються на нього. Виражається в мегабайтах за секунду (МБ/с). Вища швидкість означає менший час завантаження ОС, відкриття програм і збереження файлів.

Блок живлення (PSU) є джерелом електричної енергії для всіх компонентів системи, перетворюючи змінну напругу мережі на стабільну постійну напругу з необхідними параметрами. Його роль особливо важлива для забезпечення стабільної роботи при високих навантаженнях та для захисту від стрибків

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

напруги. До ключових технічних параметрів належать номінальна потужність, яка визначає максимальне електричне навантаження, яке блок може витримати, та сертифікація енергоефективності (наприклад, 80 PLUS), що вказує на коефіцієнт корисної дії при типових режимах роботи. Серед надійних моделей можна виокремити Seasonic Focus GX-850, який має сертифікат 80 PLUS Gold і забезпечує стабільне живлення з повною модульністю кабелів, а також Corsair RM1000x, який орієнтований на ентузіастів з високим енергоспоживанням і підтримує стандарт ATX 3.0 з високим рівнем надійності та захисту. Параметри:

Номінальна потужність (Rated Wattage) визначає загальну кількість електричної енергії, яку блок живлення здатен стабільно подавати на комп'ютерні компоненти. Вимірюється у ватах (Вт). Ця характеристика визначає, чи зможе PSU забезпечити живлення всієї системи.

Клас енергоефективності (сертифікація 80 PLUS). Це стандарт, який відображає коефіцієнт корисної дії джерела живлення. Наприклад, сертифікат 80 PLUS Gold означає, що пристрій має ефективність понад 87% при типових навантаженнях. Вища ефективність зменшує тепловиділення та енергоспоживання.

Проведений аналіз технічних характеристик елементів внутрішньої структури комп'ютера дозволив виділити основні параметри, які слід враховувати під час підбору деталей комп'ютера.

2.2 Алгоритми тестування комп'ютерної техніки

При роботі з комп'ютерною технікою важливим етапом є оцінка технічної справності. Це забезпечується шляхом проведення профілактичних тестувань з метою попередження критичних ситуацій та виявлення можливостей покращення продуктивності комп'ютерів. На сьогодні існує багато тестів, що дозволяють оцінити параметри окремих елементів комп'ютерної системи. Для прикладу проаналізуємо деякі з них (рисунок 2.6).

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

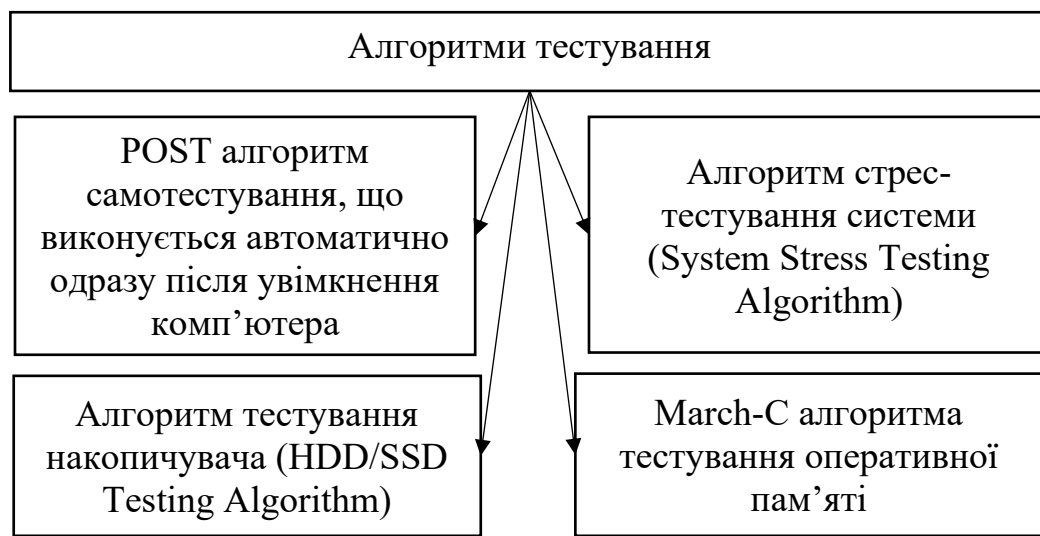


Рисунок 2.6 – Алгоритми тестування елементів епрсонального комп'ютера

POST алгоритм – це базовий алгоритм самотестування, що виконується автоматично одразу після увімкнення комп'ютера. Його головною метою є перевірка критично важливих апаратних компонентів на базовому рівні. Алгоритм послідовно ініціалізує процесор, оперативну пам'ять, відеосистему, клавіатуру та інші пристрої, перевіряючи їх на наявність помилок або несправностей.

Алгоритм POST реалізований у мікропрограмному забезпеченні BIOS або UEFI та ґрунтується на принципі етапного тестування: кожен компонент перевіряється до початку ініціалізації наступного. У разі виявлення несправностей POST зупиняє подальше завантаження системи та генерує звукові або візуальні коди помилок. Таким чином, цей алгоритм є фундаментальним етапом у загальному процесі діагностики апаратної платформи.

