

4.3 Запропонувати оптимальний варіант охолоджувальної системи для процесора згідно завдання.

4.4. Запропонувати сучасні засоби та шляхи зменшення масогабаритних параметрів системи охолодження.

5. Перелік графічного матеріалу з зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) презентація.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз завдання на атестаційну роботу	17.10.19	
2.	Аналітичний огляд наявних систем охолодження та кондиціонування повітря, забезпечення відповідного теплового режиму елементів РЕА.	25.10.19	
3.	Порівняльний аналіз методів та засобів контролю параметрів та режимів роботи систем охолодження	12.11.19	
4.	Опис сучасних засобів та шляхів зменшення масогабаритних параметрів системи охолодження	20.11.19	
5.	Вибір варіанту та дослідження охолоджувальної системи для процесора згідно завдання	29.11.19	
6.	Оформлення пояснювальної записки	04.12.19	
7.	Підготовка презентації	06.12.19	
8.	Подання роботи до захисту	10.12.19	

Дата видачі завдання

14 жовтня 2019 року

Студент _____ Гончаров С.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ доцент Галат О.Б.
(підпис) (посада, прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складається з: 71с., 26 рис., 6 табл., 2 додатки, 26 джерел.

СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ, КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРИ, ЕЛЕМЕНТ ПЕЛЬТЬЕ, РІДИННЕ ОХОЛОДЖЕННЯ, КРИТЕРІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ, КОМПРЕСОР, МІКРОКОНТРОЛЕР, ХОЛОДОАГЕНТ.

Об'єкт дослідження – система охолодження процесора комп'ютерної відеокарти.

Мета роботи – вибір компоновки та дослідження особливостей режиму роботи системи охолодження процесора комп'ютерної відеокарти.

Метод дослідження – аналітичний метод порівняння засобів та методів охолодження елементів радіоелектронної апаратури, вибір найбільш ефективних шляхів оптимізації масогабаритних параметрів системи охолодження, порівняльний аналіз розрахунків засобів керування систем охолодження.

Розглянуто методи та засоби забезпечення температурного режиму елементів радіоелектронної апаратури, сучасні напрямки підвищення ефективності систем охолодження та кондиціонування, зокрема використання рідинного охолодження та елементів Пельтьє. Запропоновано компоновку та схему компактної рідинної системи охолодження відеокарти.

Результати роботи можуть використовуватися для проектування систем охолодження тепловиділяючих елементів радіоелектронної апаратури.

ABSTRACT

Explanatory note consists of: 71p., 26Fig., 6table, 2annex, 26sources.

COOLING SYSTEM, TEMPERATURE CONTROL, PELTIER ELEMENT, LIQUID COOLING, OPTIMIZATION CRITERIA, COMPRESSOR, MICROCONTROLLER.

The object of study is a computer graphics card processor cooling system.

The purpose of the job is to choose the layout and research the cooling mode of the computer graphics processor.

The research method is an analytical method of comparing the means and methods of cooling of elements of radio-electronic equipment, the choice of the most effective ways of optimizing the mass-dimensional parameters of the cooling system, a comparative analysis of the calculations of the control systems of the cooling systems.

Methods and means of temperature control of radio electronic equipment elements, modern directions to increase efficiency of cooling and conditioning systems, in particular use of liquid cooling and Peltier elements are considered. Compact liquid graphics card cooling system design is proposed.

The results of the work can be used for the design of cooling systems for the radiating elements of radio electronic equipment.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1 СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ	11
1.1 Системи кондиціювання повітря	11
1.2 Класифікація систем кондиціювання	11
1.3. Порівняння різних типів систем кондиціювання	14
1.4 Промислові VRV та VRF -системи	21
2 ТЕХНОЛОГІЯ КОНДИЦІЮВАННЯ	25
2.1 Історія виникнення систем кондиціювання	25
2.2 Технологія кондиціювання повітря	27
2.3 Питання підвищення енергоефективності	29
2.4 Параметри оптимального режиму роботи охолоджувальної системи	31
2.5 Принципи системи контролю охолоджуваної установки	34
2.6 Датчики системи контролю та керування охолоджувальною установкою	35
2.7 Електрична схема системи контролю та керування охолоджувальною установкою	43
3 РІДИННА СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ	48
3.1 Ґрунтовні принципи функціонування систем охолодження РЕА	48
3.2 Система охолодження тепловиділяючих елементів персонального комп'ютера	50
3.3 Аналіз переваги і недоліки рідинного охолодження	52
4 РОЗРОБКА, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОХОЛОДЖЕННЯМ ВІДЕОКАРТИ	54
4.1 Обґрунтування необхідності додаткового охолодження блоків РЕА	54
4.2 Система охолодження відеокарти	55
4.3 Особливості конструкції	58
4.4 Сумісність і монтаж	62
4.5 Використання елемента Пельтьє	66

ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	69
ДОДАТОК А Відомість атестаційної роботи магістра	71
ДОДАТОК Б Презентація	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- BEMS – система керування енергоспоживанням будівлі;
- CPU – Central Processor Unit (центральний процесор);
- HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points;
- HDD – Hard Disk Drive (жорсткий диск) ;
- PET – Polyethylene terephthalate (поліетилентерефталат) ;
- SNAP – Sentinel Application Platform;
- VRF – Variable Refrigerant Flow («змінний потік холодоагенту»);
- VRM – Voltage Regulator Module (модуль регулятора напруги) ;
- VRV – Variable Refrigerant Volume («змінний обсяг холодоагенту»);
- ЕА – електронна апаратура;
- ПК – персональний комп'ютер;
- ППП – потенціал глобального потепління;
- РЕА – радіоелектронна апаратура;
- СРО – система рідинного охолодження;

ВСТУП

Важливим елементом електронної техніки, наприклад персонального комп'ютера (ПК), є пристрій його охолодження. Оскільки основні компоненти ПК використовують електричний струм, то їм властиво нагріватися, і крім того ступінь їх нагрівання лінійно залежить від ступеня навантаження на ці компоненти. Відповідно, навіть для найпростішого електронного приладу потрібна базова система охолодження. Грунтовні принципи проектування та розробки систем охолодження електронно-обчислювальної апаратури викладені в [1-3]. В праці [4] наведені методики розрахунків теплового режиму вузлів електронної апаратури і відповідні програми розрахунку.

Контроль теплового критерію є важливим фактором при розробці доволі довговічних сенсорних систем [5]. Проблемам безконтактного теплового контролю елементів електронної апаратури (ЕА) присвячені статті [6-7]. Застосування безконтактного теплового контролю в сфері приладів електронної промисловості і його безсумнівні переваги підтверджені експериментально [7]. Особливо велика увага при виробництві електронної апаратури приділяється питанням її випробувань на вплив теплових потоків [8]. Більшість типових дефектів електронних пристроїв, визначається за допомогою теплових методів контролю. В роботі [9] наведено методику виконання теплових випробувань і приклади її реалізації на базі лабораторних робіт з проведення досліджень температурних режимів роботи ЕА. Описано теплові режими функціонування вузла охолодження радіоелектронної апаратури (РЕА) при різних варіантах реалізації систем охолодження.

Пропонована методика направлена на аналіз існуючих систем охолодження, виявлення переваг і недоліків досліджуваних методів охолодження. Згодом змінюється елементна база, з'являються нові

конструктивні і технологічні можливості контролю і моніторингу температурних режимів РЕА та методів керування ними. Це підтверджує актуальність дослідження методик і засобів адаптивного управління температурними режимами РЕА, в тому числі в форсованих режимах, в яких працюють більшість сучасних відеокарт.

В роботі [10] наводяться методики оцінки теплових режимів вузлів РЕА, які підкріплені відповідним програмним забезпеченням. В роботі [11] дано конкретні практичні рекомендації щодо розрахунку радіаторів, наведено обґрунтування вибору радіаторів для виробів РЕА, розглянута методика розрахунку, наводяться рекомендації щодо використання. У монографіях [12, 13] розкриті питання автоматизації моделювання теплових полів при природному і примусовому повітряному охолодженні

Мета роботи – вибір компоновки та дослідження особливостей режиму роботи системи охолодження процесора комп'ютерної відеокарти.

1 СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

1.1 Системи кондиціонування повітря

Підтримувати мікроклімат в приміщенні, забезпечуючи відповідність заданим параметрам можливо за допомогою цілого комплексу спеціальних технічних методів та засобів, що об'єднується назвою «система кондиціонування повітря».

