

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерної інформатичної системи
(повна назва факультету)
і програмної інженерії кафедри комп'ютерної системи і мереж
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

на тему: Методи та засоби регулювання температури
технічних процесів комп'ютерної системи

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи СЗм-61
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
пн

(шифр і назва спеціальності)

	<u>[Підпис]</u> (підпис)	<u>Панас В. М.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>[Підпис]</u> (підпис)	<u>Григор'єв В.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>[Підпис]</u> (підпис)	<u>Лук'янчик Н. С.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>[Підпис]</u> (підпис)	<u>Осиповська Р. М.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>[Підпис]</u> (підпис)	<u>Григор'єв В. М.</u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль
20 20

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)
Кафедра Комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

[Signature]
(підпис)

Овчарівський О.М.
(прізвище та ініціали)

«01» 10 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 13 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Пашоцу Василю Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та засоби регулювання температурно-розмірів комп'ютерних систем

Керівник роботи Пилип Євгеній Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» квітня 2020 року № 417-687

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Методи та засоби регулювання температурно-розмірів комп'ютерних систем, медичованні системи

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз існуючих методів та засобів регулювання температурно-розмірів комп'ютерних систем. 2. Новітні методи та засоби регулювання. 3. Перевірка теоретичних аспектів. 4. Особливості програми та її роль в існуючій ситуації. Висновки

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

Актуальність теми дослідження. Задані дослідження, об'єкт і предмет дослідження, наукова новизна і практична цінність дослідження.

Методи та засоби регулювання температурних режимів комп'ютерних систем // Кваліфікаційна робота магістра // Палюх Василь Миколайович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерних систем та мереж, група СІм – 61 // Тернопіль, 2020 // с. – 68, рис. – 41 ,табл. – 1, додат. – 1, бібліогр. – 62.

Анотації

Ключові слова: комп'ютерні системи, регулювання, температурні режими, метод.

У дипломній роботі магістра проведено аналіз методів та засобів, які забезпечують надійну і стабільну роботу комп'ютерних систем при надмірному тепловиділенні. Завдяки цьому зроблені висновки щодо доцільності використання тих чи інших технічних рішень та методів терморегулювання у відповідних комп'ютерних системах.

Обґрунтовано використання засобів та технологій у різних комп'ютерних системах, це дозволило зменшити тепловиділення та навантаження на обладнання та стабілізувати їхню роботу при тривалому використанні, що в свою чергу підвищує надійність та продуктивність системи.

Досліджено доцільність використання тих чи інших методів та засобів для терморегулювання в різних типах комп'ютерних систем, для підвищення робото здатності систем при опрацюванні великих об'ємах заданої інформації що в свою чергу впливали на надмірне енергоспоживання і тим підвищення надмірного тепловиділення.

Такі технічні рішення та засоби терморегулювання комп'ютерних систем дозволили підвищити продуктивність та надійність систем, а також продовжить срок експлуатації при максимальному рівні навантаження на окремі елементи системи а бо ж на систему в цілому.

ANNOTATION

Methods and tools of computer systems temperature modes adjustment//
Master thesis // Paliukh Vasyl Mykolayovych // Ternopil National Ivan Pulyuy
Technical University, Faculty of Computer Systems and Networks, SIM-61
Group // Ternopil, 2020 // p. - 68, fig. - 41, table. - 1, , Add. - 1, Ref. - 62.

Keywords: computer systems, controls, temperature modes, method.

The master's thesis analyzes the methods and tools that ensure reliable and stable operation of computer systems in case of excessive heat dissipation. As a result, conclusions were made about the feasibility of using certain technical solutions and methods of thermoregulation in the relevant computer systems.

The use of tools and technologies in various computer systems is justified, it has allowed to reduce heat dissipation and load on the equipment and stabilize their work with prolonged use, which in turn increases the reliability and performance of the system.

The expediency of using certain methods and means for thermoregulation in different types of computer systems, to increase the performance of systems when processing large amounts of information, which in turn affected the excessive energy consumption and thus increase excessive heat.

Such technical solutions and means of thermoregulation of computer systems have allowed to increase the productivity and reliability of the systems, as well as to extend the service life at the maximum level of load on individual elements of the system and the system as a whole.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	9
1.1 Типи сучасних методів та засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем.	9
1.2 Будова та вигляд сучасних засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем	10
1.3 Приклади застосування сучасних засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем	19
1.4 Висновок до розділу 1	21
РОЗДІЛ 2 НОВІТННЯ МЕТОДИКА ОХОЛОДЖЕННЯ	22
2.1 Виявлення проблематики в сучасних системах охолодження.	22
2.2 Опис новітнього методу охолодження.	25
2.3 Засоби перевірки запропонованого методу охолодження.	29
2.4 Висновок до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3 ПЕРЕВІРКА ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ	38
3.1 Тести та результати систем охолодження	38
3.2 Висновок до розділу 3	49
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	50
4.1 Охорона праці	50
4.2 Проведення рятувальних та інших невідкладних робіт на об'єкті господарської діяльності в осередку ураження (зараження).	54
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
Додаток А Тези конференцій	63

ВСТУП

Актуальність теми роботи. У зв'язку із швидким розвитком компаній сфери комп'ютерних технологій та електротехніки, які з кожним роком випускають все більше і більше компонентів та елементів комп'ютерних систем, які з кожним разом стають все продуктивнішими і менш енергоефективними, тобто споживають більше електроенергії, що призводить до надмірного тепловиділення елементів та компонентів, що в свою чергу може погано вплинути на них, адже при тривалому надмірному тепловиділенні ці елементи системи можуть вийти з ладу і тим погано вплинуть на працездатність системи в цілому, а також призвести до великих втрат в часі і витрат в коштах для компаній та звичайних користувачів комп'ютерних систем.

Ці вище перераховані фактори та ризики вплинули на дослідження та удосконалення фахівцями та великими компаніями, систем терморегулювання та систем охолодження комп'ютерних систем, щоб зменшити шкідливий вплив від надмірного тепловиділення при тривалій роботі та опрацюванні інформації на елементи системи.

Для урегулювання та контролю тепловиділення комп'ютерних систем було розроблено безліч різних систем охолодження та терморегулювання: системи, які використовують як пасивне поглинання надмірного тепловиділення (звичайний металевий радіатор), так і комбіноване поглинання (радіатор та вентилятор), або ж водяне охолодження з використанням помпи для циркуляції рідини по спеціальних трубках, які підводилися під певні елементи комп'ютерної системи.

Незважаючи на безліч таких систем охолодження та терморегулювання для комп'ютерних систем, дослідження методів та засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем буде актуальними довгий час.

Метою роботи є дослідження методів та засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем, їх детальний аналіз та вибір оптимального рішення забезпечення для нормального функціонування при тривалому опрацюванні різних типів інформації.

Для досягнення вказаної мети, в роботі були поставлені такі задачі:

- Аналіз публікацій та статей про методи та засоби регулювання температурних режимів комп'ютерних систем;
- Дослідження ефективності наявних методів терморегулювання комп'ютерних систем;
- Перевірка на практиці, в реальних умовах теоретично побудованих методів та засобів.

Об'єкт дослідження: Надмірне тепловиділення елементів та компонентів та комп'ютерних систем в цілому, та агрегація досліджуваних методів та засобів регуляції температурних режимів комп'ютерних систем.

Предмет дослідження: Методи та засоби регулювання температурних режимів комп'ютерних систем.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використано наступні методи: аналіз та узагальнення – при проведенні аналізу існуючих методів та засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем; теорії надійності, теорії побудови моделі взаємодії компонентів, елементів та технологій; проектування – при побудові макету системи охолодження комп'ютерної системи; експеримент та вимірювання – для апробації запропонованого комплексу методів та засобів.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Досліджено вплив та ефективність наявних методів та засобів на тривалу роботу з опрацювання різних типів інформації, обрано оптимальний варіант уникнення виходу із ладу компонентів та елементів комп'ютерної системи через надмірне тепловиділення;
- Обґрунтовано метод усунення надмірного тепловиділення систем при різних рівнях навантаження.

Практичне значення одержаних результатів. Впровадження запропонованих методів та засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем, реалізовано та впроваджено у комплексі рекомендацій щодо використання деяких технічних рішень для забезпечення безперебійної роботи комп'ютерних систем при навантаженні і надмірному тепловиділенні.

Публікації. Результати дослідження апробовано на IX Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (25-26 листопада 2020 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та на VIII науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (9-10 грудня 2020 року) у вигляді тез конференцій.

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 68 арк. формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

1.1. Типи сучасних методів та засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем

В більшості випадків системи охолодження встановлені на окремі елементи та компоненти систем, такі як:

- Центральний процесор;
- Графічний процесор;
- Оперативна пам'ять;
- Північний та південний мости материнської плати;
- На елементи ланцюжка живлення;
- На накопичувачі пам'яті (HDD, SSD, M2);
- Корпус;
- На елементи блока живлення.

Встановлення систем охолодження на окремі компоненти комп'ютера, в цілому складають систему регулювання температурних режимів.

Основні типи охолодження комп'ютерних систем та їх компонентів:

- Радіаторна (Пасивна) система охолодження;
- Повітряна (Активна) система охолодження;
- Водяна система охолодження.

Екстремальні або не стандартні типи охолодження:

- Охолодження за допомогою елемент Пельтьє;
- Охолодження за допомогою рідкого азоту або фреону.

1.2. Будова та вигляд сучасних засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем

Радіаторна або пасивна система охолодження – це система охолодження яка складається з алюмінієвого радіатора див. на рис. 1.1, який відводить значну частину тепла від елемента на себе, до якого він прикріплений і прилягає через теплопровідну рідину (термопасту) або термопрокладку, та розсіює його по своїй площі та охолоджується за рахунок навколишнього середовища. Пасивна система охолодження також може складатись не тільки з алюмінієвого радіатора а і з алюмінієвого пронизаного мідними трубками радіатора з мідною контактною поверхнею (рис. 1.2.), такий радіатор ефективніше відводить тепло аніж звичайний алюмінієвий тому що мідь кращий провідник тепла.

Радіаторна або пасивна система охолодження також може охолоджувати не тільки центральний процесор, а й графічний процесор (відеокарта) (рис. 1.3.), оперативну пам'ять (рис. 1.4.), північний та південний мости материнської плати, елементи ланцюжка живлення, елементи блока живлення.

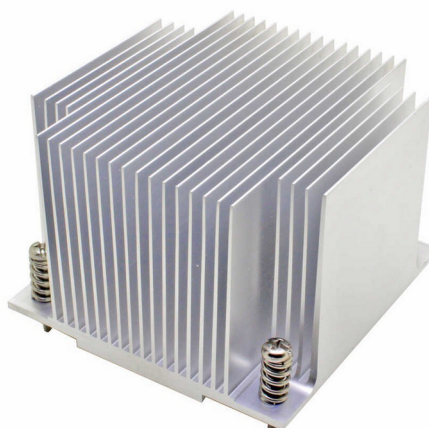


Рис. 1.1. Приклад звичайної пасивної алюмінієвої система охолодження процесора

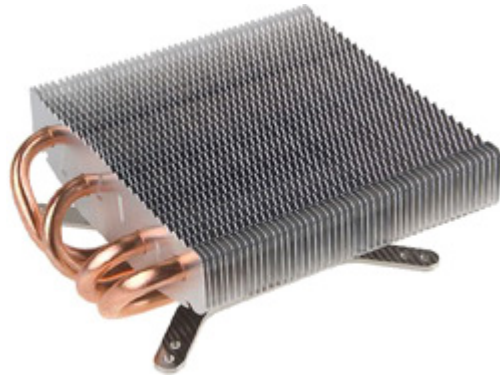


Рис. 1.2. Приклад пасивної алюмінієвої пронизаної мідними трубками з мідною контактною поверхнею система охолодження процесора



Рис. 1.3. Приклад пасивної системи охолодження графічного процесора (відео карти)



Рис 1.4. Приклад пасивної системи охолодження оперативної пам'яті

Повітряна (активна) система охолодження або ж «кулер» – це система охолодження, яка складається з алюмінієвого або алюмінієвого з мідною контактною поверхнею, пронизаного мідними трубками радіатора, який відводить тепло від елемента або компонента та активної частини у вигляді вентилятора, що постійно крутиться на високій швидкості і тим самим створює сильний повітряний потік, який направлений на радіатор. Така система активніше відводить та розсіює тепло ніж звичайна пасивна система охолодження, що виділяє елемент, який охолоджується.

В корпусі комп'ютера також присутні вентилятори, які задіяні в охолодженні усіх компонентів системи повітряним потоком, при розміщенні вентиляторів на передній і задній панелях корпуса відбувається ефект «турбіни» (рис. 1.5.), тобто вентилятор, який розміщений на передній панелі корпуса системного блока втягує холодне повітря в середину, а вентилятор, який розміщений на задній панелі корпуса виштовхує повітря, яке нагрілося після того, як попало в середину через передню панель. При такому охолодженні, яке створив ефект «турбіни», обдуваються більшість елементів та компонентів системи.

Повітряна (активна) система охолодження (вентилятор плюс радіатор) використовується для охолодження таких елементів та компонентів як: центральний процесор (рис. 1.6.0, графічний процесор (відеокарта) (рис. 1.7.), блок живлення, а також на деяких материнських платах.

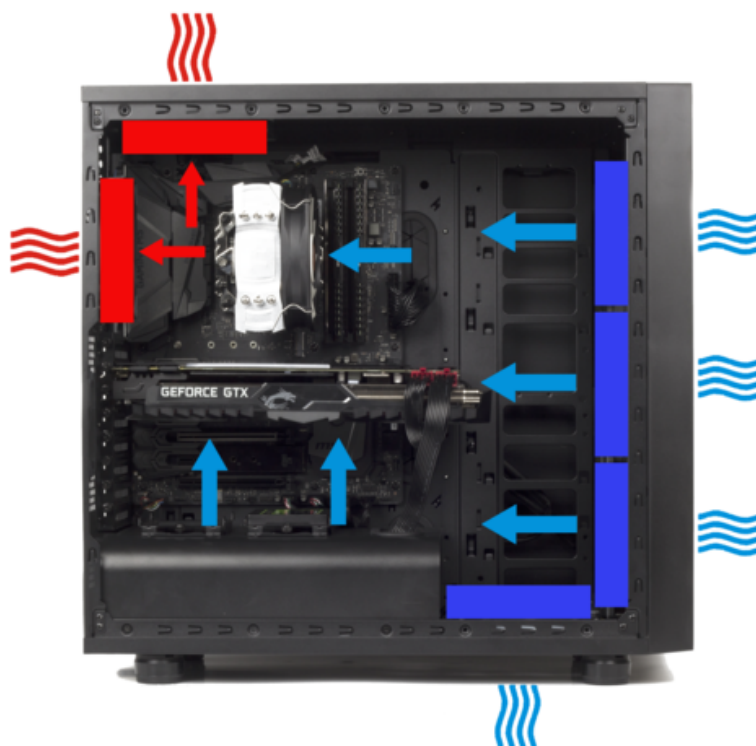


Рис.1.5. Приклад активної системи охолодження корпуса, так званий ефект «турбіни»

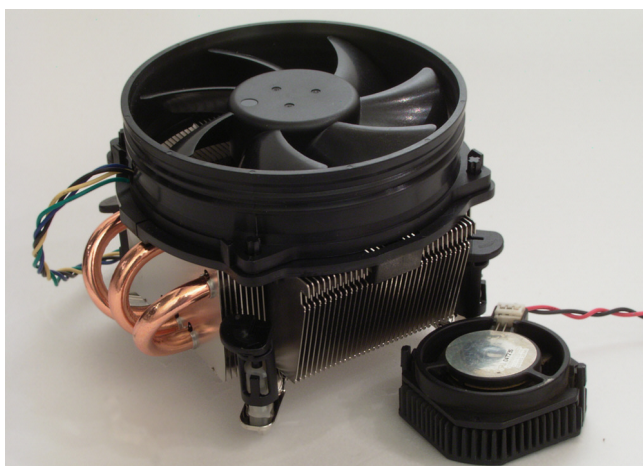


Рис. 1.6. Приклад повітряної системи охолодження процесора та південного моста материнської плати



Рис. 1.7. Приклад повітряної системи охолодження відеокарти

Система водяного охолодження (СВО) ділиться на два типи:

- кастомне водяне охолодження;
- не обслуговуєме водяне охолодження.

В основному СВО складається з таких елементів:

- помпи - насоса для циркуляції рідини;
- теплоприймача (водоблока, головки охолодження) - пристрої, що приймають тепло у охолоджуваного елементу і того який передає його робочу рідину;
 - радіатора для розсіювання тепла робочої рідини (може бути активним або пасивним);
 - резервуара з робочою рідиною, камери випаровування для компенсації теплового розширення рідини, збільшення теплової інерції системи та підвищення зручності заправки і зливу робочої рідини;
 - шлангів або труб, по яких буде циркулювати рідина;
 - датчика потоку рідини (опціонально).

Рідина повинна мати високу теплопровідність, щоб мінімізувати різницю температур між стінкою трубки і поверхнею випаровування, а також високу питому теплоємність, щоб зменшити швидкість циркуляції рідини в контурі, щоб забезпечити більшу ефективність охолодження.

Не обслуговуване водяне охолодження зображено на рис. 1.8. Так називається тому, що в більшості випадків немає можливості замінити рідину, яка втратила свої теплопровідні властивості з часом, або окремі елементи для продовження терміну експлуатації.

Кастомне водяне охолодження зображено на рис. 1.9. Пояснення того чому СВО називається кастомним в тому, що людина сама міняє зовнішній вигляд, компоненти СВО або кількість елементів, які будуть під'єднані до цього СВО для охолодження. Можна змінити колір рідини, розмір резервуару, помпу і т. д. Тобто така система водяного охолодження має можливість заміни усіх її компонентів, які з часом можуть вийти із ладу або просто змінити зовнішній вигляд тобто кастомізувати на свій смак.



Рис. 1.8. Приклад вигляду не обслуговуемого СВО



Рис. 1.9. Приклад вигляду кастомної СВО

Розглянемо екстремальні або не стандартні типи охолодження.