Алгоритми тестування оперативної пам'яті (RAM) базуються на принципах запису, зчитування та порівняння вмісту комірок пам'яті для виявлення збоїв у роботі модулів. Один з найпоширеніших є алгоритм March, який включає послідовні проходи через усі адреси пам'яті із записом визначеного шаблону (наприклад, 0x00, 0xFF, або випадкових значень), а потім зчитуванням і перевіркою відповідності очікуваним даним.

Алгоритм March-C, наприклад, виконує кілька циклів: спочатку здійснюється запис певного значення в усі комірки, потім зчитування в прямому

порядку з паралельним записом іншого значення, після чого аналогічна перевірка у зворотному напрямку. Така стратегія дозволяє виявляти як постійні, так і тимчасові дефекти, пов'язані з електричними або фізичними несправностями чипів пам'яті (рисунок 2.7).

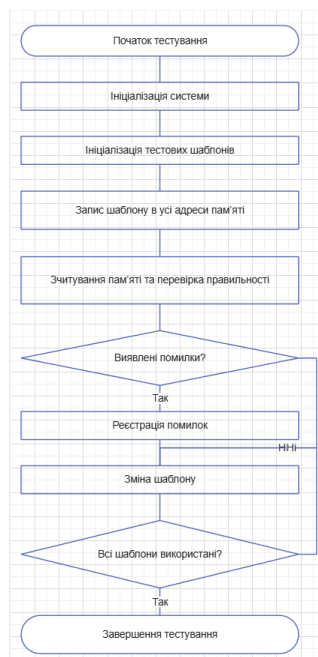


Рисунок 2.7 – Алгоритми тестування оперативної пам'яті

Алгоритм тестування накопичувача (HDD/SSD Testing Algorithm) базується на принципах посекторного аналізу, що дозволяє визначити наявність пошкоджених блоків (bad sectors), зміну швидкості читання/запису та деградацію пам'яті. Поширеним підходом є алгоритм поблокового зчитування та порівняння CRC-хешів, де до кожного сектору застосовується контрольна сума з метою виявлення спотворень даних. Алгоритм часто включає такі етапи: запис контрольного шаблону (наприклад, послідовності байтів), зчитування цього шаблону, порівняння результату з еталонним зразком, а також вимірювання часу доступу. Більш просунуті методики застосовують повторювані операції з різними шаблонами (наприклад, чергування 1 і 0 або випадкові значення), що дозволяє виявити нестабільні комірки у флеш-пам'яті. Одним із прикладів реалізації є алгоритм, що використовується у програмі HDDScan, здатній виконувати SMART-аналіз, тест поверхні та перевірку температурних профілів.

Алгоритм стрес-тестування системи (System Stress Testing Algorithm) застосовується для перевірки стійкості апаратної системи до критичних навантажень і виявлення прихованих дефектів, які не проявляються у звичайному режимі роботи. Алгоритм передбачає багаторазове і тривале виконання обчислювально-інтенсивних задач, таких як обробка великих масивів даних, симуляція фізичних процесів або 3D-рендеринг. Алгоритм стрес-тестування системи включає в себе наступні кроки:

Крок 1. Підготовка до тестування. Перед початком тестування слід закрити всі непотрібні програми, оновити драйвери, перевірити стан охолодження та встановити утиліти для моніторингу температур і навантаження.

Крок 2. Тестування процесора (CPU). Запускається навантаження, під час якого слід відстежувати температуру і ознаки нестабільності. Тест триває від 30 хв до кількох годин.

Крок 3. Тестування оперативної пам'яті (RAM). RAM перевіряється на помилки за допомогою тестування на повний цикл. Якщо виявляються помилки, то перевіряють планки поодиночі.

Крок 4. Тестування відеокарти (GPU). Під час навантаження аналізують температуру, стабільність зображення (артефакти, зависання) та поведінку кулерів.

Крок 5. Тестування накопичувача (SSD/HDD). Виконуються перевірки швидкості читання/запису та моніторингу стану диску через SMART-параметри.

Крок 6. Комплексне навантаження системи. Стрес-тест для всіх компонентів одночасно дає змогу оцінити сумарне тепловиділення та стабільність системи під піковим навантаженням.

Крок 7. Аналіз результатів. Якщо все в межах норми, то система вважається стабільною. У разі проблем проводиться додаткова діагностика.

Зазвичай алгоритм поєднує паралельне навантаження на CPU, GPU, RAM і систему охолодження з постійним моніторингом температури, напруг, стабільності частот та виникнення помилок. Наприклад, утиліта Prime95 реалізує тест на основі алгоритму пошуку простих чисел методом Ферма, що максимально навантажує процесор. У свою чергу, FurMark застосовує графічні

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фрагментні шейдери для навантаження GPU. Основна мета такого алгоритму визначити точку виходу системи з робочого діапазону (наприклад, при перегріванні або недостатній потужності блоку живлення).

2.3 Алгоритм підбору оптимальної конфігурації комп'ютера

Визначення оптимальних параметрів збірки комп'ютера є багатокритеріальною задачею, та потребує врахування дукількох важливих факторв, серед яких:

- тип необхідного комп'ютера;
- інтенсивність використання;
- особливі умови експлуатації;
- вартість.