Процес кондиціонування повітря - процес, що дозволяє створювати і підтримувати в приміщеннях оптимальні значення температури, вологості і чистоти повітря, що сприятливо діє на працездатність та взагалі здоров'я людини.

Системи кондиціонування здатні працювати на охолодження та обігрів, завдяки наявності вбудованих фільтрів тонкої і грубої очистки підтримувати чистоту повітря в приміщенні, а так само осушувати повітря і здійснювати вентиляцію

Сучасні системи кондиціонування дуже відрізняються технічними характеристиками та варіантами виконання. Об'єднує їх призначення: створювати і забезпечувати необхідні параметри повітря (ці параметри залежить насамперед від типу системи, її призначення, зокрема варто відзначити склад повітря, його швидкість, відносну вологість повітря, температуру).

Наведемо короткий огляд типів систем кондиціонування для виявлення головних особливостей і ознайомлення з технічними характеристиками.

1.2 Класифікація систем кондиціонування

За призначенням можна розділити систем кондиціонування на комфортні та технологічні.

За потужністю системи умовно підрозділяють на побутові і комерційні.

За побудовою існують прецизійні, мультизональні, системи чиллер-фанкойл, дахові, центральні, шафові та інші.

Чим відрізняються комфортні і технологічні системи? Комфортні системи призначаються для створення і підтримки необхідних умов мікроклімату в приміщеннях [14]. Ці системи можуть бути побутові і комерційні. Значної відмінності тут немає, але в побуті, зазвичай, використовуються менш продуктивні кондиціонери.

Побутові кондиціонери (зазвичай до 5 кВт та на площу до 50 м²) бувають одно- і багатоблокові.

У одноблоковому приладі усе вузли зібрані в одному корпусі. Наприклад це можуть бути віконні і мобільні моделі.

Багатоблокові кондиціонери влаштовані з двох (спліт-системи) та більшої кількості корпусів (мульти спліт-системи) (рис. 1.1). Прості спліт-системи як правило складають із внутрішнього та зовнішнього блоків. У зовнішньому блоці розташовано вентилятор, конденсатор та насос, що перекачує холодоагент. Внутрішній блок містить також вентилятор, випарник і ємність для конденсату. Ці два блоки з'єднані між собою трубками з фреоном та кабелем управління. Більш потужний зовнішній елемент мульти спліт-системи може забезпечити роботу декількох внутрішніх блоків [14]



Рисунок 1.1 – Багатоблокова система кондиціонування

Перевагою одноблокових кондиціонерів є простота установки, не треба сторонньої допомоги висококваліфікованого спеціаліста, головним же недоліком її є досить висока гучність роботи. Збірка системи кондиціонування на основі спліт-систем набагато коштовніше, та вимагає залучення фахівців з досить високотехнологічним обладнанням. Що ж стосується переваг: робота спліт-системи практично безшумна, її холодопродуктивність набагато вище потужності енергоспоживання.

Для систем кондиціонування такого типу необхідне своєчасне обслуговування: зокрема чистка або заміна фільтрів внутрішнього та зовнішнього блоку, захист елементів блоку від замерзання в зимовий період. Ці роботи гарантують тривалу безперебійну роботу блоків.

Мульти спліт-системи зроблені на базі одного потужного зовнішнього блоку та трьох... семи внутрішніх (рис. 1.2). Така побудова дає можливість забезпечити кондиціонери кількох приміщень за відносно невисоких витрат. Часто кондиціонери у квартирі або котеджу виконуються зазвичай за допомоги встановлення спліт-системи розрахованої потужності.

Щодо комерційних кондиціонерів, то вони відрізняються високою продуктивністю, бо вони є також різновидом спліт-систем. По способу устрою внутрішнього блоку бувають касетні, каналні, колонні, стельові та інші пристрої [14].

Технологічні системи кондиціонування забезпечують прийнятні умови виконання технологічних процесів та праці людей, безперебійну роботу різних технологічних систем та пристроїв. Такі системи вживають у разі необхідності сталості температури та вологості сировини (наприклад, у харчовій техніці, лабораторіях тощо), забезпечення певної відносної вологості повітря у конкретних рамках (наприклад, щодо виключення вірогідності накопичення статичного заряду при необхідності роботі з вибухонебезпечними речовинами).

Ефективне застосування мультизональної системи у приміщеннях, де необхідно забезпечити кондиціонування кімнат з різним тепловим навантаженням [14].