1) Охолодження за допомогою елемент Пельтьє.

Елемент Пельтьє - це термоелектричний перетворювач, принцип дії якого заснований на ефекті Пельтьє - виникненні різниці температур у потоці електричного струму. В основному принцип дії елементів Пельтьє полягає в контакті двох провідних матеріалів з різним рівнем електронної енергії в зоні провідності. Коли струм протікає через контакт таких матеріалів, електрон повинен отримувати енергію, щоб рухатися до більш високої зони провідності енергії іншого напівпровідника. Коли ця енергія поглинається, точка контакту напівпровідників охолоджується. Коли струм тече у зворотному напрямку, точка контакту напівпровідників нагрівається, крім звичайного теплового ефекту.

Елемент Пельтьє для охолодження комп'ютерних компонентів ніколи не використовується самостійно через необхідність охолодження його гарячої поверхні. Як правило, елемент Пельтьє встановлюється на охолоджуваному компоненті (рис.1.10.), а решта його поверхні охолоджується іншою системою охолодження (зазвичай повітряною або рідинною). Оскільки компонент може охолоджуватися до температури нижче температури навколишнього середовища, необхідно вжити заходів для

контролю конденсату. Елементи Пельтьє компактні і не створюють шуму та вібрації, але набагато менш ефективні.

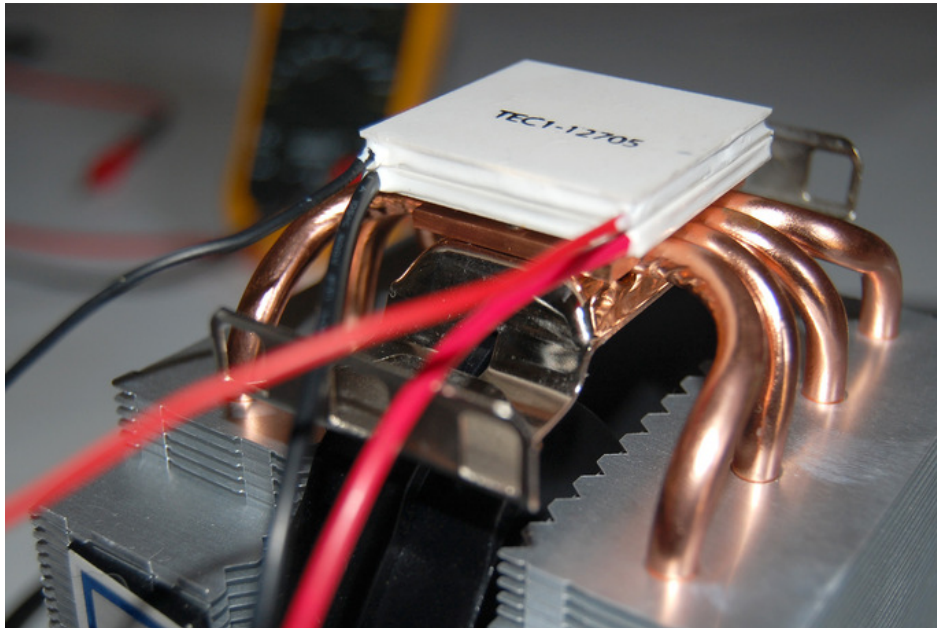


Рис. 1.10. Приклад розміщення модуля елемента Пельтьє на процесорний кулер

2) Охолодження за допомогою рідкого азоту або фреону.

Такий тип охолодження екстремальний і в повсякденному користуванні не зустрічається, застосовується переважно в змагальних цілях для досягнення певних результатів в оверклокінговому типі змагань або в тестах компонентів в позаштатному режимі користування, тобто, на комп'ютерному сленгу звучить так «розгін заради розгону».

Оверклокінг – це розгін компонентів комп'ютера для підвищення швидкодії за рахунок експлуатації їх у форсованих (позаштатних) режимах роботи.

Розгін досягається за рахунок підвищення вольтажу компонентів комп'ютерних систем при якому зростають їх частоти а разом із тим зростають і температури цих компонентів, тоді в охолоджені розігнаних компонентів використовують тепло відвідний стакан а також рідкий азот

який наливають в цей стакан по мірі випаровування при охолодженні компонентів під час оверклокінгу (рис. 1.11).

Оверклокінгові змагання для розгону різних компонентів дозволяють виробникам порівняти можливості їхньої продукції в максимально важких умовах експлуатації, або ж як кажуть на комп'ютерному сленгу «поміритися гігагерцами» в кого довше тримається вища частота і при цьому виконується робота із опрацювання певної інформації той і переміг. Переважно в розгоні беруть участь такі компоненти як оперативна пам'ять, процесор, графічний процесор та пам'ять графічного адаптера, по одинці так і все разом.

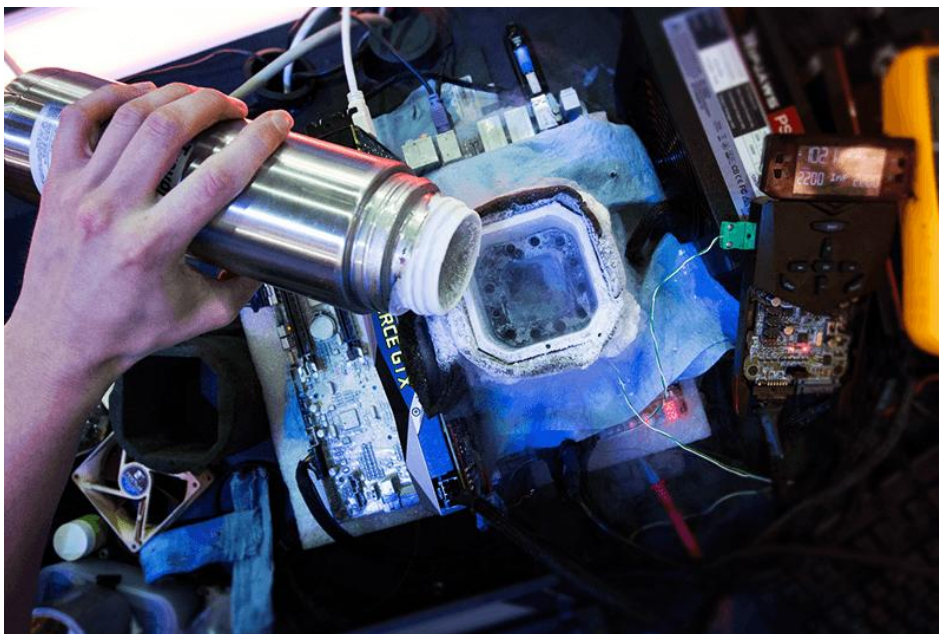


Рис. 1.11 Приклад охолодження процесора при оверклокінгу

1.3 Приклади застосування сучасних засобів регулювання температурних режимів комп'ютерних систем та їх недоліки

Радіаторна (пасивна) системи охолодження застосовуються в комп'ютерах і компонентах для домашнього використання, в серверних комп'ютерних системах, в системах які використовуються для функціонування космічних станцій, в комп'ютерних системах для

лабораторних досліджень, в системах для яких важлива більша енергоефективність, в системах для яких важливе низький рівень шуму.

За рахунок того що в пасивної СО відсутня активна частина у вигляді вентилятора вона не виділяла шуму та не споживала електроенергії, але при цьому є менш ефективна у поглинанні надмірного рівня тепловиділення, для поглинання більшої кількості тепла. Пасивна система охолодження має бути більших габаритів, щоб надмірне тепло, яке виділяє компонент, розходилося по більшій площі радіатора і охолоджувалося ефективніше. Але така система стає більш габаритна та важча. З цього випливає, що система стає не компактною та важчою при транспортуванні.

Така система охолодження підходить для спеціалізованих комп'ютерних систем та різного типу компонентів та елементів, які виділяють не надто багато тепла для охолодження яких хватає невеличкого радіатора і які мають споживати мало електроенергії та не виділяти шуму. Така СО не підходить для продуктивних комп'ютерних систем, які є більш продуктивними та споживають більше електроенергії і, відповідно, більше виділяють тепла, якого б не поглинув звичайний радіатор без активної частини охолодження. Наслідком не відведення надмірного тепла б став вихід з ладу елементів або компонентів, що б призвело до додаткових витрат і незручностей для звичайного користувача або компанії, в гіршому випадку виходу з ладу системи життєзабезпечення людини.

Повітряна (активна) система охолодження більш ефективніша для поглинання тепла, але й більш енергозатратна та шумна, через те, що в цій системі присутні вентилятори або кондиціонери для створення повітряного потоку, який охолоджує компоненти та радіатори, що відводять тепло від елементів комп'ютерної системи. Система охолодження такого типу підходить тим, кому не важливий шум, який вона виділяє, та кількість енергії, яку споживає, але важливо те, що ефективніше охолоджує комп'ютерну систему (чи то персональний ПК або велика серверна станція).

Переважно для охолодження серверних комп'ютерних систем використовують кондиціонери, що знижують температуру в приміщенні. Однак у такої системи є ряд недоліків. Якщо використовувати для охолодження повітря з вулиці, то пил і волога, яка попадає в приміщення, де розміщені ці комп'ютерні системи, осідають на електронних компонентах та псують елементи. Окрім того, пил, що осів на теплорозсіювальні радіатори центральних процесорів, не дає змоги нормально охолодити пристрої повітряним потоком кондиціонера. А зволене повітря, при попаданні на електричні контакти, може викликати коротке замикання та корозію елементів, при яких вони можуть вийти з ладу.

Ще один з недоліків – сильний шум, який видають кондиціонери та вентилятори. Але головний мінус повітряного охолодження в тому, що воно не здатне впоратися з підвищенням рівня продуктивності компонентів комп'ютерних систем та зростаючим виділенням тепла від них.

1.4 Висновок до розділу 1

Отже, у першому розділі було розглянуто як найбільш розповсюджені, так і не стандартні та екстремальні методи та засоби регулювання температури в комп'ютерних системах; описано їх структуру та зовнішній вигляд; розглянуто де і яка система охолодження встановлена та для яких потреб їх використовують. На основі отриманої інформації можемо надати рекомендації по конструюванню та побудові нової системи охолодження, в якій будуть враховані більшість недоліків існуючих систем охолодження, і відповідно до розглянутого прийняти інноваційні рішення щодо збільшення ефективності відведення надмірного тепла від компонентів та елементів комп'ютерних систем. Це в свою чергу збільшить ефективність комп'ютера при тривалому опрацюванні інформації різного типу, а також це вплине на збільшення строку служби елементів та компонентів систем.

РОЗДІЛ 2

НОВІТННЯ МЕТОДИКА ОХОЛОДЖЕННЯ

2.1. Виявлення проблематики в сучасних системах охолодження

Сучасні електронні компоненти з кожним роком працюють все швидше і швидше. Зростають швидкості, зростає споживання, відповідно до цього зростає і тепловиділення. Для того щоб охолодити комп'ютерні системи та їхні окремі компоненти багато великих компаній створювали різні системи охолодження (СО) різних типів, які були створені для відведення звичайного рівня тепловиділення. Але в ситуаціях, в яких комп'ютерні компоненти і системи, щоб опрацювати великий об'єм певного типу інформації, починають працювати на межі своїх можливостей і з тим зростає споживання електроенергії і відповідно до цього і зростає тепловиділення, яке стає надмірним, при такому тривалому навантаженні, СО просто не справляються із регулюванням температури комп'ютерної системи. Не спроможність СО поглинути велику кількість тепла при тривалому навантаженні ПК може призвести до виходу з ладу компонентів та елементів комп'ютерних систем, в свою чергу це стає причиною лишніх витрат коштів і втрат часу.

Кожен знає, що сучасна електроніка працює від електричної сили струму. У такому пристрої є або батарейка, або його потрібно включати в розетку. І всіх їх об'єднує ще одна спільна риса - вони нагріваються. Наприклад, сучасні телефони активно виділяють тепло при виконанні ресурсоємних завдань: іграх, записи відео високої якості, рендер відео або фото, і т.д., а геймери знають, що для безперервної роботи їх потужних комп'ютерів потрібні великі та продуктивні кулери (системи повітряного охолодження).

Електричний струм від джерела живлення проходить через мікросхеми, що складаються в основному з напівпровідників складної

структури. Напівпровідник - це якийсь матеріал, який частково проводить електричний струм, а частково ні. Його провідність залежить від напруги, температури і інших умов.

Якщо взяти кілька різних напівпровідників і розташувати їх в три шари, можна добитися несподіваного результату. Якщо подати напругу на перший і третій шар, струм через такий "бутерброд" не протікає. А якщо ж пустити зовсім невеликий струм по другому шару, то між першим і третім шаром струм починає протікати майже безперешкодно.

Прилад, який діє за вказаним принципом, називається транзистором (рис. 2.1). Зараз його структура, зрозуміло, є більш складною, але правило залишилося таким же – керування струмом, який протікає за рахунок керуючого затвору. Цей ефект можна порівняти з водопровідним краном.

Особлива увага в роботі транзистора приділяють процесу переходу з закритого стану (струм не тече) у відкрите (струм тече безперешкодно). Здоровий глузд підказує, що перехід з одного стану в інший не може бути миттєвим, і займає хоч і дуже короткий, але все ж не нульовий відрізок часу. Саме в момент перемикання між цими станами струм проходить погано, що і викликає нагрів транзистора.

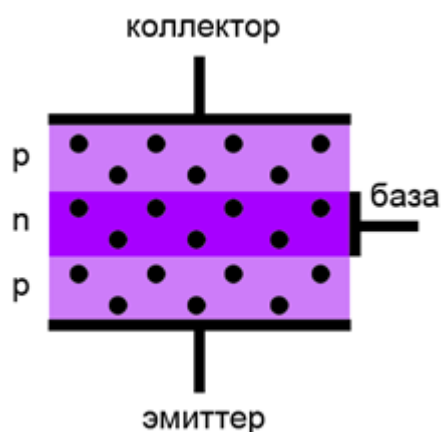


Рис. 2.1. Графічне зображення транзистора

Сучасні процесори працюють на частотах до 5-5.5 ГГц, це означає, що транзистори в процесорі здійснюють приблизно 5 000 000 000 перемикань в секунду. І кожне таке перемикання викликає нагрів приладу.

Саме з цієї причини при розгоні процесора (оверклокінгу) процес нагріву проявляється особливо сильно.

Для відводу тепла до поверхні процесора застосовують радіатор з вентилятором. Вентилятор продуває ребра радіатора холодним повітрям і відводить тепло, що виділяється процесором. Такий підхід найбільш простий у використанні, тому він і отримав масове поширення.

Розвиток електроніки призвів до того, що з кожним роком швидкість процесорів і кількість транзисторів стрімко збільшувалися, а розмір процесора незмінно залишався на колишньому рівні. Порівняймо процесор Intel 486 зі швидкістю 33 МГц та сучасний Intel I7 (рис. 2.2) з швидкістю 4,5 ГГц. Розмір - той же, швидкість - набагато вище, а, значить, вище електроспоживання та тепловиділення.



4,5 см x 4,5 см



3,7 см x 3,7 см

Рис. 2.2. Приклад процесорів

Необхідно відзначити той факт, що для коректної роботи транзистора його температура повинна залишатися низькою, інакше він починає проводити електричний струм навіть тоді, коли від нього це не потрібно. Виходить, що чим швидше процесор, тим більше він нагрівається, і тим вище шанс того, що транзистори всередині нього будуть працювати некоректно. Такий ефект спостерігається, наприклад, при оверклокінгу і виражається у вигляді знаменитого "синього екрану смерті". Коли процесор виявляє збій в своїй роботі, ОС зупиняє його роботу, а користувачеві демонструється синій екран з інформацією про поточний стан. Якщо продовжувати експлуатацію в такому режимі - висока ймовірність того, що хоча б один транзистор з декількох мільярдів зламається. Це призведе до регулярних збоїв в роботі і неможливості використовувати такий процесор в подальшому.

Саме тому так важливо використовувати хороші системи охолодження і експлуатувати електроніку в заданому температурному режимі. Погоня за швидкістю може привести спочатку до випадкових зависань, а потім - і до постійних, з подальшою поломкою процесора.

Цей принцип поширюється, в першу чергу, на сучасні CPU - і особливо GPU. Через різницю в архітектурі двох цих обчислювальних пристроїв нагрівання GPU виходить більш сильним - просто тому, що при роботі використовуються майже всі транзистори, наявні всередині. Середня потужність топового CPU становить 90 Вт, а GPU - 200 Вт. Тому радіатори сучасних відеокарт за розміром набагато більше радіаторів центральних процесорів.

При охолодженні великих обчислювальних потужностей виникають додаткові складнощі. Потужність серверного обладнання, розташованого на одному квадратному метрі, вкрай висока, і становить десятки кВт. До того ж необхідно підтримувати постійний мікроклімат, без коливань температури і вологості. Розглянемо уважно визначення слова «вологість»: концентрація молекул води на одиницю об'єму повітря; при певних обставинах волога може конденсуватися і перетворюватися в воду, яка дуже добре проводить

електричний струм - що дуже небезпечно для електроніки. У серверних також є ще один ворог - пил, яка забиває радіатори і істотно знижує ефективність охолодження.

2.2 Опис новітнього методу охолодження

Вирішенням таких проблем може стати створення акваріумної системи охолодження, при якій усі компоненти комп'ютерної системи буде занурено в «акваріум» з діелектричною рідиною або ж імерсійною рідиною, яка не є провідником електричного струму, але хорошим провідником тепла. Такий метод охолодження забезпечує одночасне відведення тепла від усіх елементів та компонентів комп'ютерної системи, відводить тепло від тих частин, які раніше не мали ніякого охолодження окрім повітряного потоку створеного вентиляторами повітряної системи охолодження, такими елементами є:

- текстоліт електронних плат;
- чипи та контролери;
- накопичувачі пам'яті, тощо.

Імерсійна рідина – це мінеральне масло яке має такі властивості:

- не проводить електричний струм;
- не має кольору і запаху;
- не становить загрози для компонентів електроніки, гуми і пластику;
- володіє високою температурою спалаху;
- добре підходить для охолодження комп'ютерних систем різного рівня.