На основі проведеного аналізу існуючих алгоритмів тстування та підбору оптимальних парметрів персональних комп'ютерів було спроектовано алгоритм аналізу та оптимізації апаратних елементів персонального комп'ютера. Послідовність кроків даного лагоритму наведена нижче:

- 1) Початок процесу обробки запиту.
- 2) Визначення типу комп'ютера.
- 3) Визначається гранична сума з урахуванням усіх витрат.
- 4) Обирається процесорна платформа (Intel або AMD) залежно від потреб.
- 5) Вибираються основні складові: CPU, материнська плата, RAM, GPU, накопичувачі тощо.
- 6) Перевіряється технічна сумісність обраних компонентів. Якщо елементи сумісні перходим на крок 7, інакше повертаємось на крок 5.
- 7) Обчислюється споживана потужність і підбирається блок живлення.
- 8) Забезпечується узгоджена робота всіх компонентів без «вузьких місць».

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- 9) Аналізується потенціал системи до майбутнього оновлення.
- 10) Виконується складання ПК та перевірка його стабільності в роботі.
- 11) Завершення роботи.

Алгоритм охоплює послідовність кроків, спрямованих на формування збалансованої, сумісної та продуктивної апаратної конфігурації ПК відповідно до цілей користувача та бюджетних обмежень. Він починається з аналізу цільового призначення системи та встановлення бюджету, після чого здійснюється вибір архітектурної платформи (Intel або AMD) та основних компонентів, включаючи CPU, GPU, RAM, накопичувачі тощо. Далі проводиться перевірка апаратної сумісності, розрахунок енергоспоживання, оцінка продуктивнісного балансу та можливостей для майбутнього апгрейду. На завершальному етапі виконується остаточна верифікація конфігурації, придбання компонентів, їх збирання та тестування працездатності системи. Такий підхід дозволяє забезпечити високу ефективність, надійність і довговічність комп'ютера в межах заданих вимог. На рисунку 2.8 наведено блок-схему запропонованого алгоритму.

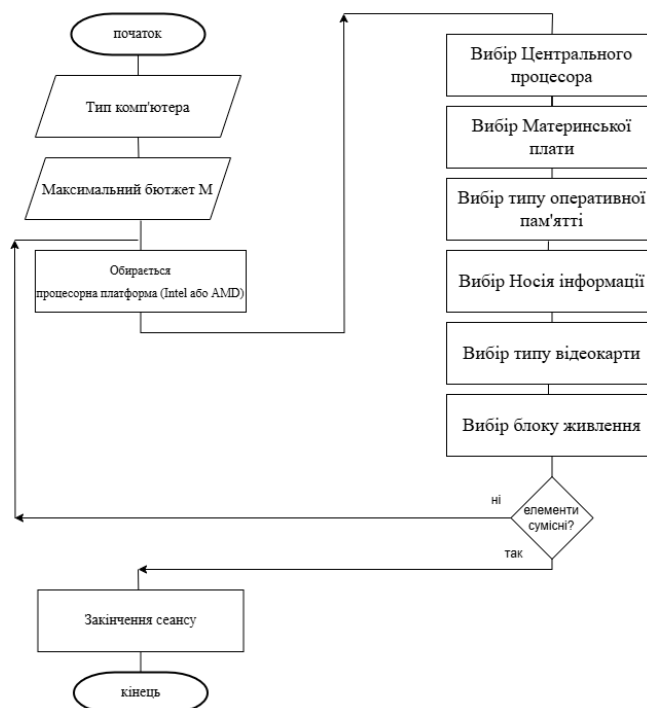


Рисунок 2.8 – Блок-схема алгоритму підбору параметрів ПК

3 ПРОГРАМНИЙ ДОДАТОК ТЕСТУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРМЕТРІВ ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРІВ

3.1 Внутрішня архітектура програмного додатку

Сучасна комп'ютерна інженерія вимагає високого рівня достовірності, стабільності та ефективності апаратних засобів, що входять до складу персональних комп'ютерів. У цьому контексті питання автоматизованого тестування компонентів системи набуває ключового значення. Одним із перспективних інструментів, що дозволяє реалізувати подібні перевірки, є бібліотека JSystem універсальний Java-орієнтований фреймворк, призначений для побудови, виконання та логування складних тестових сценаріїв. Завдяки мові Java, яка є платформонезалежною та підтримує широкий спектр інструментів для взаємодії з периферією та системним обладнанням, JSystem забезпечує стабільне та масштабоване середовище для розробки процедур контролю якості комп'ютерних компонентів.

У порівнянні з традиційними підходами до тестування апаратного забезпечення, застосування JSystem передбачає гнучку модульну архітектуру, яка дозволяє формувати тести на основі об'єктно-орієнтованих конструкцій. Це особливо важливо для перевірки взаємодії між окремими підсистемами персонального комп'ютера, такими як материнська плата, оперативна пам'ять, блок живлення, накопичувачі та інші периферійні пристрої. Висока інтегрованість із системами керування та моніторингу дає змогу автоматизувати процес виявлення несправностей, зниження продуктивності, нестабільності роботи чи порушення сумісності компонентів.

Завдяки тому, що JSystem підтримує безперервну інтеграцію з такими інструментами, як Jenkins, Maven та JUnit, він органічно вбудовується в цикл безперервної розробки та контролю якості. Це дає можливість здійснювати тестування апаратних засобів не лише як ізольований етап, а як складову DevOps-підходу до виробництва та обслуговування персональних комп'ютерів. Крім того, реалізована в бібліотеці підтримка зворотного зв'язку дозволяє

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективно виявляти аномалії та реагувати на зміну параметрів у реальному часі, що особливо актуально при тестуванні систем із динамічним навантаженням або змінними умовами експлуатації.