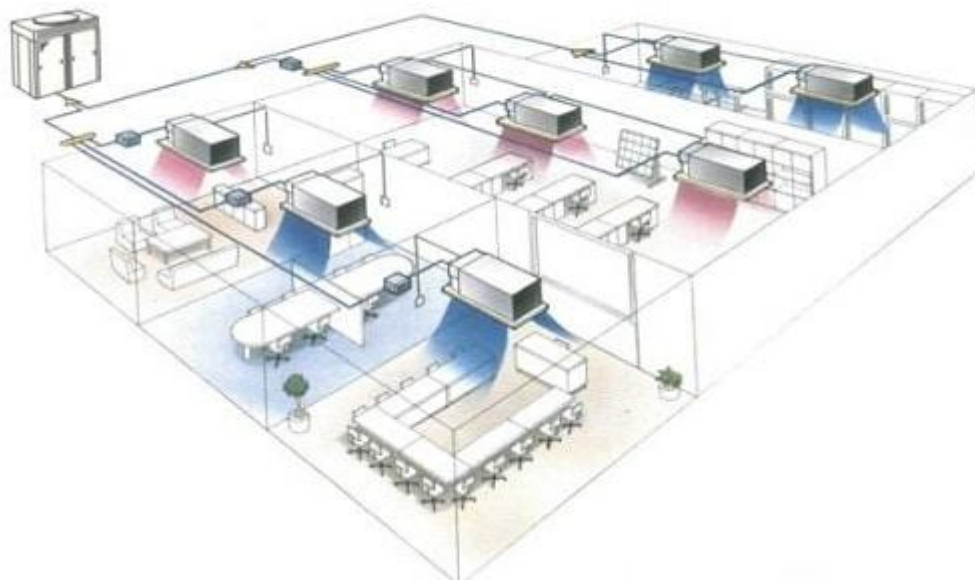


Рисунок 1.2 – Комерційна мульти спліт-система кондиціонування

За методом регулювання температури кондиціонери поділяють на два типи: інверторні та неінверторні.

1.3 Порівняння різних типів систем кондиціонування

1.3.1 Найпростіші побутові кондиціонери. Найбільш поширеними є так звані спліт системи. Спліт системи складаються із зовнішнього і внутрішнього блоку. Блоки кондиціонера з'єднані між собою системою комунікацій, що включає фреоновий трубопровід, електропроводку та дренажну систему (рис. 1.3). Спліт система є найбільш популярним обладнанням, за допомогою якого здійснюється кондиціонування повітря в приміщеннях невеликої площі.

Настінні - звичайні побутові кондиціонери. Найпростіші і недорогі в плані конструкції і монтажу. Ставляться в квартирах, будинках і будь-яких невеликих приміщеннях.

Настінні кондиціонери складаються з двох блоків: зовнішнього і внутрішнього. Перший з них зазвичай розміщується під вікном з вуличною боку будови. Типічне місце розташування внутрішнього блоку - під стелею (нижче на 15-20 см).



Рисунок 1.3 – Побутова спліт-система

Однак крім спліт-системи існують ще й моноблочні кондиціонери, у яких зовнішній блок відсутній. Вони в свою чергу бувають стаціонарні (кріпляться на стіні або у віконному отворі) і мобільні: оснащені рухомою основою, завдяки чому можуть вільно переміщатися по приміщенню (обмеження накладає лише гофрована трубка, за допомогою якої гаряче повітря виводиться за межі приміщення).

1.3.2 Мультіспліт система. Вона складається з одного зовнішнього і декількох внутрішніх блоків, розміщених на деякій відстані один від одного. Така система кондиціонування дозволяє регулювати кліматичні умови відразу в декількох кімнатах обслуговується будівлі.

1.3.3 Напівпромислові кондиціонери (Блоки зазвичай від 5 до 15 кВт. Траса між блоками може бути від 30 до 45 м в залежності від марки та моделі). Бувають касетними, каналними та стельовими [15].

Касетні кондиціонери встановлюють в приміщеннях з великою площею при наявності підвісної стелі. Установка внутрішнього блоку відбувається за підвісною стелею (рис. 1.4). Підмішування атмосферного повітря (від 10 до 20%) є одним з переваг даного типу кондиціонування повітря в приміщенні.