Імерсійна рідина для двофазного охолодження має низьку теплоємність. Дивно, але ефект охолодження з її допомогою досягається за рахунок кипіння. Для більш детального розбору цього явища нам знадобиться згадати закони фізики.

Нагрівання рідини відбувається за рахунок передачі енергії від більш теплого об'єкта до більш холодного. Кількість енергії, або кількість тепла, вимірюється в Джоулях. Один Джоуль - це еквівалент нагріву тіла за допомогою 1 Вт протягом однієї секунди.

Таким чином, відеокарта виділяє $200 \text{ Вт} * 1 \text{ з} = 200 \text{ Дж}$ тепла, якщо вона пропрацювала всього одну секунду. За хвилину карта виділить $200 \text{ Вт} * 60 \text{ з} = 12 \text{ кДж}$ тепла. Друге питання, яке виникає при цьому - це температура. На скільки зміниться температура відеокарти при такому нагріванні. Зміна температури буде залежати від теплоємності того об'єкта, який ми гріємо, і його маси. Цілком очевидно, що стакан води в чайнику закипає набагато швидше, ніж повний чайник.

Уявімо, що ми намагаємося нагріти однією відеокартою 1 літр води. Вага 1 літра води становить приблизно 1 кг. Теплоємність води дорівнює приблизно $3800 \text{ Дж} / \text{кг} / \text{К}$. Це означає, що для нагріву води вагою в 1 кг на 1 градус Цельсія потрібно 3800 Дж енергії. Порівняємо це з потужністю нашої відеокарти і отримаємо $12000/3800 = 3,15$ градусів Цельсія. І це - всього за хвилину! Простими обчисленнями можна встановити, що через 10 хвилин вода нагріється на $31 \text{ }^\circ \text{C}$. Природно, такий процес не триватиме вічно. Так що, якщо знехтувати теплопровідністю матеріалів, вода нагріється до 85-90 градусів, після чого відеокарта перегріється і зависне.

Якщо доопрацювати наш експеримент та через 10 хвилин замінити нагріту воду на холодну, то процес нагрівання почнеться заново. В цьому випадку перегріву карти не наступить. Звичайно ж, міняти воду кожні 10 хвилин незручно, і приходить думка протягнути труби, по яких буде надходити холодна вода, а нагріта - буде витікати. Такі рідинні системи охолодження існують і продаються в багатьох комп'ютерних магазинах.

Давайте повернемося до імерсійного охолодження мінеральним маслом. Для цього в наших розрахунках потрібно змінити теплоємність і масу речовини. Вага 1 літра олії трохи менше літра води і становить 0,85 кг. Теплоємність дорівнює $1800 \text{ Дж} / \text{кг} / \text{К}$. Значить, для нагріву літра олії

потрібно $0,85 \text{ кг} * 1\text{С} * 1800 \text{ Дж} / \text{кг} / \text{К} = 1,5 \text{ кДж}$ енергії. Значить, відеокарта за 1 хвилину нагріває масло на $12000/1500 = 8 \text{ }^\circ \text{С}$. Це набагато більше $3,15 \text{ }^\circ \text{С}$. Однак, у даного методу є велика перевага - йому не потрібні труби для підведення і відведення рідини до кожної відеокарти. Можна просто покласти кілька відеокарт в один «акваріум» та залити їх мінеральним маслом. Відповідно до цього об'єм рідини, яка буде охолоджувати компонент буде значно більший, та щоб нагріти такий об'єм рідини, елементам знадобиться більше часу. Також окрім самого акваріуму з рідиною можна під'єднати трубку з помпою, яка буде здійснювати циркуляцію рідини у додатковий резервуар з фреоновим охолодженням, а через іншу трубку ця рідина яка значно холодніша буде повертатися назад в акваріум (рис. 2.3) і тим самим елементи не зможуть нагріти цю рідину до критичного рівня.

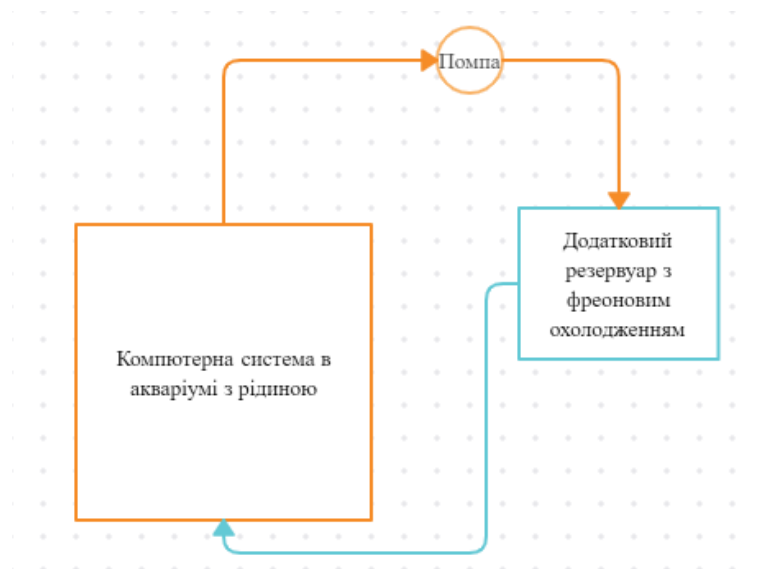


Рис. 2.3. Зображення схеми циркуляції рідини «акваріумного» типу охолодження

Відведення тепла методом безпосереднього занурення охолоджуваного об'єкта дозволяє утримувати температуру обладнання в необхідних для функціонування системи рамках та відкриває шлях для створення нового покоління систем в яких елементи розміщені дуже щільно.

Через велику відстань між молекулами, повітря - дуже слабкий провідник і акумулятор тепла, ці показники приблизно в 25 разів гірше, ніж у звичайної води. Не дивно, що повітряне охолодження поступово замінюється рідинним. Через неухильне зростання кількості серверів компоновка кластерів стає все більш щільною, що саме по собі призводить до зростання температури в стійках. Поміщення об'єкта в рідку середу замінює застарілі способи повітряного остиудження щільних серверних кластерів чи компактних персональних комп'ютерів. Сучасні системи вимагають великої кількості вентиляторів для направлення великих обсягів повітря на поверхні охолоджуваних елементів по спеціально розрахованим перфораціям в корпусі. Подібні способи збільшують споживання енергії та істотно підвищують рівень шуму і ризику перегріву при недостатньому потоку повітря. Відмова охолоджуючого устаткування найчастіше стає причиною виникнення серйозних проблем. Розробники сучасних мікросхем постійно працюють в напрямку зниження енергоспоживання, а з ним і тепла яке виділяється.

2.3. Засоби перевірки запропонованого методу охолодження

Щоб показати видиму ефективність запропонованого методу охолодження комп'ютерних систем «акваріумним» рідинним типом охолодження імерсійною рідиною, було проведено ряд тестів при яких комп'ютер працював при повному навантаженні опрацьовуючи різні типи інформації, в тестах порівнювали температуру та стабільність систем при різних типах охолоджень.

Ряд тестів за допомогою яких визначалася ефективність запропонованого типу охолодження проводилися за допомогою різних бенчмарків, стрестестів та утиліт :

- CPU-Z;
- GPU-Z;

- AIDA64;
- HWiNFO;
- MSI Afterburner;
- CrystalDiskMark
- Blender Benchmark
- Cinebench r15
- 3DMark

CPU-Z - це безплатна програма-утиліта (рис.2.4.) для відображення технічних характеристик персонального комп'ютера користувача (параметрів роботи обладнання), що працює під операційною системою Microsoft Windows. Випускається також спеціальна версія під Android.

Програма визначає технічні характеристики центрального процесора, материнської плати і BIOS, оперативної пам'яті, відеокарти, окрім жорсткого диска. Популярна серед IT-фахівців, комп'ютерних техніків та ремонтників, геймерів та оверклокерів.

Також у цій утиліті є вкладка «Тест». У ній можна зробити тест і стрес-тест центрального процесора. Звичайний тест не зашкодить, а якщо влаштувати стрес-тест, комп'ютер може не витримати навантаження. Під час стрес-тесту програма навантажує ЦП на максимум різними завданнями.

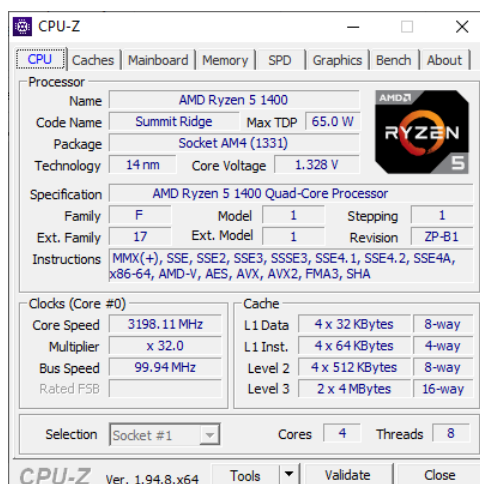


Рис. 2.4. Зображення однієї із вкладок CPU-Z

GPU-Z - безплатна програма для показу технічних характеристик відеоадаптера. Програма відображає технічні характеристики графічного процесора і його відео-пам'яті, визначає виробника і назву відеоадаптера, тип відео-процесора і його характеристики, розмір і тип відео-пам'яті, дату і версію біоса, дату і версію відео-драйвера, а також показує підтримувані відео-процесором графічних технологій та стандартів. Програма GPU-Z може також додатково визначити температуру (рис.2.5.) та частоту ядра, частоту відео-пам'яті і швидкість обертання кулера і провести онлайн порівняння пристрою з іншими відеокартами.

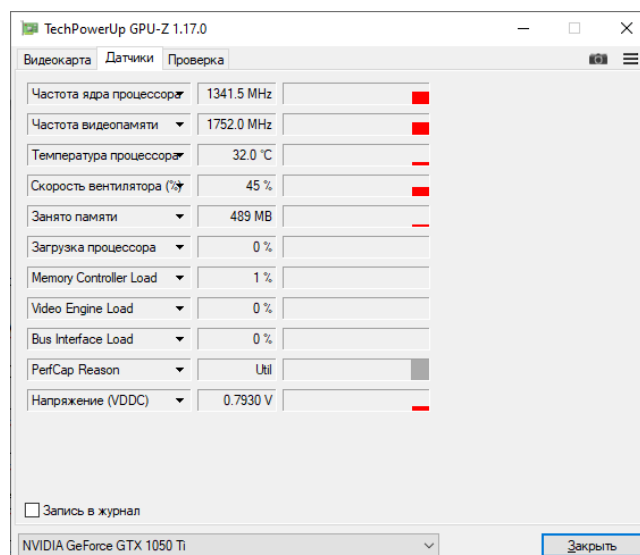


Рис. 2.5. Зображення моніторингової вкладки GPU-Z

AIDA64 - утиліта FinalWire Ltd. для тестування та ідентифікації компонентів персонального комп'ютера під управлінням операційних систем Windows, що надає детальну інформацію про апаратне і програмне забезпечення.

В програмі також є досить широкий набір бенчмарків та тестів (рис.2.6.):

- читання пам'яті – проводить тестування швидкості пересилання даних від оперативної пам'яті до процесора.

- запис пам'яті - проводить тестування швидкості пересилання даних від процесора до оперативної пам'яті.
- копіювання пам'яті – проводить тестування швидкості пересилання даних з одного місця в пам'яті до інше місце через кеш пам'яті процесора.
- затримка пам'яті - проводить тестування середнього часу читання процесором даних з оперативної пам'яті.
- CPU Queen – здійснює тестування продуктивності центрального процесора з цілочисельними операціями при розв'язанні звичайного «Завдання з ферзями».
- CPU Photo Worxx - здійснює тестування продуктивності блоків цілочисельних арифметичних операцій, множення, та підсистеми пам'яті виконуючи ряд звичайних операцій з RGB-зображеннями.
- CPU ZLib - здійснює тестування продуктивності процесора і підсистеми пам'яті при створенні архівів формату ZIP за допомогою відкритих бібліотек zlib при використанні цілочисельних операціях.
- CPU AES - проводить тестування швидкості процесора при виконанні шифрування по крипто-алгоритм AES. Здатний використовувати низько-рівневі команди шифрування процесорів VIA C3 і C7.
- FPU Julia - проводить тестування продуктивності блоків процесора, що виконують операції з плаваючою комою, в обчисленнях з 32-розрядною точністю. Змодельовує кілька фрагментів фрактала Джулія. При можливості застосовує інструкції MMX, SSE і 3DNow !.
- FPU Mandel - здійснює тестування продуктивності блоків процесора, що здійснюють операції з плаваючою комою, в обчисленнях з 64-розрядною точністю виконуючи моделювання декількох фрагментів фрактала Мандельброта. Може використовувати інструкції SSE2.
- FPU Sin Julia - Складніший варіант тесту FPU Julia. здійснює тестування продуктивності блоків процесора, що виконують операції з

плаваючою комою, в обчисленнях з 80-розрядної точністю. Застосовує інструкції x87, Обчислює тригонометричні та показові функції.

За допомогою деяких із них ми проведемо декілька тестів для перевірки ефективності запропонованого типу охолодження.

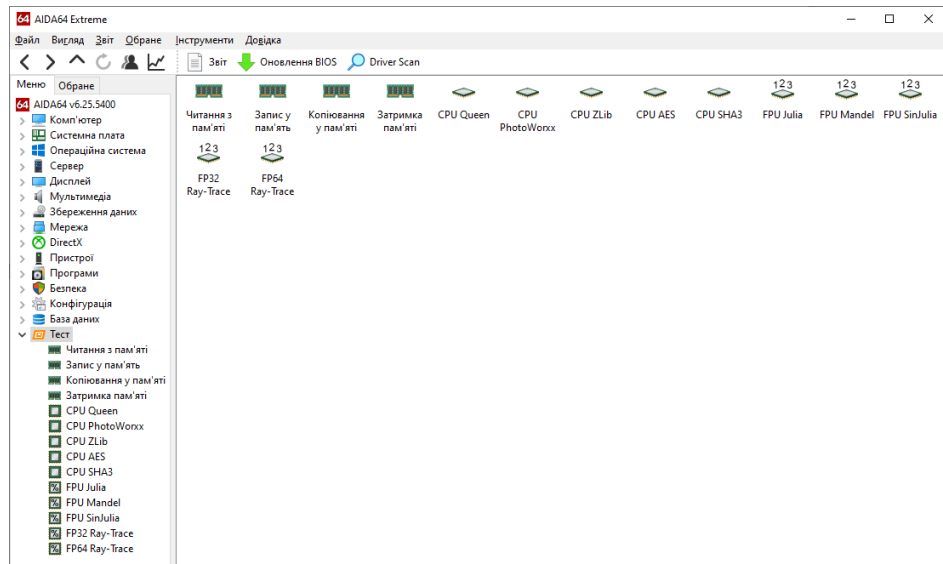


Рис. 2.6. Зображення переліку тестів та бенчмарків AIDA64

HWiNFO (HardWareInfo) - це безкоштовна утиліта для перегляду повної інформації про апаратну частину комп'ютера (рис 2.7.).

Вона допоможе вам:

- дізнатися виробника і модель комплектуючих;
- визначити hardware ID;
- з'ясувати технічні характеристики окремих вузлів;
- подивитися температуру процесора, відеокарти, материнської плати, жорсткого диска та ін .;
- протестувати комплектуючі.

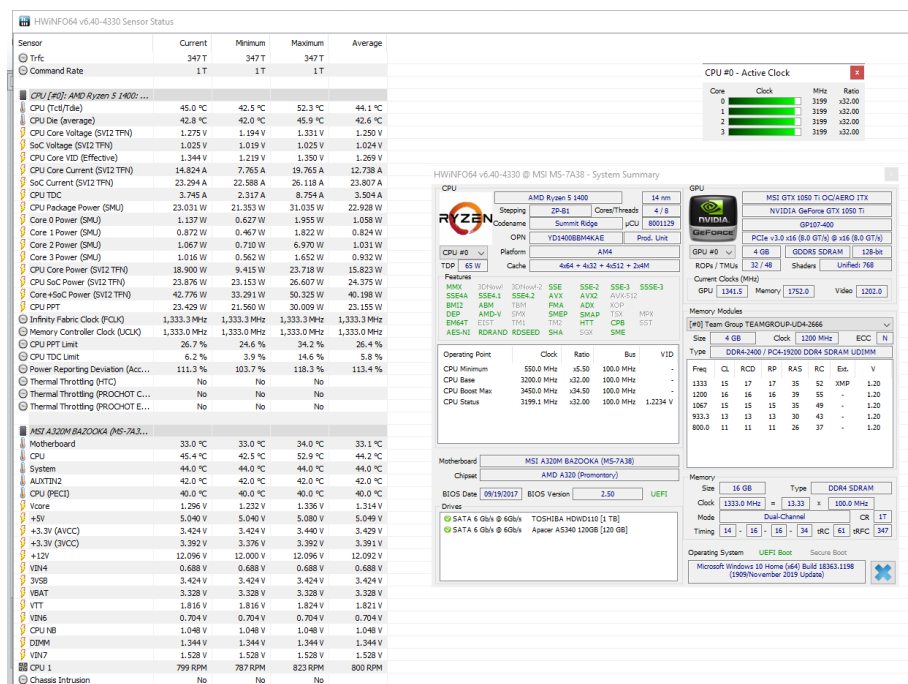


Рис. 2.7. Зображення моніторингового меню HWiNFO

MSI Afterburner - найвідоміша і широко використовувана утиліта для розгону відеокарт. Крім цього, вона служить для отримання докладної інформації про температуру компоненти комп'ютера (рис.2.8.) та пропонує додаткові функції, такі як регулювання вентиляторів, тестування продуктивності, відеозапис. Утиліта MSI Afterburner є безкоштовною та працює з відеокартами будь-яких брендів.