Використання Java як основної мови програмування забезпечує розробникам доступ до широкої екосистеми бібліотек для взаємодії з апаратним рівнем, зокрема для роботи з USB-портами, COM-інтерфейсами, системними журналами та API контролерів. Це сприяє точній побудові скриптів перевірки, які можуть автоматично ініціювати тести, зчитувати показники температури, напруги, частоти або продуктивності, а також формувати звіти у стандартизованому вигляді. У свою чергу, це дозволяє не лише забезпечити об'єктивну оцінку функціонального стану апаратного забезпечення, а й акумулювати дані для прогнозування потенційних відмов.

Для проведення аналізу параметрів комп'ютера та оцінки запропонованого алгоритму необхідно розробити програмний додаток. Програмний додаток був спроектований на основі модульного підходу, що дозволяє спростити етап програмної реалізації шляхом розбиття цілісної задачі на множину менших підзадач. Окрім того даний підхід спрощує процедуру тестування та моделювання, оскільки окремі модулі можуть бути досліджені окремо. Приклад структури програмного додатку наведено на рисунку 3.1.

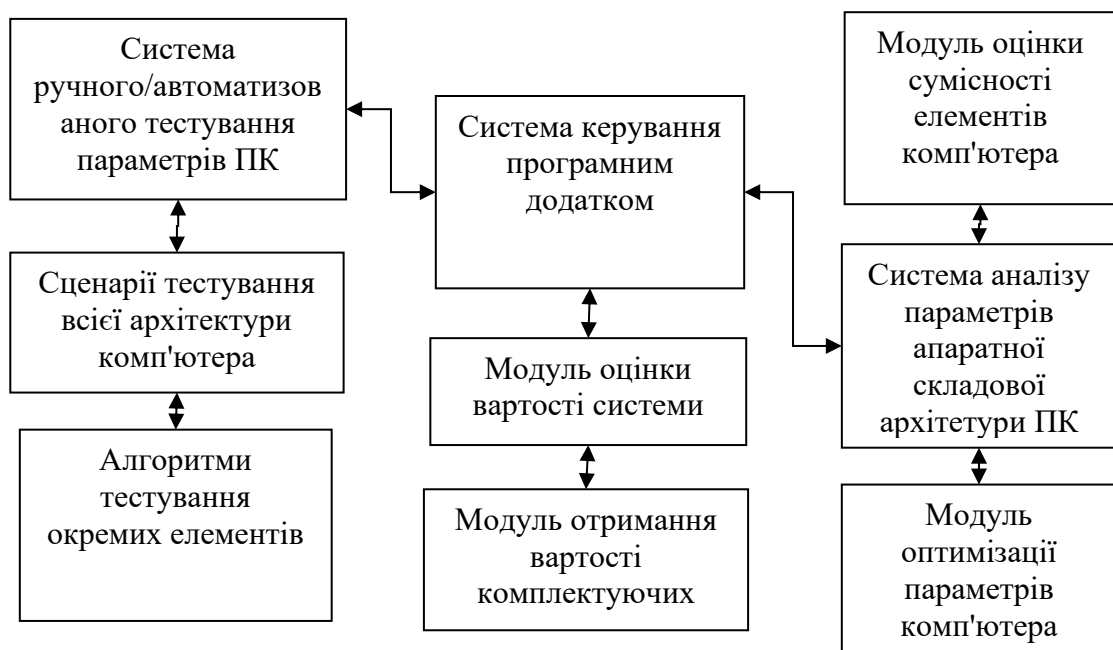


Рисунок 3.1 – Структурна схема додатку тестування параметрів ПК

Представлена структура програмного додатку відображає цілісну архітектурну модель системи, що забезпечує автоматизований аналіз, оцінювання та покращення апаратної конфігурації ПК. Центральним елементом є система керування програмним додатком, яка виступає координуючим вузлом між усіма підсистемами, забезпечуючи взаємодію між модулями оцінки, тестування, аналізу та оптимізації.

Система ручного та автоматизованого тестування параметрів ПК інтегрується зі сценаріями тестування всієї архітектури комп'ютера, що дозволяє здійснювати як комплексну перевірку апаратного забезпечення, так і деталізовану діагностику його окремих компонентів. У свою чергу, ці сценарії ґрунтуються на спеціалізованих алгоритмах тестування, які визначають логіку перевірки функціональності й продуктивності окремих елементів системи.

Важливою функціональною складовою виступає модуль оцінки вартості системи, який отримує дані з модуля вартості комплектуючих. Цей підхід дозволяє не лише проаналізувати технічну доцільність використання тих чи інших компонентів, але й здійснити економічну оцінку конфігурації, що забезпечує раціоналізацію витрат.

Паралельно функціонує система аналізу параметрів апаратної складової архітектури ПК, яка тісно взаємодіє з модулем оптимізації параметрів комп'ютера. Їх взаємодія спрямована на формування найбільш ефективної конфігурації системи з урахуванням як технічних, так і вартісних обмежень. У межах цієї ж гілки передбачена наявність модуля оцінки сумісності елементів комп'ютера, що забезпечує перевірку відповідності компонентів за критеріями апаратної сумісності, що є критично важливим для стабільної роботи системи в цілому.