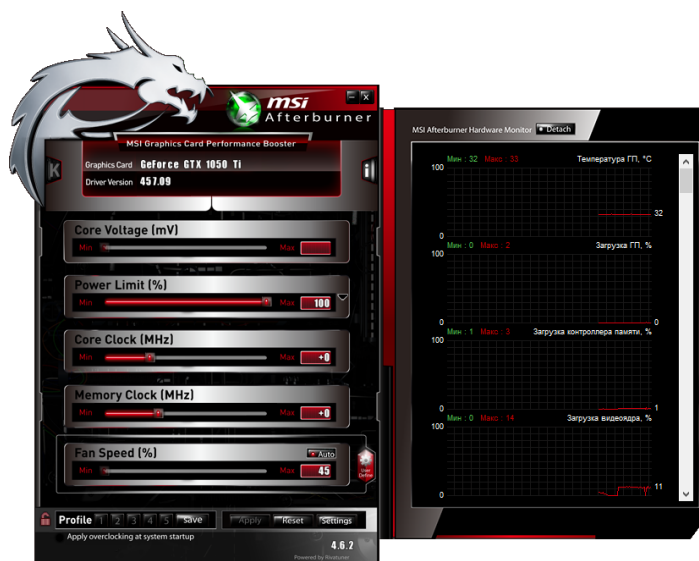


Рис. 2.8. Зображення головного меню MSI Afterburner

CrystalDiskMark - це інструмент тестування накопичувачів інформації таких як HDD або SSD з відкритим кодом для Microsoft Windows. Заснований на ліцензованому MIT інструменті Diskspd, цей графічний орієнтир зазвичай використовується для тестування продуктивності твердотілого накопичувачів. Він працює, читаючи та записуючи файловою системою залежно від обсягу (рис. 2.9.). Він генерує швидкість читання / запису в послідовних і випадкових положеннях з різною кількістю черг і потоків. Твердотільні накопичувачі, як правило, перевершують швидкість введення-виведення, оскільки на відміну від жорстких дисків йому не потрібно шукати конкретну позицію для читання чи записування.

All	5	1GiB	C: 89% (98/111GiB)	MB/s
	Read (MB/s)		Write (MB/s)	
SEQ1M Q8T1	0.00		0.00	
SEQ1M Q1T1	0.00		0.00	
RND4K Q32T1	0.00		0.00	
RND4K Q1T1	0.00		0.00	

Рис. 2.9. Зовнішній вигляд утиліти CrystalDiskMark

Blender Benchmark - це тест продуктивності графічної підсистеми та процесора (рис. 2.10.). Тест проводиться за допомогою рендеринга зображень та побудови 3D об'єктів в графічному редакторі.

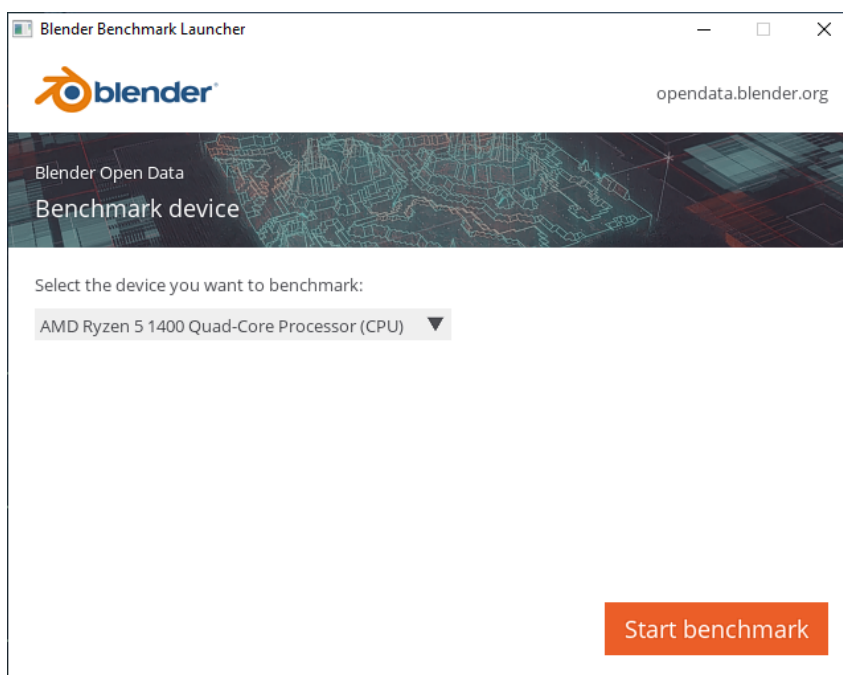


Рис. 2.10. Меню для запуску бенчмака Blender Benchmark

Cinebench R15 - це одна з найпопулярніших програм для тестування продуктивності процесора, яка при тестуванні навантажує процесор по максимуму (рис. 2.11.).

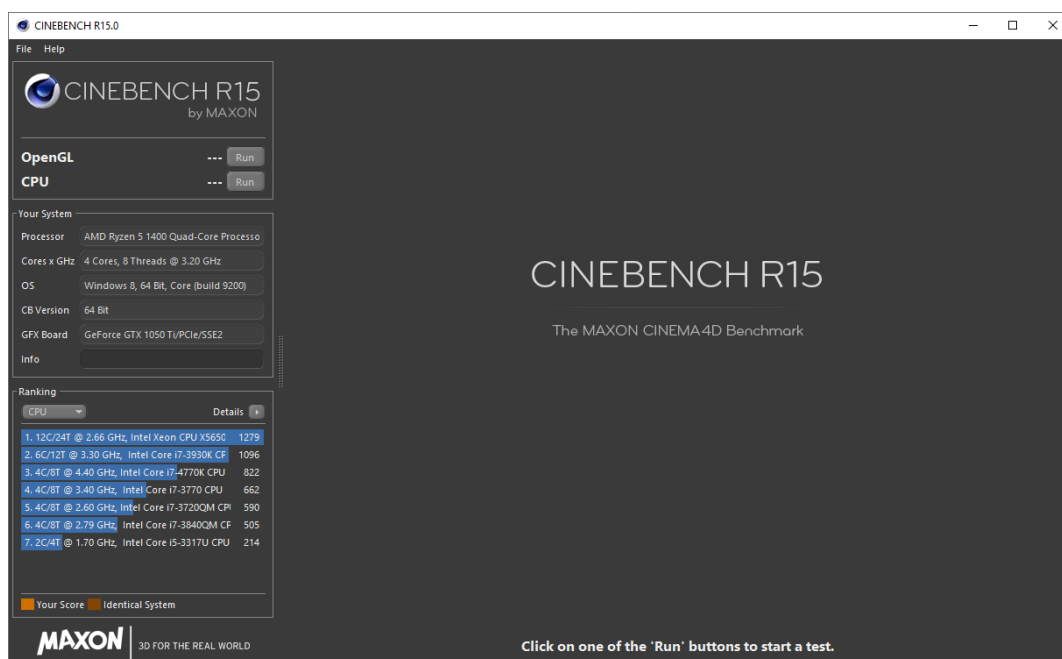


Рис. 2.11. Меню для запуску бенчмака Cinebench R15

3DMark - назва серії найпопулярніших і широко відомих комп'ютерних тестів продуктивності, розроблених фінською компанією Futuremark. Тести даної серії орієнтовані насамперед на графічні компоненти персонального комп'ютера з метою визначення продуктивності системи в комп'ютерних іграх. Основне призначення 3DMark - тестування продуктивності і стабільності графічної плати (відеокарти) і оцінка її продуктивності в умовних одиницях. Останні версії 3DMark, крім відеокарти, тестують також продуктивність центрального процесора в таких завданнях, як ігровий штучний інтелект і фізичний движок. 3DMark, по суті, візуально представляє собою комп'ютерну гру, яка є не інтерактивною, так як користувач не може впливати на геймплей (рис. 2.12.).

3DMark є однією з найпопулярніших та використовуваних програм в середовищі ентузіастів-оверклокерів та геймерів, які оцінюють й порівнюють продуктивність своїх систем за допомогою 3DMark.

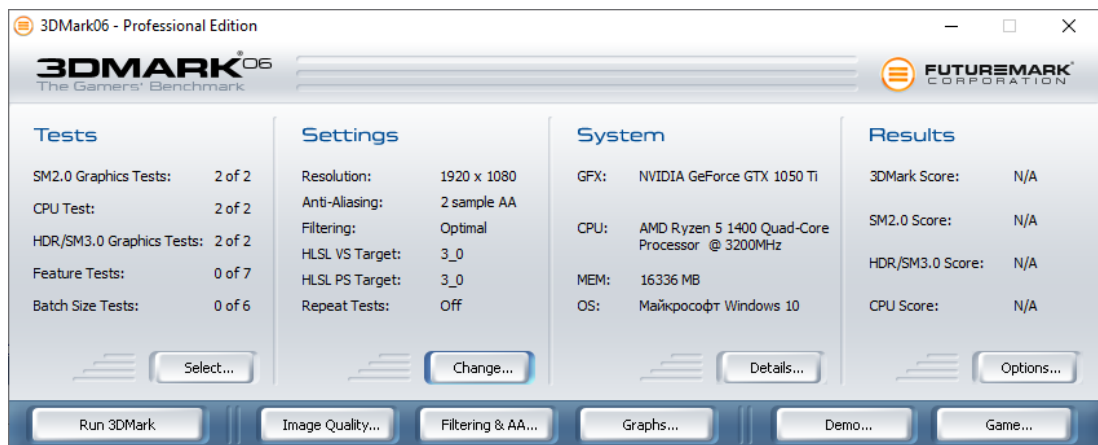


Рис. 2.12. Меню налаштування бенчмака 3DMark

2.4. Висновок до розділу 2

У розділі було розглянуто та описано новітній метод охолодження комп'ютерних систем, також було розглянуто методи та засоби перевірки ефективності запропонованого типу охолодження.

РОЗДІЛ 3

ПЕРЕВІРКА ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ

3.1. Тести та результати систем охолодження

Після апробації запропонованої системи охолодження і порівняння її із повітряною СО та звичайною водяною СО, було доведено її ефективність в опрацюванні різного типу інформації при тривалому навантаженні на комп'ютерну систему.

Отже, розглянемо результати температурних тестів цих систем охолодження в вище описаних програмах і бенчмарках (див. розд.2).

Першим тестом був проведений стрес тест процесора в програмі CPU-Z. При такому тесті процесор комп'ютера працює на повну потужність й тим виділяє надмірну кількість тепла.

Результати прогонів стрес тесту на запропонованій системі охолодження «акваріумного» типу з повним зануренням в імерсійну рідину (рис. 3.3.), повітряної СО (рис. 3.1.) та на звичайній водяній СО (рис. 3.2.) подані на відповідних рисунках.

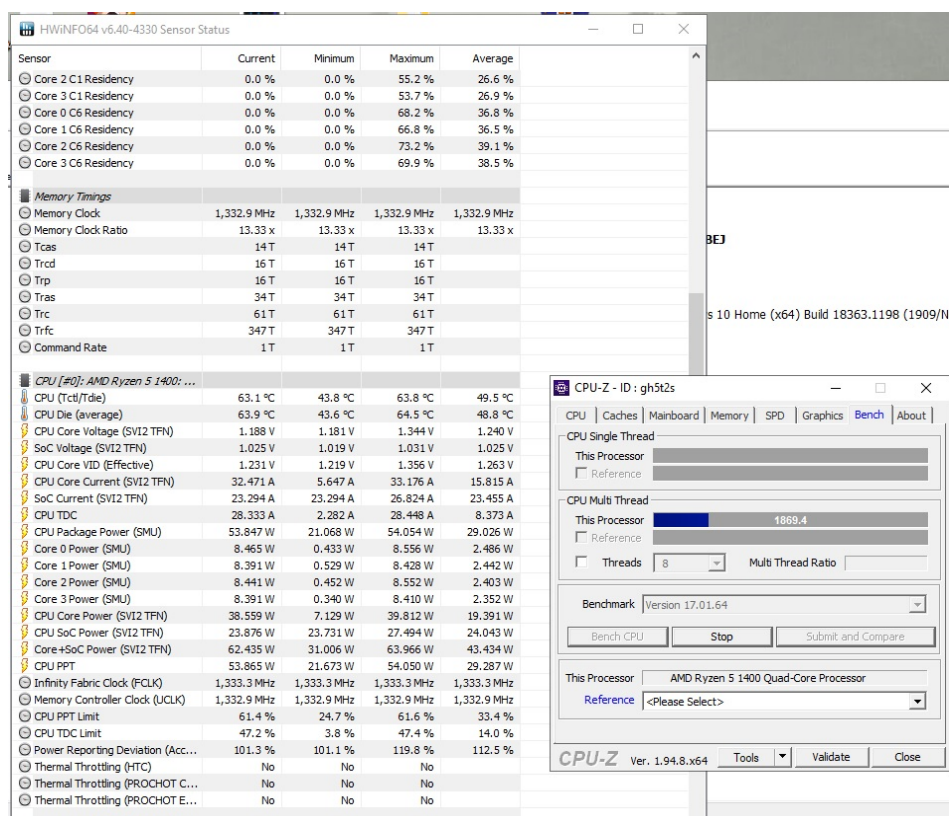


Рис. 3.1. Результат температурного стрес тесту повітряної СО

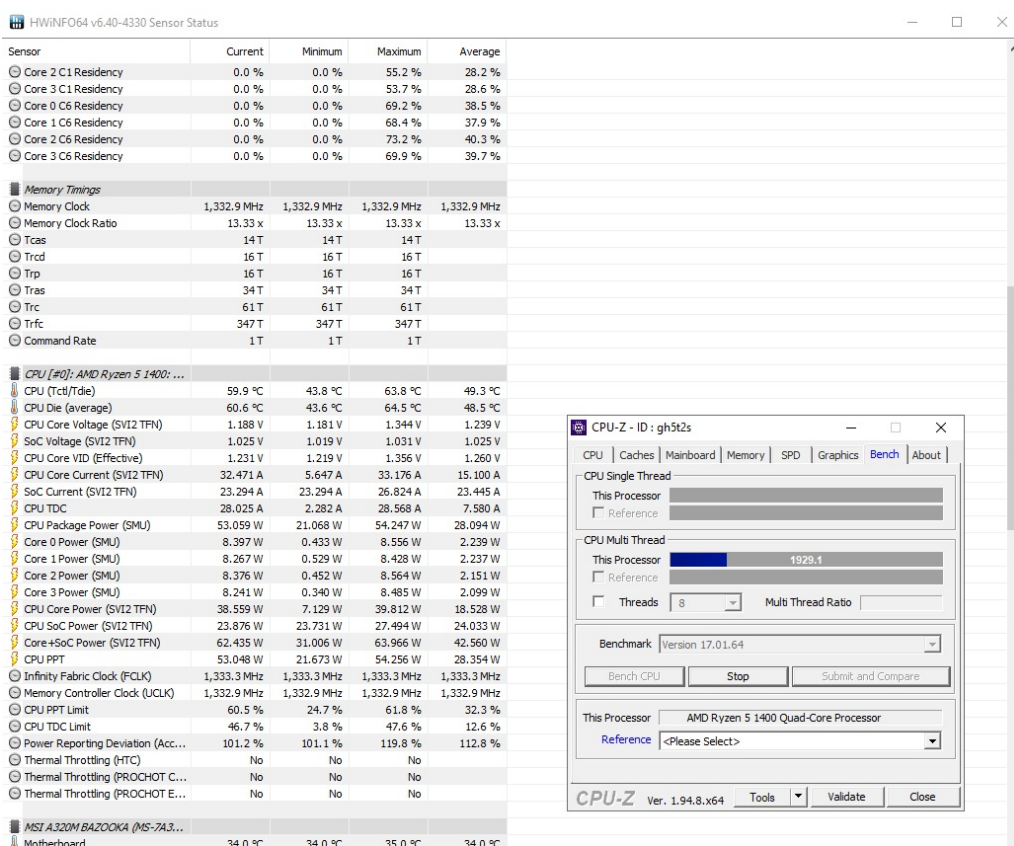


Рис. 3.2. Результат температурного стрес тесту звичайній водняній СО

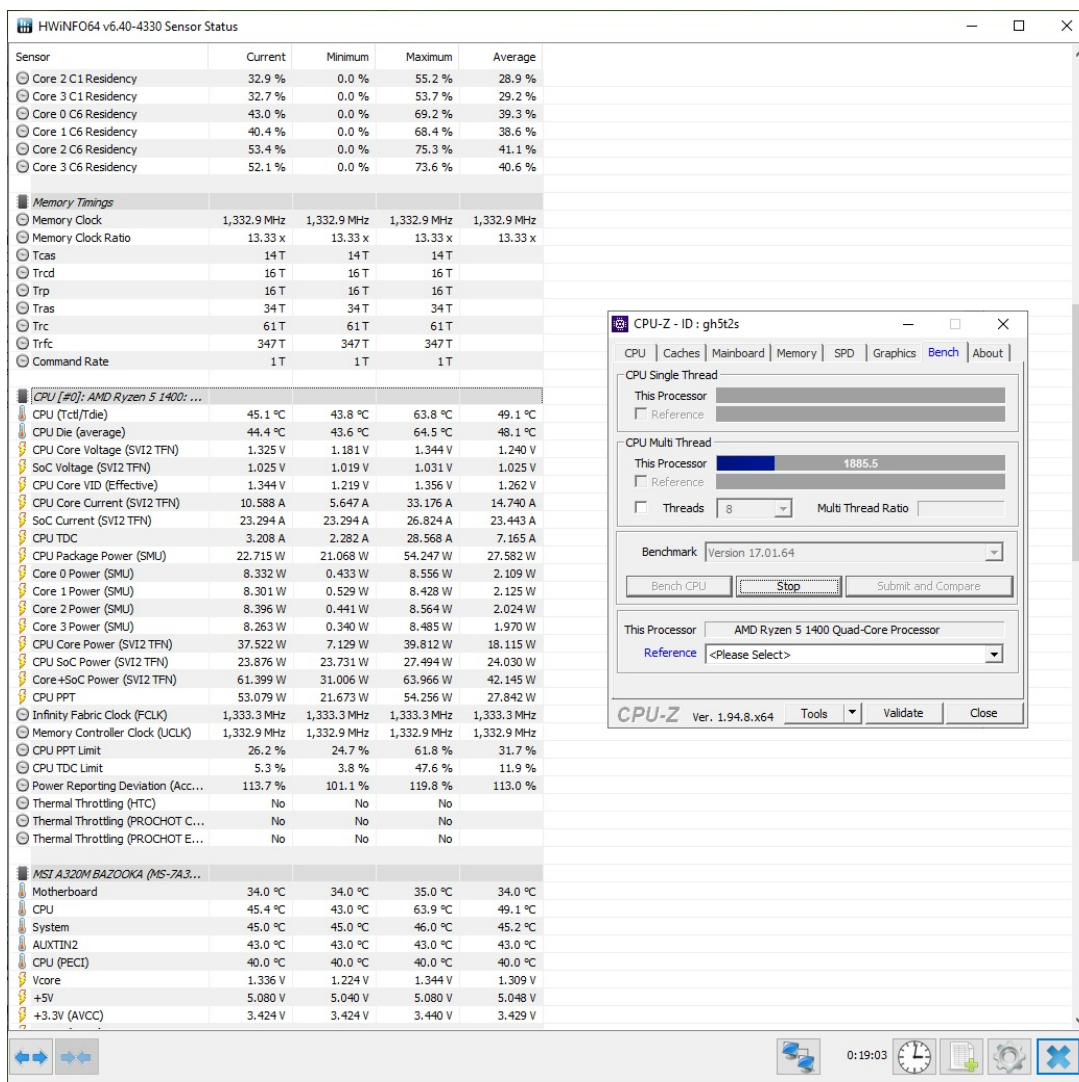


Рис. 3.3. Результат температурного стрес тесту системи охолодження «акваріумного» типу

Наступний тест проводився в AIDA64 за допомогою CPU ZLib (рис. 3.4, рис. 3.5, рис. 3.6), який тестує продуктивність процесора та підсистеми пам'яті при створенні архівів формату ZIP за допомогою популярної відкритої бібліотеки zlib. Використовує цілочисельні операції.

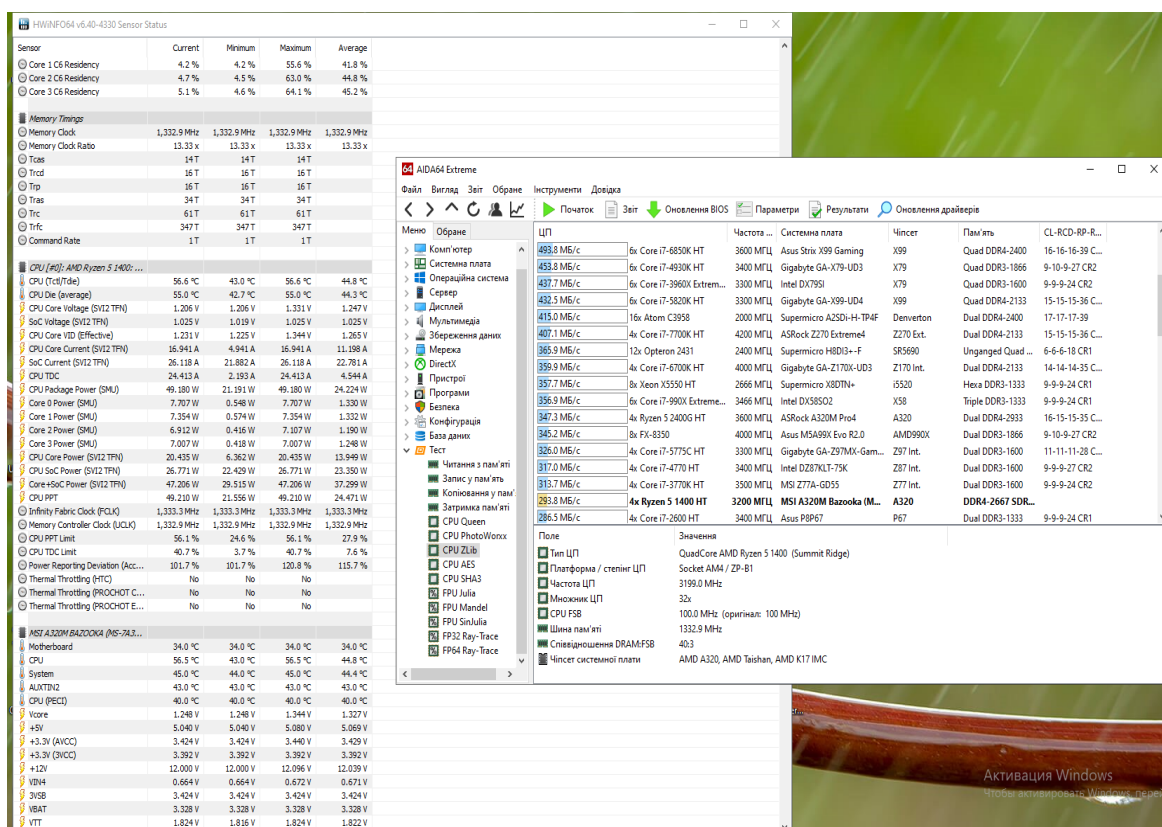


Рис. 3.4. Результат температурного тесту повітряної СО

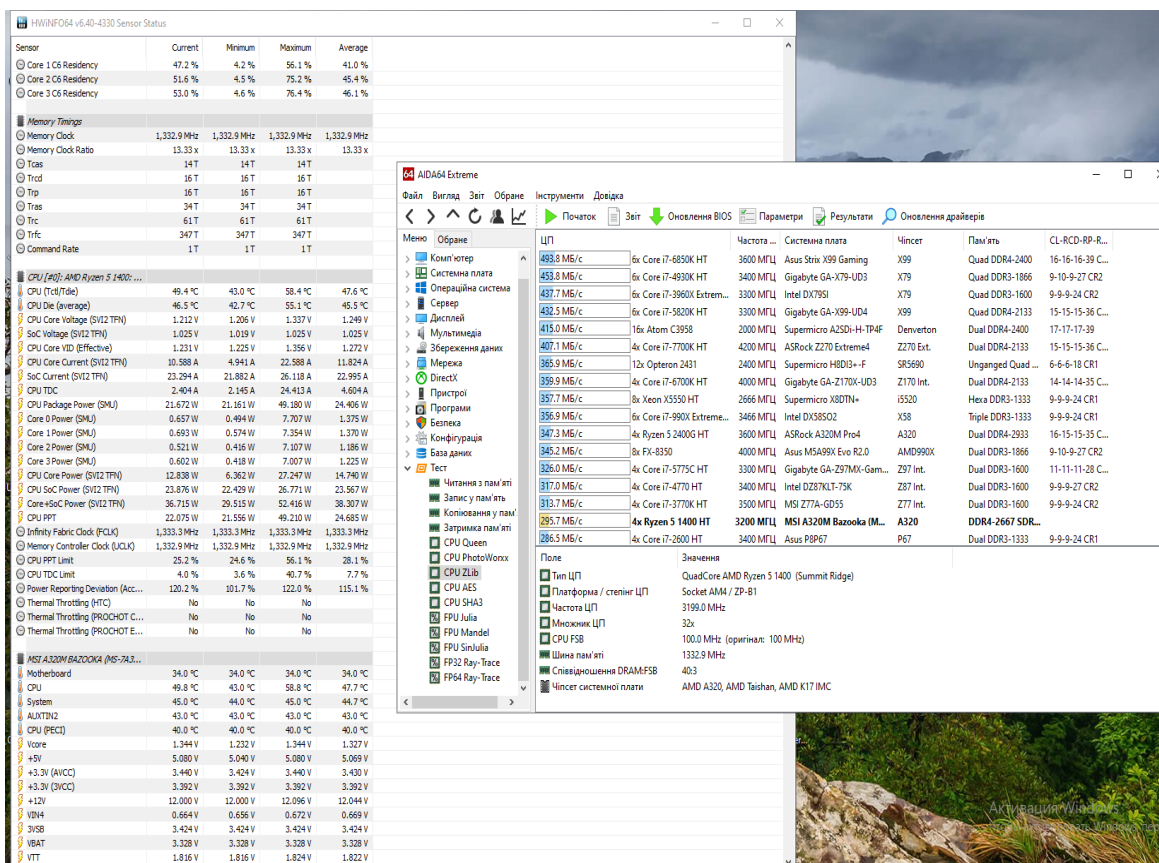


Рис. 3.5. Результат температурного тесту звичайній водної СО

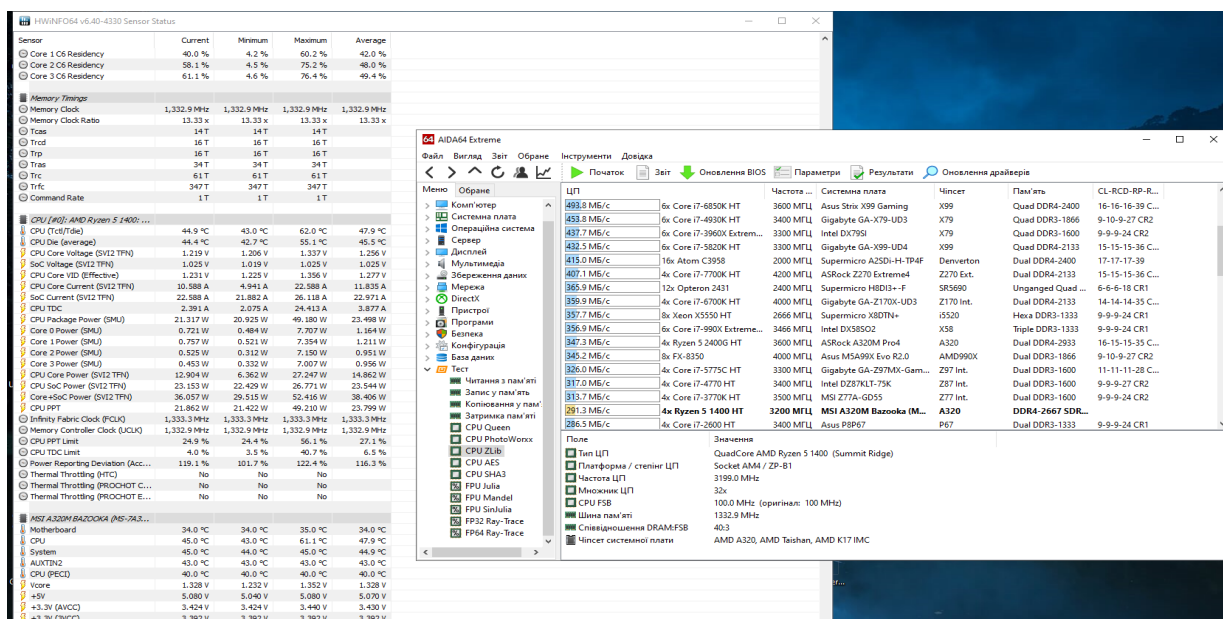


Рис. 3.6. Результат температурного тесту системи охолодження «акваріумного» типу

Третій тест проводиться у CrystalDiskMark (рис.3.7, рис.3.8, рис.3.9) – це інструмент тестування накопичувачів інформації, таких як HDD або SSD. При читанні інформації та запису її накопичувачі нагріваються і цим розігрівають повітря в корпусі, яке нагріває і всю систему.

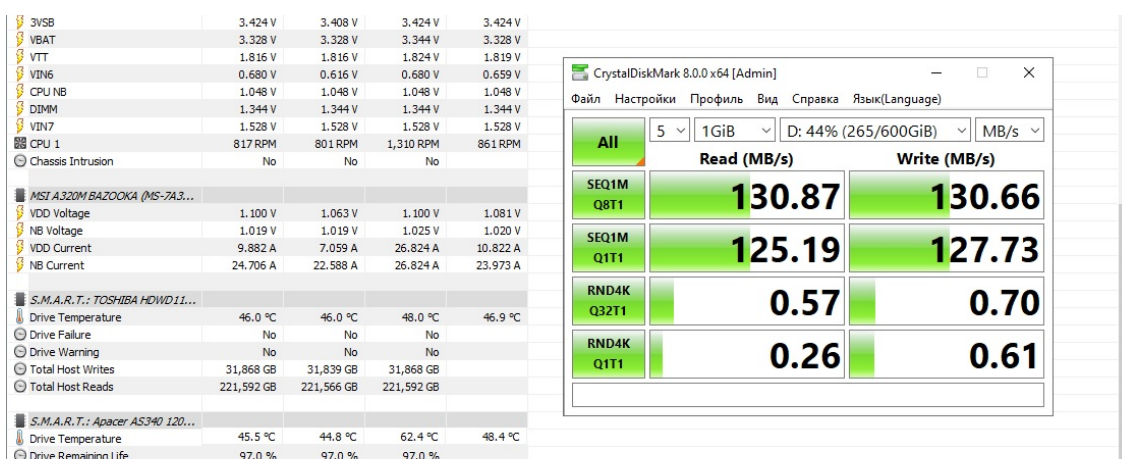


Рис. 3.7. Результат температурного тесту повітряної СО

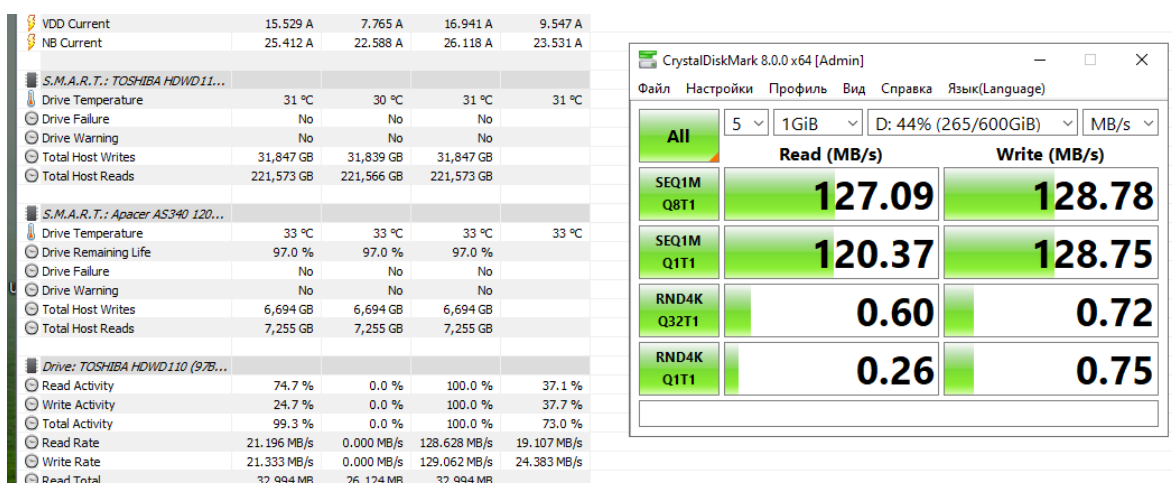


Рис. 3.8. Результат температурного тесту звичайній водяній СО

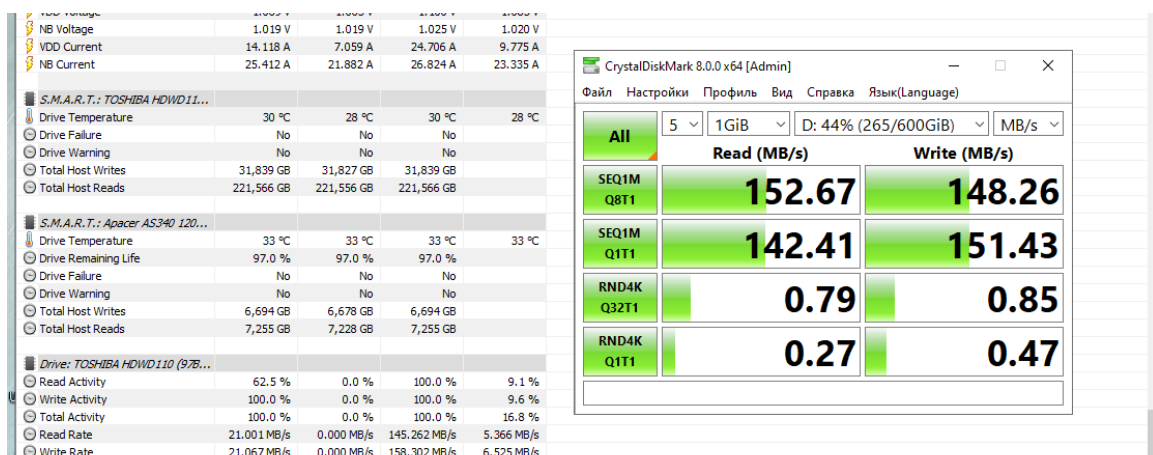


Рис. 3.9. Результатом температурного тесту системи охолодження «акваріумного» типу

Наступний температурний тест проводився за допомогою бенчмарка від Blender Benchmark (рис. 3.10, рис. 3.11, рис. 3.12) – це тест продуктивності графічної підсистеми та процесора за допомогою рендеринга зображень.