Таким чином, представлена структура забезпечує не лише комплексну перевірку працездатності та ефективності конфігурації персонального комп'ютера, але й дозволяє здійснювати обґрунтовану оптимізацію його параметрів з урахуванням сумісності та вартості окремих компонентів.

Оцінка функціональних можливостей майбутнього програмного додатку відбувалась на основі моделювання засобами діаграм прецедентів. Такий підхід

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дав можливість оцінити програмний додаток з точки рівнів доступності окремих функцій для користувача. Додатково було оцінено кідкість функцій до яких користувач не має прямого доступу. Оцінка функціональні можливостей програмного додатку на основі діаграми прецедентів наведено на рисунку 3.2.

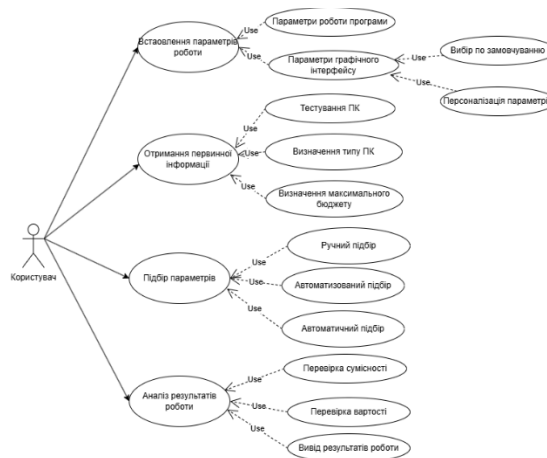


Рисунок 3.2 – Діаграма прецедентів для проектного програмного додатку

Представлена діаграма прецедентів ілюструє взаємодію користувача з функціональними можливостями програмного забезпечення, що призначене для налаштування, підбору та аналізу параметрів персонального комп'ютера. У центрі моделі перебуває актор «Користувач», який ініціює основні процеси, що охоплюють встановлення параметрів роботи, отримання первинної інформації, підбір конфігураційних параметрів та аналіз результатів.

Кожен з цих процесів супроводжується відповідними прецедентами, які деталізують логіку виконання функцій системи. Наприклад, встановлення параметрів роботи передбачає налаштування графічного інтерфейсу, персоналізацію параметрів та вибір режиму роботи за замовчуванням. Отримання первинної інформації охоплює визначення типу комп'ютера та його характеристик, що необхідно для подальшої оптимізації. Підбір параметрів включає як ручний, так і автоматизований підхід, з урахуванням перевірки сумісності та вартості компонентів. Аналіз результатів роботи реалізується через їх перевірку та формування відповідного звіту для користувача.

Загалом, дана діаграма демонструє взаємозв'язки між користувачем і ключовими функціональними модулями системи, а також ієрархічну структуру

сценаріїв використання, що забезпечує гнучке управління процесами налаштування та оптимізації параметрів ПК у межах розробленого програмного середовища.

Аналіз протікання внутрішніх процесів дозволить провести оцінку ймовірності виникнення внутрішніх колізій або паралельного запуску процесів, що будуть намагатись отримати доступ до інформації та ресурсів програмного додатку. Для проведення такої оцінки використано діаграму послідовностей. Вона дозволяє провести покроковий аналіз проходження процедури обробки даних (рисунок 3.3).

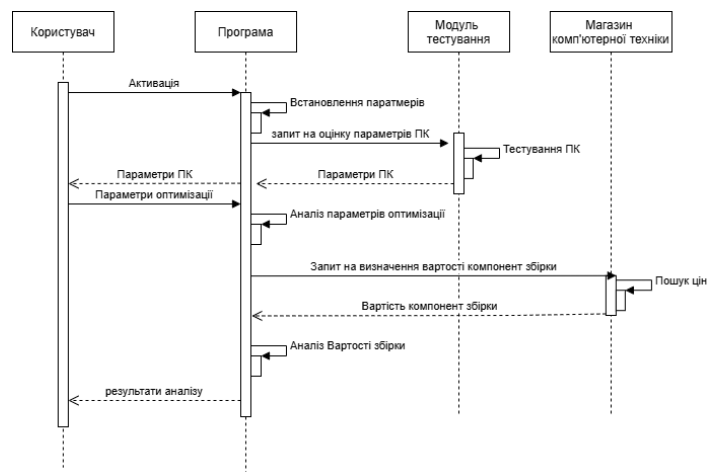


Рисунок 3.3 – Діаграма послідовності кроків взаємодії користувача та програми

Діаграма прецедентів демонструє послідовний обмін повідомленнями між чотирма основними учасниками: «Користувачем», «Програмою», «Модулем тестування» та «Магазином комп'ютерної техніки», які спільно забезпечують процес оцінки параметрів персонального комп'ютера та визначення вартості його комплектуючих. На початковому етапі Користувач активує Програму, що ініціює встановлення початкових параметрів ПК. Далі Програма направляє запит до Модуля тестування із метою отримання оцінки поточних параметрів комп'ютерної системи. Модуль тестування виконує відповідні процедури перевірки, після чого повертає актуалізовані параметри ПК назад до Програми для подальшої аналітичної обробки. Програма здійснює аналіз та оптимізацію отриманих параметрів, підготувавши інформацію для визначення вартості необхідних компонентів збірки. У цьому контексті вона виступає посередником,

направляючи запит у Магазин комп'ютерної техніки, який проводить пошук цін і надає розрахунки вартості. Після отримання інформації від Магазину програма виконує детальний аналіз вартості компонентів, що включає порівняння та оптимізацію з урахуванням функціональних параметрів ПК. Результати цього аналізу у вигляді комплексного звіту передаються користувачу.