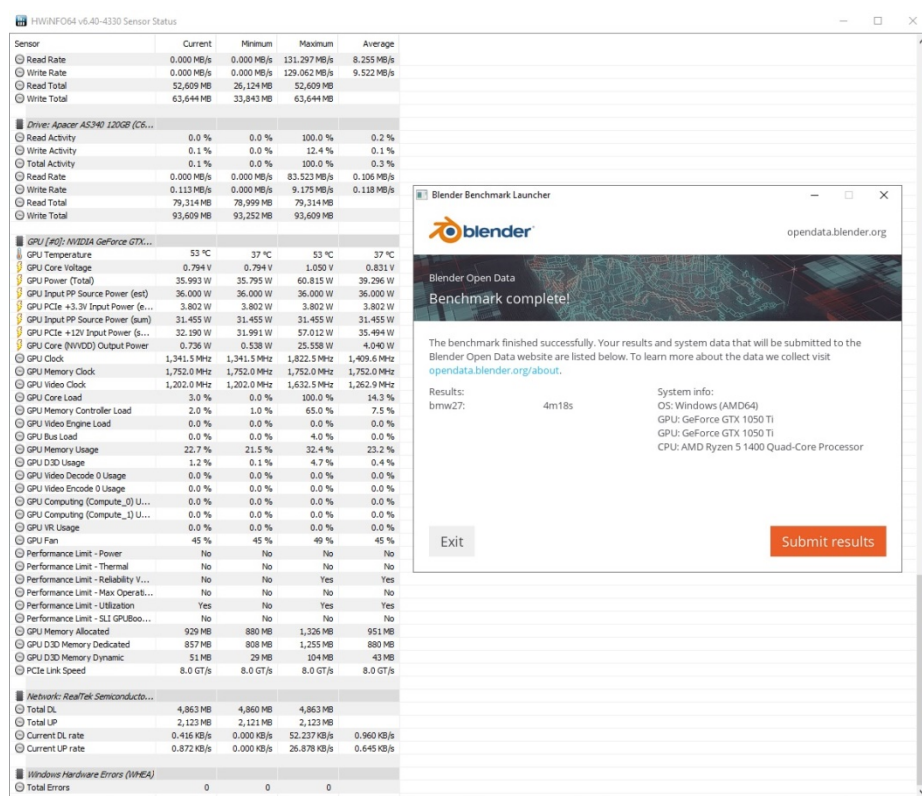


Рис. 3.10. Результат температурного тесту повітряної СО

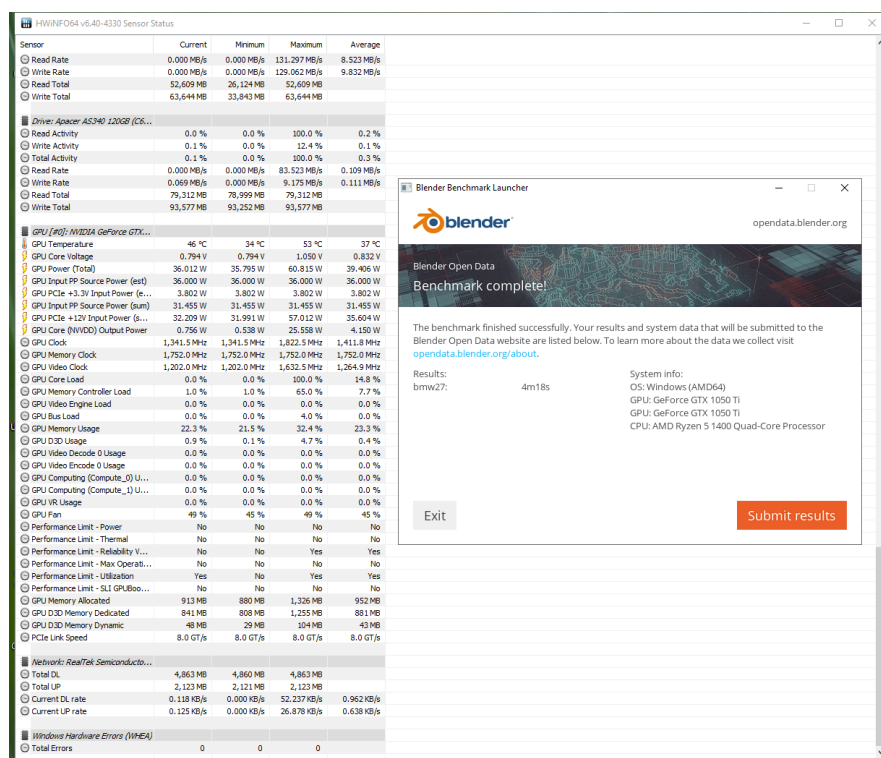


Рис. 3.11. Результат температурного тесту звичайній водняній СО

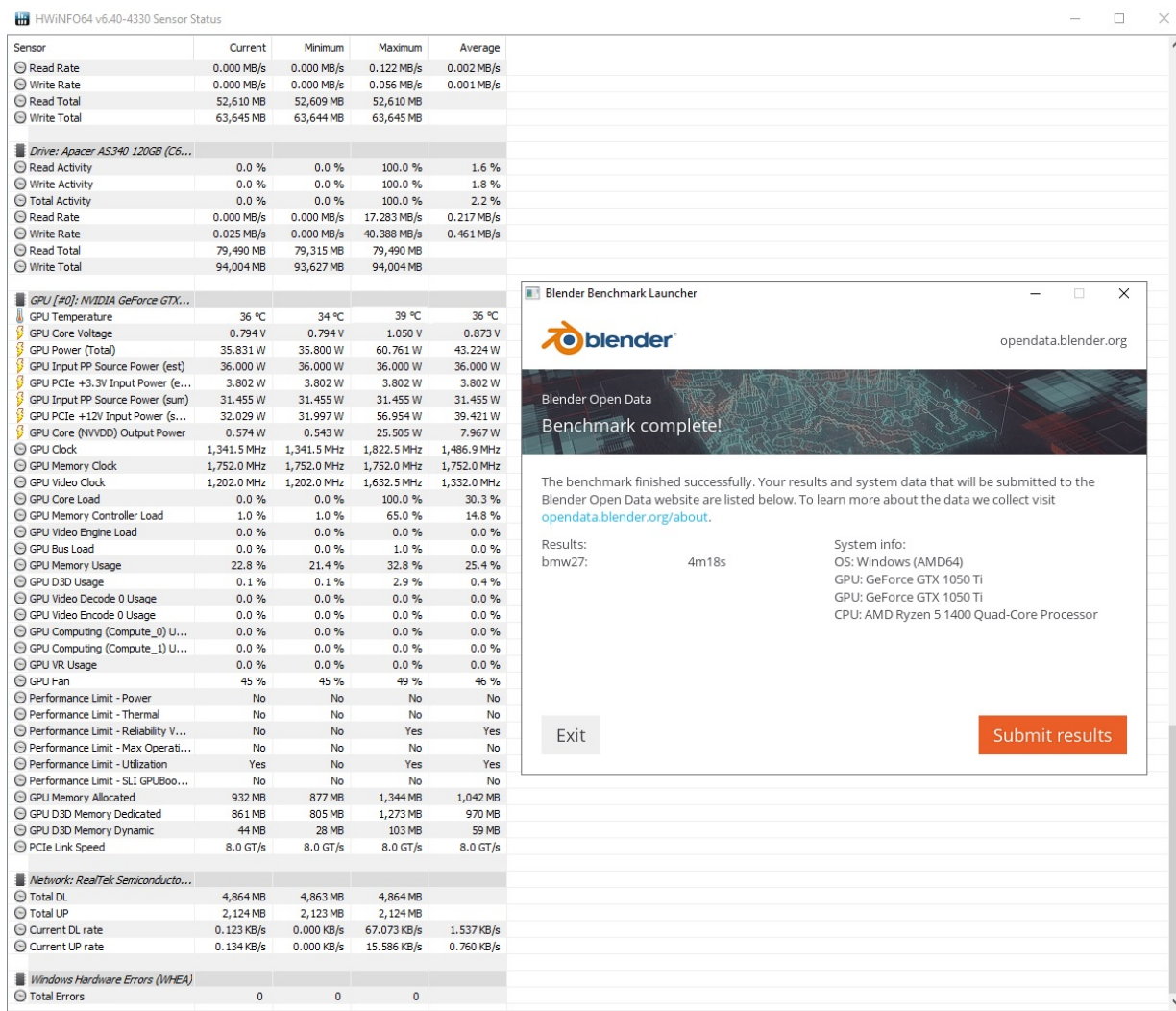


Рис. 3.12. Результат температурного тесту системи охолодження «акваріумного» типу

П'ятий тестування температури здійснено за допомогою бенчмарка Cinebench r15 (рис. 3.13, рис. 3.14, рис. 3.15), який за допомогою рендеринга зображень навантажить комп'ютерну систему.

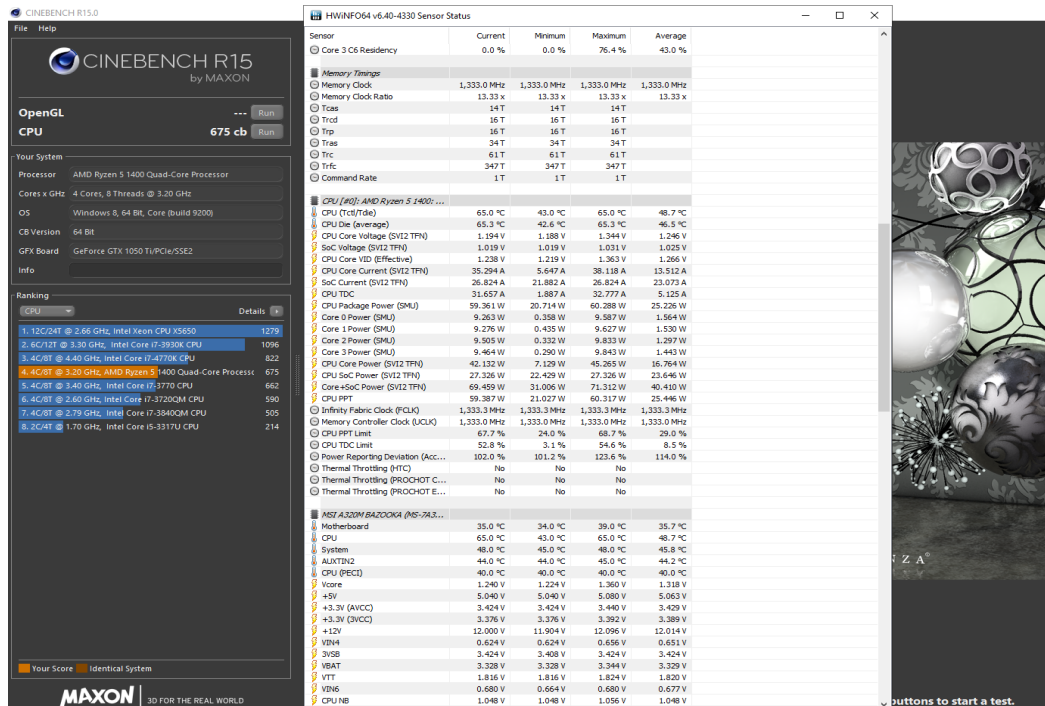


Рис. 3.13. Результат температурного тесту повітряної СО

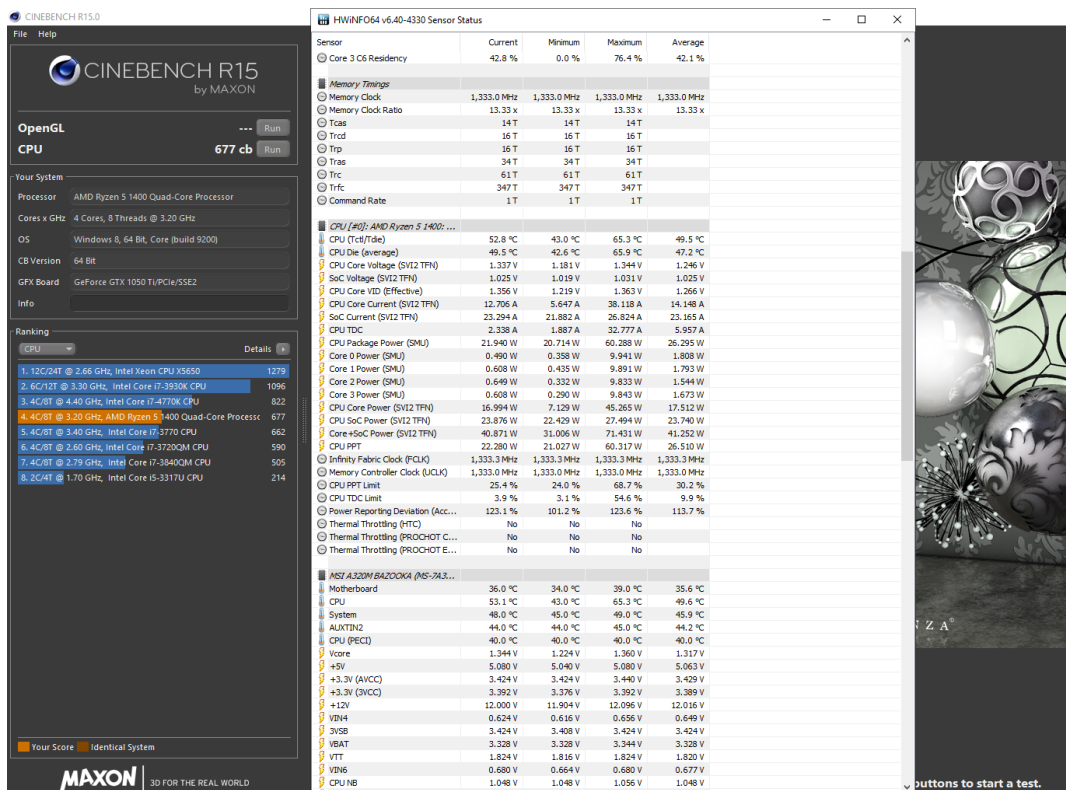


Рис. 3.14. Результат температурного тесту звичайній водняній СО

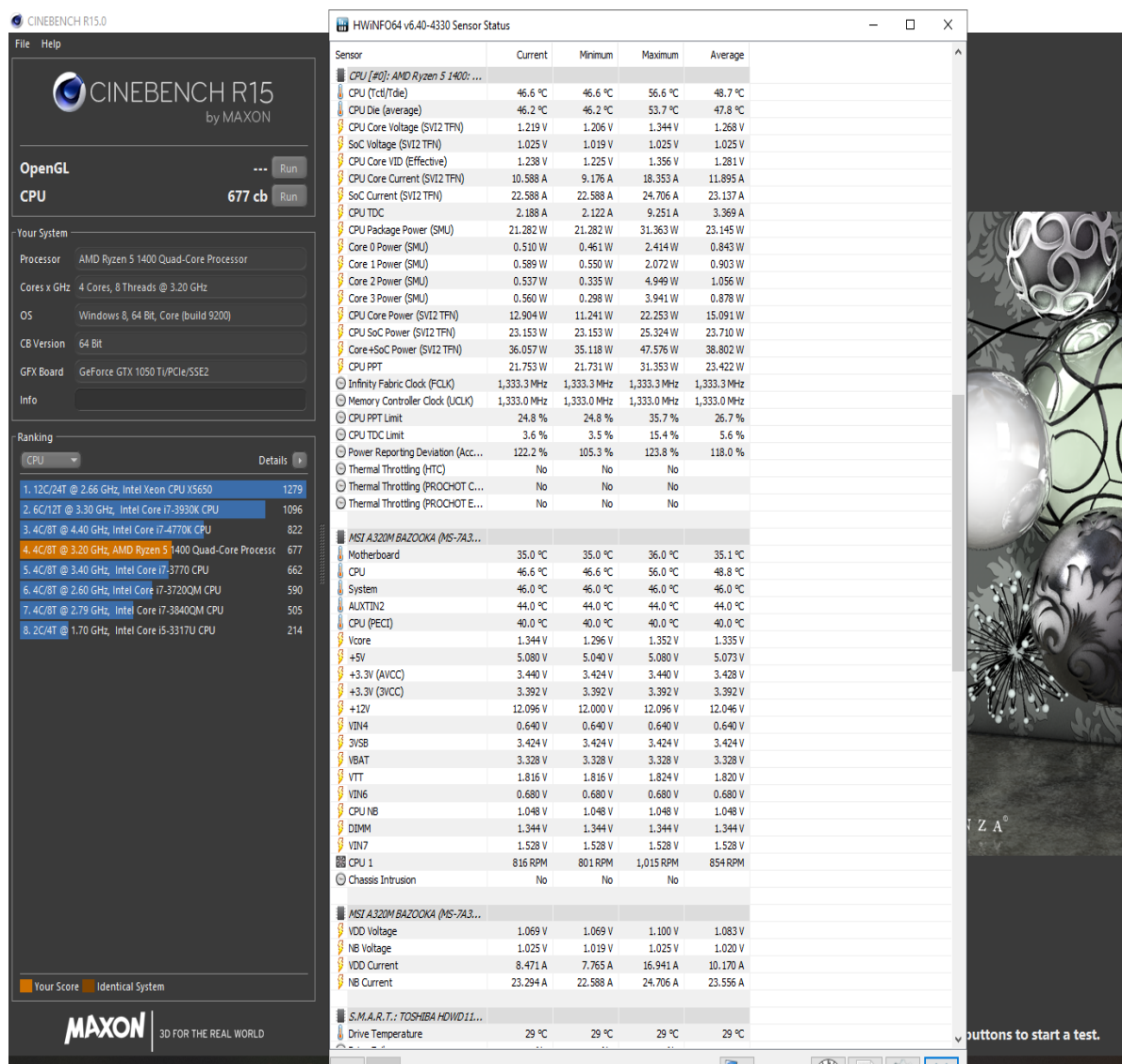


Рис. 3.15. Результат температурного тесту системи охолодження «акваріумного» типу

Останнім тестом буде проходження 3D бенчмарку у 3DMark (рис. 3.16, рис. 3.17, рис. 3.18). Основне призначення 3DMark є тестування продуктивності та стабільності графічної плати (відеокарти) й оцінка її продуктивності. Цей бенчмарк навантажує графічну та процесорну складову комп'ютерної системи на максимум.

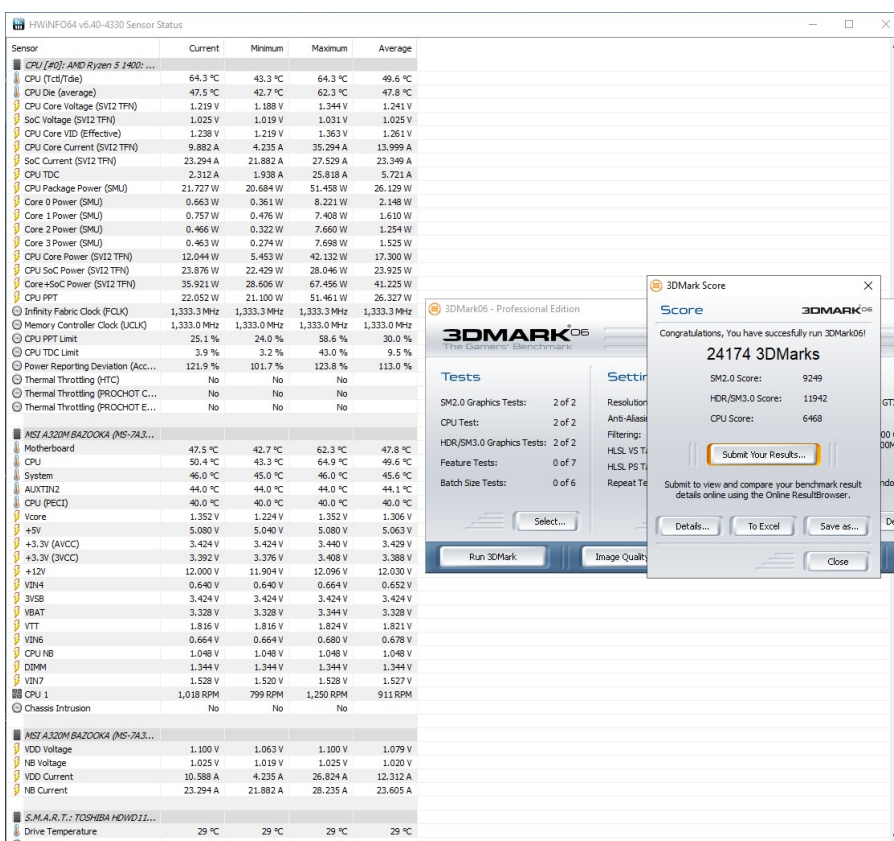


Рис. 3.16. Результат температурного тесту повітряної СО

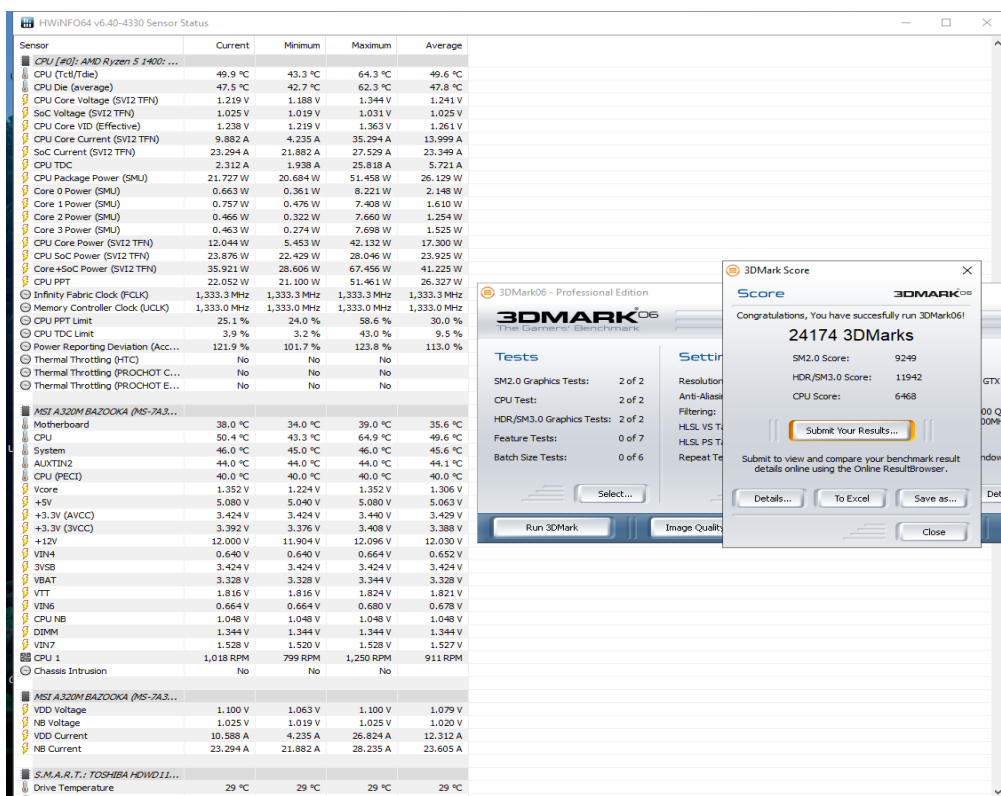


Рис. 3.17. Результатом температурного тесту звичайної водяної СО

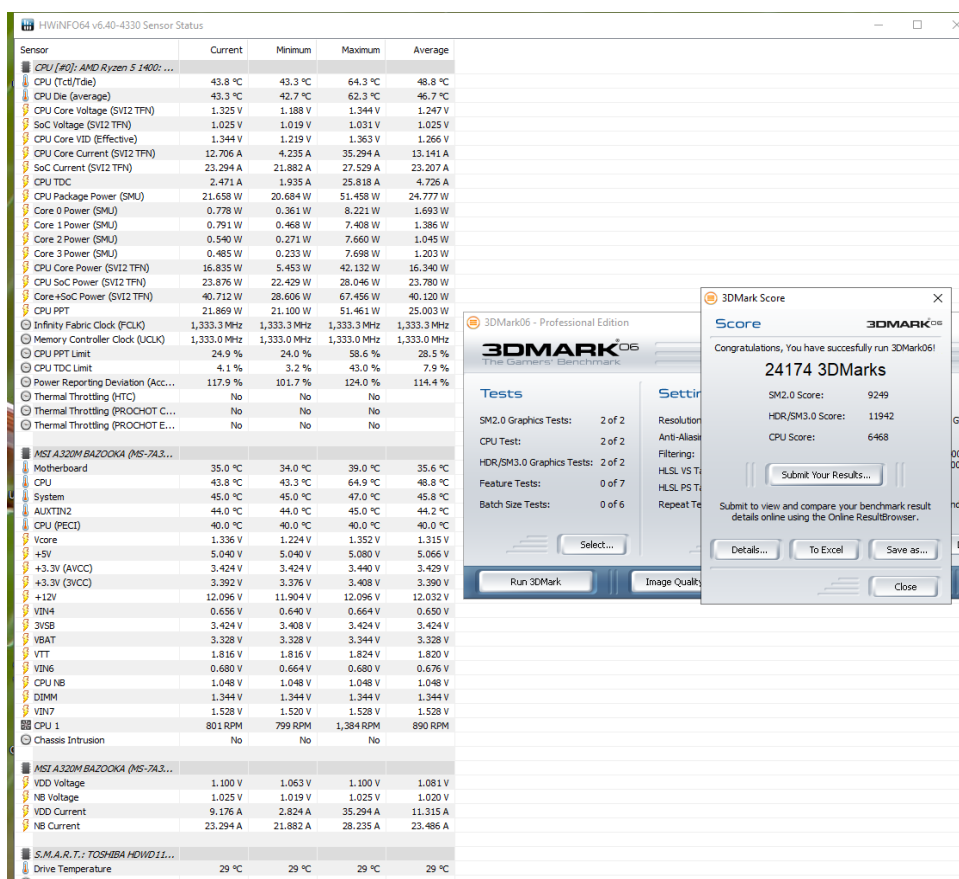


Рис. 3.18. Результатом температурного тесту системи охолодження «акваріумного» типу

Отже, результати, після проведення ряду температурних тестів та бенчмарків і порівняння запропонованої системи охолодження «акваріумного» типу з повітряною СО та звичайною водяною СО, можемо побачити в таблиці 3.1. З даної таблиці видно, що при надмірному виділенні тепла комп'ютерною системою та її елементами, при опрацюванні інформації різних типів, запропонована СО справляється набагато краще а ніж системи охолодження, які використовуються зараз.

Ще декількома плюсами системи охолодження «акваріумного» типу є те, що ця система є безшумна та менш енергозатрат на. Це обумовлено тим, що в системі відсутні вентилятори, які при охолодженні вищого рівня тепла підвищують швидкість обороту своїх лопатей й тим збільшують енергоспоживання та шум.

Таблиця 3.1.

Результати температурних тестів та бенчмарків

	Повітряна система охолодження	Звичайна водяна система охолодження	Система охолодження «акваріумного» типу
CPU-Z	63.1°C	59.9°C	45.1°C
AIDA64	56.6°C	49.4°C	44.9°C
CrystalDiskMark	46.0°C	33.0°C	30.0°C
Blender Benchmark	53.0°C	46.0°C	36.6°C
Cinebench r15	65.0°C	52.8°C	46.6°C
3DMark	64.3°C	49.9°C	43.8°C

3.2. Висновки до розділу 3

У цьому розділі описано про проведення ряду тестів та випробувань, за допомогою яких наочно показано ефективність системи охолодження «акваріумного» типу в порівнянні із тими, які застосовуються зараз.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Однією із характерних особливостей сучасного розвитку суспільства є зростання сфер діяльності людини, в яких використовуються інформаційні технології. Широке розповсюдження отримали персональні комп'ютери. Однак їх використання загостило проблеми поглинання та відведення надмірного рівня тепла яке виділяється компонентами та елементами комп'ютерних систем, вимагає удосконалення існуючих та розробки нових підходів до організації методів та засобів охолоджень комп'ютерів, проведення профілактичних заходів для запобігання критично виділеному теплу при якому наявні системи охолодження не справляються і це може спричинити непоправні поломки ПК.

Заходи з охорони праці користувачів ПК необхідно розглядати в трьох основних аспектах: соціальному, психологічному та медичному.

У соціальному плані розв'язання цих проблем пов'язане з оптимізацією умов життя, праці, відпочинку, харчування, побуту, розвитком культури, транспорту.

Значне місце у профілактиці розладів здоров'я належить психології праці. Тому заходи, пов'язані з формуванням раціональних виробничих колективів, у яких відсутня психологічна несумісність, сприяють зменшенню нервово-психічного перенапруження, підвищенню працездатності та ефективності праці.

Особливої значущості у користувачів відеодисплейних терміналів набуває психоемоційний стрес, який більшою або меншою мірою проявляється у кожного з них.

На Міжнародній конференції в Москві (1995 р.) "Общество, стресе и здоровье: стратегии в странах радикальных социально-экономических реформ" були намічені шляхи запобігання медико-соціальним наслідкам емоційного стресу. Оскільки цю проблему відразу вирішити неможливо, доцільно на рівні підприємства, організації послідовно усувати такі виробничі умови, які є сприятливими для розвитку емоційного стресу.

Значна роль у профілактиці захворювань користувачів ПК відводиться медицині. Існує перелік профілактичних заходів для користувачів ПК, що включає як складові первинної профілактики здоров'я (професійний відбір), так і вторинної, яка направлена на зниження ймовірності розвитку перевтоми та перенапруження. Ці комплексні заходи спрямовані на відновлення функціонального стану зорового та опорно-рухового апарату.

Зараз у нашій країні проводиться розробка національних нормативних документів, спрямованих на охорону праці користувачів ПК. Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК є "Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" ДСанПіН 3.3.2.007-98. До складу ДСанПіН 3.3.2.007-98 входять такі розділи:

У першому розділі вказано, на кого поширюються ці Правила. Особлива увага звертається на те, що дотримання вимог, викладених в Правилах, значно знизить наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з відеодисплейними терміналами. В першу чергу, це стосується зорових та нервово-емоційних перевантажень, серцево-судинних захворювань.

У Правилах викладені гігієнічні й ергономічні вимоги до організації робочих приміщень та робочих місць, параметрів робочого середовища, дотримання яких дає змогу запобігти порушенням стану здоров'я користувачів ПК. Правилами забороняється затверджувати нормативну і технічну документацію на нові ВДТ, постачання їх у виробництво, продаж і використання у виробничих умовах, а також закупівля їх і ввезення в Україну без:

- гігієнічної оцінки їх безпеки для здоров'я людини;
- узгодження нормативної і технічної документації на ці види продукції з органами Держсанепідемслужби і Держкомохоронпраці України.

Відповідальність за виконання цих Правил покладається на посадових осіб, фізичних осіб, які займаються підприємницькою діяльністю і здійснюють розробку, виробництво, закупівлю, реалізацію й застосування ЕОМ та ПЕОМ в адміністративних і промислових приміщеннях.

Державний санітарний нагляд за дотриманням цих Правил державними органами, підприємствами, установами, організаціями незалежно від форми власності, а також фізичними особами, які займаються підприємницькою діяльністю, покладається на органи і установи санітарно-епідеміологічного профілю Міністерства охорони здоров'я

України, відповідні установи, організації, частини й підрозділи Міністерства оборони України, Міністерства внутрішніх справ України, Державного комітету у справах охорони державного кордону України, Національної гвардії України, Служби безпеки України (ст. 31 Закону України "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення").

- Вимоги до виробничих приміщень для експлуатаціїВДТ

У цьому розділі наведена характеристика приміщень, де експлуатуються ВДТ. Наведені їх параметри.

Об'ємно-планувальні рішення будівель та приміщень для роботи з ВДТ мають відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено.

Площа на одне робоче місце становить не менше ніж 6,0 м², а об'єм - не менше ніж 20,0 м³.

Приміщення для роботи з ВДТ повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП ІТ4-79.

Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

У приміщеннях з ВДТ слід щоденно робити вологе прибирання.

Приміщення з ВДТ мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При приміщеннях з ВДТ мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою (СНиП 2.09.04.-87).

- Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища приміщень з ВДТ

Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища включають вимоги до параметрів мікроклімату, освітлення, шуму і вібрації, рівнів електромагнітного та іонізуючого випромінювання.

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з ВДТ мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря (ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86) (табл. 17.1).

Як джерела світла для штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях допускається застосування металогалоген-них ламп потужністю 250 Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ВДТ, мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83, ГР 2411-81 (табл. 17.3).

Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень, відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

Інтенсивність потоків ультрафіолетового випромінювання не повинна перевищувати допустимих значень, відповідно до СН 4557-88.

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпусу відеотерміналу при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не повинна перевищувати 0,1 мбер/год (100 мкР/год).

4.2 Проведення рятувальних та інших невідкладних робіт на об'єкті господарської діяльності в осередку ураження (зараження).

Об'єкт господарської діяльності – це підприємства (державні і "приватні), установи і організації, навчальні заклади та інші. На всіх об'єктах Цивільна оборона організовується з метою завчасної підготовки їх до захисту від наслідків надзвичайних ситуацій, зниження втрат, створення умов для підвищення стійкості роботи об'єктів та своєчасного проведення рятувальних та інших невідкладних робіт (РІНР).

Відповідальність за організацію та стан Цивільної оборони, за постійну готовність її сил і засобів до проведення РІНР несе начальник

цивільної оборони (НЦО) об'єкта – керівник підприємства, установи та організації.

Начальник ЦО об'єкта підпорядковується відповідним посадовим особам міністерства (відомства), у підпорядкуванні якого знаходиться об'єкт, а також начальнику ЦО міста (району), на території якого розташований об'єкт. На допомогу начальнику ЦО об'єкта призначається заступник, або декілька. Як правило, призначаються заступники з інженерно-технічної частини, евакуації, матеріально-технічного постачання.

Заступник начальника ЦО з евакуаційних заходів керує підготовкою плану евакуації на кожну можливу надзвичайну ситуацію, організовує підготовку місць для розміщення евакуйованих; керує службою охорони громадського порядку і організовує перевезення робітників та службовців в райони розселення до місця праці (на об'єкти).

Заступник начальника ЦО з інженерно-технічної частини – головний інженер об'єкта – керує підготовкою плану переведення підприємства на особливий режим роботи, здійснює заходи щодо підвищення стійкості роботи підприємства в умовах надзвичайних ситуацій, керує аварійно-технічною, протипожежною службами та службою сховищ і укриттів. Він же здійснює технічне керівництво рятувальними та невідкладними аварійно-відновлювальними роботами в районі лиха, аварії та в осередку ураження.

Заступник начальника ЦО з матеріально-технічного постачання – заступник або помічник директора з постачання – забезпечує накопичення та збереження спеціального майна, техніки, інструментів, засобів захисту і транспорту. На нього покладається матеріально-технічне забезпечення, будівництва (пристосування) укриттів, проведення евакозаходів, РІНР та інших заходів.

В склад керівництва Цивільної оборони об'єкта входять також керівники громадських організацій.

При начальникові ЦО об'єкта створюється штаб ЦО – орган управління начальника Цивільної оборони. Склад штабу залежить від

значення підприємства. Штаб ЦО комплектується як штатними працівниками ЦО, так і за рахунок посадових осіб, не звільнених від виконання основних обов'язків, та складається із начальника штабу, його заступників (помічників) з оперативно-розвідувальної роботи, бойової підготовки, а також інших спеціалістів (виходячи із специфіки виробництва чи обстановки).

Робота штабу організовується на підставі наказів, розпоряджень та вказівок начальника ЦО об'єкта, старшого штабу та рішень місцевої державної адміністрації (органу виконавчої влади). Начальник штабу є першим заступником начальника ЦО об'єкта. Йому надається право від імені начальника ЦО віддавати накази та розпорядження з питань Цивільної оборони на об'єкті.

Штаб Цивільної оборони здійснює заходи щодо захисту робітників і службовців та забезпечує своєчасне оповіщення населення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій. Організовує і забезпечує безперервне управління Цивільної оборони. Розробляє план дій органів управління і сил ЦО об'єкта з запобігання та ліквідації НС, періодично коригує та організовує його виконання. Організовує та контролює навчання робітників, службовців з Цивільної оборони та підготовки невоєнізованих формувань об'єкта.

На об'єкті залежно від характеру його виробничої діяльності створюються служби ЦО: оповіщення і зв'язку; медична; радіаційного та хімічного захисту; охорони-громадського порядку; протипожежна; енергопостачання та світломаскування; аварійно-технічна; сховищ і укриттів; транспортна; матеріально-технічного постачання та інші. На них покладаються виконання спеціальних заходів і забезпечення дій, формувань при проведенні РІНР.

Керівництво службами здійснюють їх начальники, які призначаються наказом начальника ЦО об'єкта, з числа начальників відділів, цехів, на базі яких вони створені. Начальники служб зобов'язані підтримувати в постійній готовності сили та засоби служби, знати політичні, моральні і ділові якості підлеглих і проводити з ними виховну роботу, заняття та навчання.

Начальники служб беруть участь у розробці плану дій органів управління і сил із запобігання і ліквідації НС та самостійно розробляють необхідні документи служб. На них покладається своєчасне забезпечення підлеглих формувань спеціальним майном і технікою.