Таким чином, діаграма ілюструє інтегровану систему, в якій апаратні та програмні компоненти взаємодіють для забезпечення комплексної оптимізації технічних параметрів ПК з урахуванням економічних показників, що є важливим для прийняття зважених рішень під час формування або модернізації комп'ютерної системи.

Одним з основних параметрів зручності використання програмних додатків є можливість роботи з графічним інтерфейсом, а не з омандним рядком. Тому для проєтованого додатку було розроблено графічний вікон для усіх елементів користувацького інтерфейсу. Результати проєктування графічного інтерфейсу наведено на рисунку 3.4.

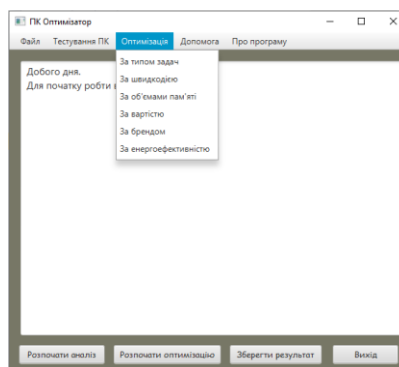


Рисунок 3.4 – Дизайн головного вікна програмного додатку

Запропонований дизайн спрямований на максимальну зручність відуальної оцінки отриманих тезультатів. Область виводу текстової інформації займає центральну область, а параметрі шрифтів можна налаштовувати в ручному режимі в залежності від потреб користувачів. Використання кнопок швидкої активації основних функцій програмного додатку зобволяє користувачам витратити менше часу на виконання рутинних операцій та сконцентруватись на задачах по тестуванні та підборі оптимальних парметрів персонального комп'ютера.

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

3.2 Програмна реалізація додатку

В основу програмної реалізації було взято фреймворк JSystem. JSystem це фреймворк з відкритим вихідним кодом, створений для автоматизованого тестування програмного забезпечення, особливо у сфері тестування інтеграційних та функціональних сценаріїв для програмно-апаратних систем. Його основне призначення забезпечення середовища для побудови, запуску, організації та моніторингу тестів.

Приклад його використання для перевірки статусу роботи пристрою, можна реалізувати за допомогою набору вбудованих методів та талаштувати під потреби проекту:

```
public class DeviceMainStatusTest extends TestBase {
    private DeviceMainClient my_client;

    public void setUpStatys() {
        my_client = (DeviceMainClient)
system.getSystemObject("testClient");
    }

    public void testDeviceMainStatus() {
        String status = client.getStatus();
        assertEquals("Status is ok?", "OK!", status);
    }
}
```

Даний програмний код ілюструє простоту використання даного фреймворку та можливість його простої інтеграції під час реалізації програмних додатку по тестуванню апаратних ресурсів в комп'ютерній техніці.

```
public class RebootPingTest extends TestRouterBase {
    private RouterBaseManager testRouter;
    public void setUp() {
router=RouterBaseManager) system.getSystemObject("router");
    public void testRouterPing() {
        router.reboot();
        sleep(5000);
        assertTrue("Start test", router.ping("192.178.2.1"));
    }
}
```


Інший приклад програмного коду ілюструє можливості роботи фреймворку з зовнішніми пристроями, що можуть входити в склад персонального комп'ютера. Відповідні функції дозволяють проводити тестування для усіх активних пристроїв, що під'єднані до системи.

В основі функції оцінки та оптимізації параметрів комп'ютера лежать набори правил формату «ЯКЩО-ТО». Даний підхід дозволяє провести порівняння отриманих результатів тестування та запропонувати заміну апаратних елементів комп'ютера. Для прикладу розглянемо такі правила для аналізу центральних процесорів:

Якщо процесор AMD Ryzen 7000-ї серії, то материнська плата з сокетом AM5 та чипсетом серії 600.

Якщо процесор із вбудованою графікою то материнська плата має HDMI, DisplayPort, DVI.

Якщо процесор із заблокованим множником то материнська плата без розгону.

Якщо процесор багатоядерний, то система охолодження з високою тепловідвідністю $TDP \geq 200 \text{ Вт}$.

Якщо процесор підтримує PCIe 5.0, то материнська плата з підтримкою PCIe 5.0.

Дані правила ілюструють принципи встановлення набору обмежень для оптимальної комплектації персонального комп'ютера центральним процесором, та побудови на основі нього цілісної системи.

Іншим важливим параметром комп'ютера є кількість та тип оперативної та постійної пам'яті. Для підбору оптимального співвідношення було сформульовано наступний набір правил:

Якщо оперативна пам'ять DDR5 із частотою понад 6000 МГц, то що материнська плата не лише підтримує DDR5, а й має BIOS, який коректно працює з такими високими частотами.

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Якщо більше ніж один M.2 SSD, то материнська плата має два і більше M.2 слотів.

Якщо пам'ять DDR4 або DDR5 то материнська плата підтримує XMP (для Intel) або EXPO (для AMD).

Якщо обсяг оперативної пам'яті перевищує 16 ГБ, то використовувати двома або чотирма модулі.

Для пібору параметрів для інших складових тех були сформульвані правила:

Якщо відеокарта з трьома вентиляторами, то довжина відеокарти не перевищує максимальну довжину, яку підтримує корпус.

Якщо монітор HDMI 2.1 або DisplayPort 1.4, то відеокарта і монітор одночасно підтримують Ultra High Speed HDMI.

Якщо корпус Mini-ITX), то блок живлення SFX, відеокарта – коротка.

Якщо кулер повітряного типу висотою понад 160 мм, то висота корпусу більше за 180 мм.

Якщо блок живлення з модульним підключенням, то корпус з достатнім простором у відсіку для блока живлення.

Дані набори правил дозволяють запропонувати користувачеві варіанти для оптимізації та підвищення параметрів компютера в залежності від обраного типу оптимізації.

3.3 Тестування програмного додатку

Тестування розробленого програмного додатку відбувалось з використанням трьох різних за своїми параметрами робочих станція та проходило в три етапи. На першому етапі проводилось тестування компютера

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

метою визначення наявних параметрів персонального комп'ютера. Після чого, на другому етапі користувач обирає напрям для оптимізації. Серед можливих шляхів оптимізації були:

- оптимізація за швидкістю;
- оптимізація за вартістю;
- оптимізація за продуктивністю;
- оптимізація за енергоспоживанням;
- оптимізація за фірмою.

В результаті користувачу надавались набір елементів які модливо замінити та поради щодо оптимізації апаратних складових системи комп'ютера. Приклад аналізу параметрів робочої станції наведено на рисунку 3.5.

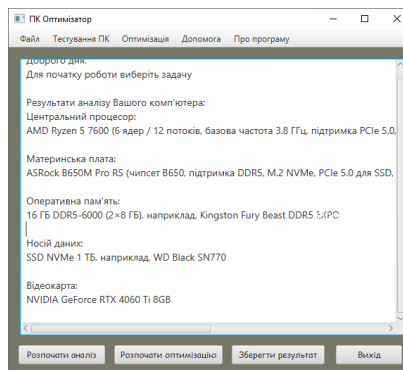


Рисунок 3.5 – Відповідь на питання з ручною корекцією

Після оцінки параметрів було обрано функцію оптимізації елементів комп'ютера за швидкістю. В результаті було отримано такі рекомендації, що наведені на рисунку 3.6

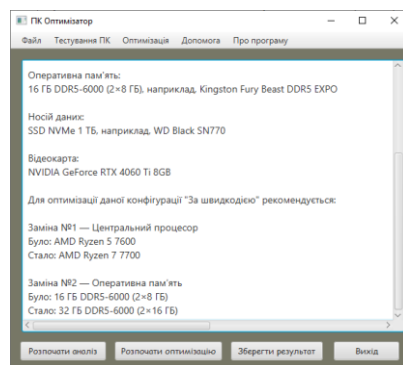


Рисунок 3.6 – Результат оптимізації параметрів ПК за швидкістю

В результаті програмою було запропоновано замінити центральний процесор та збільшити кількість оперативної пам'яті, в загальному дозволить підвищити рівень продуктивності без заміни цілого ПК.

Іншим тестовим результатом було проведення оптимізації структури персонального компюетра для зменшення його вартості (рисунок 3.7).

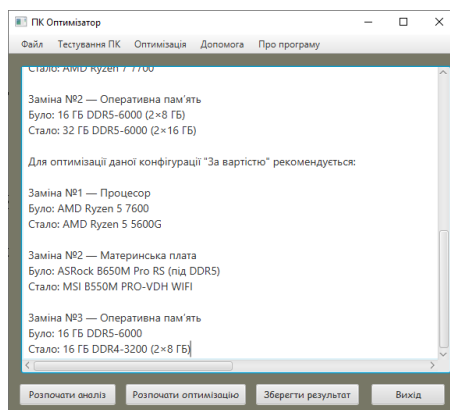


Рисунок 3.7 – Результат оптимізації параметрів ПК за вартістю

В результаті програма запропонувала замінити 3 елементи в структурі комп'ютера що призведе до значнозменшення вартості комп'ютера, приблизно на 40%. Порівняльна вартість двох конфігурацій наведена в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Порівняння параметрів конфігурації комп'ютера

Компонент	Початковий компонент	Вартість, (\$)	Пропонований компонент	Вартість, (\$)
Процесор	AMD Ryzen 5 7600	~230	AMD Ryzen 5 5600G	~120
Материнська плата	ASRock B650M Pro RS	~140	MSI B550M PRO-VDH WIFI	~90
ОЗП	16 ГБ DDR5-6000 (2×8 ГБ)	~90	16 ГБ DDR4-3200 (2×8 ГБ)	~55
Разом		~460		~265

ВИСНОВКИ

В роботі було досліджено принципи побудови архітектур сучасних комп'ютерів, проведено порівняльний аналіз програмного забезпечення для тестування та аналізу як окремих елементів компютера так і систем в цілому. На основі отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

1) Досліджено архітектуру та принципи роботи персональних комп'ютерів, що дозволило виділити правила взаємодії окремих елементів;

2) Проведено огляд апаратних складових персонального комп'ютера на основі оцінки їх функціональних можливостей, що дозволило виділити їх основні характеристики;