Служба оповіщення та зв'язку створюється на базі вузла зв'язку об'єкта (диспетчерського зв'язку, електроцеху). На службу покладається: організація своєчасного оповіщення керівного складу, робітників та службовців, населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій; організація зв'язку та підтримування його у постійній готовності. Крім того, служба усуває аварії на мережах і спорудах зв'язку, що знаходяться в осередках ураження, районах лиха.

Медична служба організовується на базі медсанчастини (поліклініки) об'єкта. Начальник служби – головний лікар. Служба забезпечує комплектування, навчання і підтримування в готовності медичних формувань; накопичення запасів медичного майна та медичних засобів індивідуального захисту; медичну розвідку і санітарно-епідемічне спостереження.

Надає медичну допомогу ураженим та проводить евакуацію їх у лікарняні установи, здійснює медичне забезпечення робітників, службовців і членів їх сімей у місцях розміщення евакуйованих.

Служба радіаційного і хімічного захисту розробляє і здійснює заходи щодо захисту людей, харчоблоків, складів продуктів від дії радіоактивних та отруйних речовин: створює і навчає формування і установи радіаційного та хімічного захисту; здійснює контроль за станом засобів індивідуального захисту, приладів і спеціальної техніки; веде радіаційну та хімічну розвідку, здійснює контроль за опроміненням та зараженням особового складу, проводить заходи щодо ліквідації радіоактивного і хімічного зараження.

Служба охорони громадського порядку створюється на базі підрозділів оборони та народних дружин. Вона забезпечує надійну охорону об'єкта; підтримування громадського порядку в районах лиха та під час

проведення РІНР; сприяє своєчасному укриттю працюючих за сигналами ЦО; контролює дотримання режиму світломаскування.

Служба енергопостачання та світломаскування створюється на базі відділу головного енергетика. Начальник служби – головний енергетик об'єкта. Служба розробляє заходи щодо забезпечення безперебійного постачання газу, тепла, електроенергії на об'єкт. Здійснює оснащення уразливих ділянок енергетичних мереж різного роду системами та засобами захисту; планує проведення заходів зі світломаскування та підготовчі заходи першочергових відновлюваних робіт; проводить невідкладні аварійно-відновлювальні роботи на енергомережах.

Аварійно-технічна служба організовується на базі виробничого, технічного відділів або відділу головного механіка. Вона розробляє і здійснює заходи щодо захисту унікального обладнання, підвищення, стійкості основних споруд, спеціальних інженерних мереж і комунікацій; проводить невідкладні роботи по розбиранню завалів, локалізації і ліквідації аварій на комунікаціях та спорудах об'єкта.

Служба сховищ і укриттів створюється на базі відділу капітального будівництва, житлово-комунального відділу, будівельних бригад (цехів). Вона займається відпрацюванням розрахунків укриття робітників, службовців, населення; забезпеченням готовності сховищ і укриттів та контролем за правильністю їх експлуатації; організацією будівництва захисних споруд. На її особовий склад покладається забезпечення своєчасного заповнення сховищ і укриттів за сигналами оповіщення ЦО. Крім того, служба бере участь у рятувальних роботах при розкритті завалених сховищ і укриттів.

Транспортна служба створюється на базі транспортного цеху (гаража). Вона розробляє і здійснює заходи щодо забезпечення, перевезень евакуйованих; організовує перевезення сил і засобів до осередку ураження (в районах лиха); готує транспорт для перевезення людей, евакуації уражених і для інших цілей ЦО; проводить роботи щодо знезараження транспорту.

Служба матеріально-технічного постачання створюється на базі відділу матеріально-технічного постачання об'єкта. Вона розробляє план матеріально-технічного постачання; своєчасно забезпечує формування усіма видами оснащення і продовольства; організовує ремонт техніки і різного майна, підвезення його до ділянок (місць) робіт, здійснює зберігання та облік; забезпечує продуктами та предметами першої необхідності персоналу як на об'єкті так і в місцях розселення (евакуації).

На невеликих об'єктах господарської діяльності служби ЦО не створюються, їх функції при проведенні необхідних заходів виконують структурні органи управління цих об'єктів.

ВИСНОВКИ

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

Проведено аналіз публікацій та статей про методи та засоби регулювання температурних режимів комп'ютерних систем, а саме:

- екстремальні та не стандартні методи та засоби регулювання температурами комп'ютерних систем;
- поглинання та відведення рідинами надмірно виділеного тепла від елементів та компонентів комп'ютерних систем;
- аналіз наявних засобів боротьби з перегрівом ПК;
- ефективність наявних методів терморегулювання комп'ютерних систем;

Перевірено на практиці в реальних умовах теоретично побудованих методів та засобів регулювання температурних режимів та відведення надмірно виділеного тепла комп'ютерних систем.

Досліджено вплив та ефективність наявних методів та засобів на тривалу роботу з опрацювання різних типів інформації, та обрано оптимальний варіант уникнення виходу із ладу компонентів та елементів комп'ютерної системи через надмірне тепловиділення.

Наочно показано ефективність запропонованого типу охолодження в порівнянні з наявними на системах охолодження та температурної регуляції, та перераховано додаткові плюси при використанні даного типу охолодження, а саме: можливість компонування систем із щільнішим розміщенням компонентів що в свою чергу дозволить при тому самому розмірі серверного приміщення поставити більшу кількість серверних кластерів, низький рівень

шуму, менше енергоспоживання через відсутність вентиляторів, низький ризик пошкодження або виходу із ладу електроніки.

Обґрунтовано метод усунення надмірного тепловиділення систем при різних рівнях навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методи та засоби регулювання температурними режимами комп'ютерних систем. Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (25-26 листопада 2020, м. Тернопіль). Тернопіль, 2020. 210 с.

2. Методи регулювання процесів охолодження комп'ютерних систем. Матеріали VIII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (9-10 грудня 2020, м. Тернопіль). Тернопіль, 2020. 223 с.

3. О. В. АНТОНЕНКО, І. О. БАРДУС. Архітектура комп'ютера та конфігурування комп'ютерних систем: [навчальний посібник]. Бердянськ, 2018. 299 с.

4. В.Д. Тарарака. Архітектура комп'ютерних систем. Навчальний посібник. ЖДТУ 2018. – 386 ст.

5. ГІЛЬЧУК А.В., ХАЛАТОВ А.А.. ТЕОРІЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ. Навчальний посібник. Київ 2017. – 86 ст.

6. А.М. Сергиєнко. Архитектура компьютеров. Конспект лекцій. – К.: НТУУ«КПІ». 2015. – 198 с.

7. Скотт Мюллер. Модернизация и ремонт ПК. Издательский дом “ВИЛЬЯМС” Москва, Санкт–Петербург, Киев 2011. 1072ст. ISBN 978-5-8459-1668-6 (рус.)

8. Scott Mueller. UPGRADING and REPAIRING PCs. 22nd Edition. 2015. – 2080p. ISBN-13: 978-0-7897-5610-7. ISBN-10: 0-7897-5610-2.

9. Andrew S. Tanenbaum, Herbert Bos. Modern operating systems. Fourth edition. Vrije universiteit Amsterdam, the Netherlands. 2015. – 1137p. ISBN-10: 0-13-359162-x, ISBN-13: 978-0-13-359162-0.

10. Andrew S. Tanenbaum, Maarten Van Steen. Distributed systems. Second Edition. University of California at Berkeley. 2005. – 702p.
11. Правильне охолодження процесора. URL: <https://polarize.ru/uk/grafika/pravilnoe-ohlazhdenie-processora-tihaya-zavod-sobiraem/> (дата звернення: 06.10.2020).
12. Лившиц А.Л., Мальц Э.А. Статистическое моделирование систем массового обслуживания. М.: Сов. Радио. 1978. 241 с.
13. Ю. М. Поплавко Фізика діелектриків: [Підручник]. Київ НТУУ «КПІ», 2015. 565 с.
14. Закон України «Про охорону праці». Відомості Верховної ради України (ВВР), 1992, №2694-ХІІ, ст. 1.
15. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги.
16. Кодекс цивільного захисту України. 2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/5403-17> (дата звернення: 01.11.2020).
17. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист (підручник). Київ, 2013. 487 с.

Додаток А
Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
 Національна академія наук України
 Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
 Маріборський університет (Словенія)
 Технічний університет у Кошице (Словаччина)
 Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
 Шяуляйська державна колегія (Литва)
 Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
 Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
 Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
 Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
 Наукове товариство ім. Шевченка
 ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного
 університету імені Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

**IX Міжнародної науково-технічної
 конференції молодих учених та студентів**

25-26 листопада 2020 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2020

*Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020.*

- | | | |
|-----|---|----|
| 37. | Т.В. Копина, Р.Б. Трембач
ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ЗА ПАРАМЕТРАМИ
ВІБРАЦІЇ | 56 |
| 38. | Д.О. Гривнак, Р.Б. Трембач
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ РЕДУКТОРІВ | 56 |
| 39. | А.С. Пензовський, Р.Б. Трембач
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПАРИ | 58 |
| 40. | Ю.З. Лещини, М.В. Павлюк
ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ
ТЕМПЕРАТУРНИМИ РЕЖИМАМИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» | 60 |
| 41. | О.В. Палка
ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РОЗУМНОГО МІСТА | 62 |
| 42. | С.І. Петрук, М.О.Хвостівський
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДУМОК ЛЮДИНИ ПРИ ВИМОВІ БУКВ ПОДУМКИ
ЗА СИГНАЛАМИ МОЗКУ ЛЮДИНИ | 63 |
| 43. | У.В. Поливана
АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ
ПІД ЧАС СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВІВ | 65 |
| 44. | М.О. Слободян, М.О. Лівчук, С.К. Підченко
АЛГОРИТМ ШИФРУВАННЯ ДАНИХ
ЗА ДОПОМОГОЮ ДИСКРЕТНИХ ХАОТИЧНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ | 67 |
| 45. | А. М. Слободяник
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИРШЕННЯ ПРОБЛЕМ ІЗ
РЕАЛІЗАЦІЄЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ | 69 |
| 46. | П.Д. Стухляк, В.О. Наумов, Р.З. Золотий
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛІСТІЙКОСТІ ТА УДАРНОЇ В'ЯЗКОСТІ
ЕПОКСИДНОЇ СМОЛИ ПРИ ТРИВАЛІЙ ВИТРИМЦІ | 71 |
| 47. | Є.В. Тиш, В.М. Палух
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ | 72 |
| 48. | І.І. Тхір
ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТИХ ДАНИХ ПРИ РОЗРОБЦІ ОНЛАЙН-
СЕРВІСІВ В УКРАЇНІ | 73 |
| 49. | І.А.Чорняк
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ | 75 |

УДК 004.7

Є.В. Тиш, канд. техн. наук, В.М. Палиук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

Ie.V. Tysh, PhD, V.M. Paliukh

**METHODS AND TOOLS OF COMPUTER SYSTEMS TEMPERATURE MODES
ADJUSTMENT**

Регулювання температурними режимами комп'ютерних систем передбачає утримування максимального рівня продуктивності даних систем при надмірному нагрівні елементів або ж системи в цілому при опрацюванні великих об'ємів інформації таких типів як: графічна, звукова, текстова, числова, відеоінформація.

Використання наявних методів та засобів терморегулювання, що поширені на даний час, в певній мірі не є максимально ефективними при використанні однієї системи для опрацювання різних типів інформації, адже при опрацюванні різного типу інформації застосовуються окремі елементи для опрацювання або ж усі елементи разом. Наприклад, при опрацюванні графічної інформації можуть використовуватися декілька компонентів системи, а саме: відеокарта та центральний процесор. При цьому нагріваються не тільки ці компоненти, але й материнська плата, яка слугує елементом, що поєднує усі компоненти, а також накопичувачі пам'яті HDD, SSD та NVMe, які зберігають цю інформацію. При такому сценарії експлуатації нагрівання системи досягає максимального рівня та комплектні системи охолодження, які намагаються урегулювати температуру цих компонентів й елементів та системи в цілому, не справляються з цією задачею. Наслідком неспроможності цих систем охолодження відрегулювати температуру до прийняттого рівня є вихід із ладу різних елементів цих компонентів: транзисторів, елементів живлення, чипів пам'яті, а також головних елементів опрацювання інформації – центрального процесора або графічного процесора, при цьому відновлення їх працездатності є неможливим.

Доповідь присвячено обґрунтуванню новітнього методу та засобу регулювання температурних режимів комп'ютерних систем, що враховує усі вище перераховані ризики спричинені надмірним тепловиділенням. Досліджувана система терморегулювання дає можливість охолоджувати усі компоненти та елементи комп'ютерної системи одночасно, на відміну від стандартних систем охолодження, що охолоджують компоненти систем окремо. Описана система регулювання температурних режимів використовує акваріумний рідинний тип охолодження, при якому усі елементи та компоненти є зануренні у діелектричну рідину, що не є провідником електричного струму, але є провідником тепла. При такому охолодженні комп'ютерної системи тепло, що виділяють елементи та компоненти системи, буде відводиться рівномірно та одночасно є можливість усунути ризик перегріву елементів та компонентів, що не охолоджуються або охолоджуються не достатньо.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

МАТЕРІАЛИ

VIII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



9–10 грудня 2020 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2020**

А. Довгань ЦИФРОВА ЕКОНОМІКА І ПРОБЛЕМА ПОВСЯКДЕННОСТІ СВОБОДИ ОСОБИ	
A. Dovgan DIGITAL ECONOMY AND THE PROBLEM OF EVERYDAY FREEDOM OF THE INDIVIDUAL	188
С. Глива, І. Стельмах, Ю. Владика ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ	
S. Hlyva, I. Stelmakh, Yu. Vladyka PECULIARITIES OF DESIGN OF SEISMO STABLE METAL STRUCTURES	192
С. Кінах, Д. Баран ОСОБЛИВОСТІ ПОКРИВЕЛЬ ІЗ ПВХ МЕМБРАНИ	
S. Kinakh, D. Baran FEATURES OF ROOFS FROM A PVC MEMBRANE	193
В. Корницький, Д. Баран ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАНИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ САНДВІЧ ПАНЕЛЕЙ	
V. Kornytckiy, D. Baran MAIN TASKS OF RESEARCH OF THE LIMIT LOAD FOR SANDWICH PANELS	194
Ю. Левчук, Д. Бар ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД В ДОСЛІДЖЕННЯХ НАПРУЖЕНО- ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ	
Y. Levchuk, D. Baran NUMERICAL METHOD IN STUDIES OF STRESS-DEFORMED CONDITION OF SUPPORTING STRUCTURES	195
О. Облещук, Д. Баран ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАРКАСУ ІЗ ЛСТК І НА БОЛТОВИХ З'ЄДНАННЯХ	
O. Obleschuk, D. Baran COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF THE FRAMEWORK WITH LSTWS AND ON BOLT JOINTS	196
І. Терлецька, Н. Черномаз ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	
I. Terletska, N. Chornomaz INCREASING THE FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES	197
А. Дембічак, Г. Химич ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗВУКІВ ДЛЯ ГОЛОСОВОГО КЕРУВАННЯ ІОТ ДЕВАЙСАМИ	
A. Dembichak, G. Khymych JUSTIFICATION OF SOUND RECOGNITION METHOD FOR VOICE CONTROL OF IOT DEVICES	198
Є. Тиш, В. Палиух МЕТОДИ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОХОЛОДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	
Ie.Tysh, V. Paliukh METHODS OF REGULATING THE COOLING PROCESSES OF COMPUTER SYSTEMS	199

УДК 004.7

Є.В. Тиш, канд. техн. наук, В.М. Палиух

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОХОЛОДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

UDC 004.7

Ie.V. Tysh, PhD, V.M. Paliukh

METHODS OF REGULATING THE COOLING PROCESSES OF COMPUTER SYSTEMS

Усі комп'ютери, як персональні, так й серверні, встановлені в різних лабораторіях надпотужні комп'ютерні системи, потребують охолодження. Будь-яка електроніка нагрівається, так як спожиту нею електроенергію вона перетворює у тепло. У персональних комп'ютерів тепло, яке виділяють компоненти розсіюється за допомогою вентиляторів, радіаторів та систем водяного охолодження різних окремих компонентів. Але в разі надмірного тепловиділення, що не було враховане та розраховане на ті елементи та системи охолодження, які наявні в цих комп'ютерних системах, можливий вихід з ладу компонентів або ж систем в цілому, вихід з ладу яких може призвести до неочікуваних витрат коштів та втрат часу в певних видах робіт, що залежать від швидкості виконання поставлених завдань.

Переважно для охолодження серверних комп'ютерних систем використовують кондиціонери, що знижують температуру в приміщенні. Однак у такої системи є ряд недоліків. Якщо використовувати для охолодження повітря з вулиці, то пил і волога, яка попадає в приміщення, де розміщені ці комп'ютерні системи, осідають на електронних компонентах та псують елементи. Окрім того, пил, що осів на теплорозсіювальні радіатори центральних процесорів, не дає змоги нормально охолодити пристрої повітряним потоком кондиціонера. А зволене повітря, при попаданні на електричні контакти, може викликати коротке замикання та корозію елементів, при яких вони можуть вийти з ладу.

Ще один з недоліків – сильний шум, який видають кондиціонери та вентилятори. Але головний мінус повітряного охолодження в тому, що воно не здатне впоратися з підвищенням рівня продуктивності компонентів комп'ютерних систем та зростаючим виділенням тепла від них.

Рішення цієї проблеми – це система регулювання температурних режимів, що використовує акваріумний рідинний тип охолодження. При цьому усі елементи та компоненти є занурені у діелектричну рідину, що не є провідником електричного струму, але є провідником тепла. При такому охолодженні комп'ютерної системи тепло, що виділяють елементи та компоненти системи, буде відводитися рівномірно та одночасно. Це дає можливість усунути ризик перегріву елементів та компонентів, що не охолоджуються або охолоджуються не достатньо.

Доповідь присвячено обґрунтуванню інноваційного методу охолодження комп'ютерних систем, при якому вся система занурюється в діелектричну рідину, що не завдає шкоди комп'ютерним компонентам та елементам та ефективно охолоджує їх. Такий метод охолодження значно знижує витрати енергії, а також ефективніше бореться з надмірним тепловиділенням в порівнянні з повітряним охолодженням та дозволяє уникнути проблем, які виникають у наявних на ринку засобах рідинного охолодження.