3) Проведено дослідження програмних засобів тестування параметрів роботи персональних комп'ютерів на основі аналізу принципів їх роботи, що дозволило виділити основні функціональні модулі;

4) Проаналізовано алгоритми тестування апаратної складової персонального комп'ютера на основі дослідження принципів їх реалізації та інтеграції в програмні розробки, що дозволило підібрати фреймворк для програмної реалізації додатку тестування та оптимізації параметрів ПК;

5) Розроблено алгоритм тестування та оптимізації апаратних складових персонального комп'ютера, що дозволило спроектувати внутрішню архітектуру програмного засобу тестування та оптимізації параметрів ПК;

6) Спроектовано, програмно реалізовано та проведено тестування програмного додатку оптимізації підбору апаратних елементів персонального комп'ютера, що дозволило провести його оцінку та порівняння з програмами-аналогами.

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Залюбовський Ю., Рябуш А.А. Технології тестування та оптимізації апаратних компонентів персональних комп'ютерів. Збірник тез II Всеукраїнської науково-практичної конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі», Тернопіль, 20 травня 2025 р. с. 90-91.

2. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 Інформаційні технології / О.М. Березький, Л.О.Дубчак, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ЗУНУ, 2020. 60с.

3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування розробки комп'ютерних систем»/ Н.Я. Савка, І.Р. Паздрій / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 40 с.

4. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів, звітів про проходження практики, випускних кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія» / І.В. Гураль, Л.О. Дубчак / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 33 с.

5. Іваненко В.О., Петренко С.М. Методи діагностики апаратних компонентів ПК. Вісник комп'ютерних наук, 2023, №4, с. 45-53.

6. Коваленко О.П. Тестування продуктивності процесорів персональних комп'ютерів. Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології, 2024, т. 12, с. 112-118.

7. Smith J., Brown K. Hardware Parameter Testing Methods in Modern PCs. International Journal of Computer Engineering, 2023, Vol. 15, Issue 3, pp. 220–230.

8. Petrenko S., Ivanenko V. Optimization of Computer Hardware Parameters for Enhanced Performance. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Systems, 2022, pp. 400–406.

9. Шевченко І.В., Литвиненко М.С. Аналіз методів тестування оперативної пам'яті. Технічний вісник, 2023, №7, с. 76-82.

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

10.Johnson L., Patel R. Diagnostic Techniques for Hardware Components in PCs. Journal of Computer Hardware Testing, 2021, Vol. 8, No. 2, pp. 95-103.

11.Василенко Т.М. Сучасні підходи до тестування жорстких дисків. Збірник наукових праць, 2024, Вип. 6, с. 120-126.

12.Kim H., Lee S. Performance Evaluation and Testing of Computer GPUs. Computer Graphics Forum, 2022, Vol. 41, Issue 4, pp. 300-310.

13.Антохов І.О., Влащук М.А. Програми-помічники для тестування апаратних засобів ПК. Збірник тез І Всеукраїнської конференції «Інтелектуальні системи», 2023, с. 88-90.

14.Zhang Y., Chen L. Hardware Monitoring and Testing for Personal Computers. International Journal of System Engineering, 2022, Vol. 19, Issue 1, pp. 15-23.

15.Мороз В.П. Методи оцінки стану комп'ютерних компонентів. Науково-технічний журнал, 2023, №5, с. 33-39.

16.Brown K., Clark M. Efficient Software Solutions for Hardware Parameter Testing. Advances in Computer Engineering, 2024, Vol. 22, pp. 58-65.

17.Гуменюк О.Б. Тестування та діагностика материнських плат. Вісник ІТ, 2023, №3, с. 50-56.

18.Singh A., Kumar P. Automated Testing Frameworks for PC Hardware. Journal of Automation in Computing, 2023, Vol. 10, Issue 2, pp. 140-147.

19.Кузьменко Д.В. Аналіз показників стабільності живлення ПК. Технічні науки, 2024, №8, с. 99-104.

20.Wilson T., Garcia M. Approaches to CPU Performance Testing. International Journal of Processor Architecture, 2022, Vol. 14, pp. 210-218.

21.Іванова Л.М., Петренко С.М. Використання програмних засобів для тестування апаратних компонентів комп'ютера. Збірник наукових праць ІТ-факультету, 2023, с. 70-75.

22.Lee J., Park H. GPU Stress Testing and Benchmarking Techniques. Journal of Graphics Hardware, 2024, Vol. 16, Issue 1, pp. 45-54.

23.Сидоренко Р.А. Методи тестування і оптимізації систем зберігання даних. Технічний вісник, 2023, №9, с. 115-121.

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

24. Miller S., Evans J. Evaluation Techniques for PC Storage Devices. Storage Technology Journal, 2023, Vol. 5, Issue 3, pp. 30-38.

25. Романенко В.М. Тестування стабільності роботи блоків живлення комп'ютера. Вісник комп'ютерних наук, 2024, №2, с. 88-94.

26. Carter N., White K. Comprehensive CPU and Memory Testing Methods. International Computer Engineering Review, 2024, Vol. 12, Issue 2, pp. 100-108.

27. Березенко І.П. Методи комплексного тестування комп'ютерних систем. Наукові записки, 2023, т. 29, с. 60-68.

					КР.КІ. 10660751.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52