Рисунок 1.4 – Касетний кондиціонер

Кондиціонери каналного типу призначені для великих приміщень і часто мають складну і розгалужену систему комунікацій. Розміщуються такі системи над підвісною стелею або в спеціально відведеному приміщенні (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Канальний кондиціонер

Досить розповсюдженим типом є стельовий кондиціонер (рис. 1.6). Даний тип обладнання використовується для кондиціонування повітря в приміщеннях великого розміру, при відсутності підвісної стелі. Відмінною особливістю такого кондиціонера, є його здатність розподіляти повітря в горизонтальному напрямку і на велику відстань.



Рисунок 1.6 – Стельовий кондиціонер

1.3.4 Промислові кондиціонери. Цей тип систем кондиціонування відрізняється великим різноманіттям конструкцій, побудов та дизайну. Оскільки цей різновид систем кондиціонування не є темою даної роботи, розглянемо для прикладу лише декілька типів таких систем [15].

Промислові мультизональні системи. Такі системи дозволяють підключати дуже велика кількість блоків і налаштувати диспетчеризацію. Потужність зовнішнього блоку може бути від 10 кВт і до безкінечності (100-150 кВт). Такі системи ставлять в великі офіси, магазини, торгові центри і т.д. Траса кондиціонування може досягати декількох сотень метрів.

Плюсом є і естетична сторона питання: адже якщо б все ті приміщення, які обслуговуються мультизональною системою, були б обладнані індивідуальними спліт-системами, то на фасаді будівлі просто не залишилося б «живого місця» від незліченної кількості зовнішніх блоків.

Важливо відзначити, що граничне відстань між зовнішнім і внутрішнім блоком по висоті може складати 50 метрів, а «по горизонталі» - 100 метрів, що робить можливим розміщення зовнішнього блоку не тільки на зовнішній стіні будівлі (його можна розмістити на даху, в підвалі, а також біля будівлі).

Керувати мультизональною системою кондиціонування можна як централізованим чином («єдиним» пультом), так і індивідуально (існують окремі пульти для кожного внутрішнього блоку).

Центральні кондиціонери. Являють собою багатосекційну і багатофункціональну систему, яка розміщується у відведеному для неї приміщенні або за межами будівлі. Рішення про встановлення кондиціонерів такої системи кондиціонування повітря в приміщенні приймається на стадії розробки проекту будівлі.

Система чиллер-фанкойл. Ця система кондиціонування представлена чиллером (водоохолоджувач) і фанкойлами, кількість яких залежить від потужності чиллера. Відстань між блоками системи може досягати кілька сотень метрів. Такі системи кондиціонування обслуговують будівлі з великою площею приміщень і відрізняються незалежною роботою фанкойлів.

Фанкойли - це внутрішні блоки системи промислового кондиціонування «чиллер-фанкойл». Її принцип простий: холодильна машина (чиллер) по трубах передає в теплообмінник фанкойла охолоджену воду, а вентилятор фанкойла створює повітряний потік, який переносить прохолоду від води в приміщення. Вентиляторний доводчик, або фанкойл, або Фен-койл - приймач охолодженого або нагрітого носія локального типу - крайовий елемент систем кондиціонування повітря типу чиллер-фанкойл або систем опалення, призначений, як мінімум, для рециркуляції і охолодження повітря в приміщенні з кондиціонером.

1.3.5 Кондиціонер інверторний або звичайний? В чому полягає їх принципова відмінність?

Принцип функціонування неінверторних кондиціонерів. Пристрій запускається. Спеціальний датчик, вбудований у внутрішній блок, вимірює температуру в приміщенні і порівнює її із заданою нами (бажаною) температурою. Якщо дані температури різні, то в роботу включається компресор (відразу на постійній і повній потужності!) і повітря в приміщенні набуває встановлених параметрів. Після чого компресор вимикається, і працює тільки вентилятор внутрішнього блоку, який переміщує кімнатне повітря. Як тільки датчики внутрішнього блоку зафіксують певну зміну температури, в роботу знову включається компресор. І так знов і знов.

При роботі кондиціонера даного типу температура в приміщенні коливається в деякому діапазоні температур (приблизно $+ -3^{\circ} \text{C}$). Компресор або вимкнений, або працює на повній потужності. За рахунок такого періодичного включення / вимикання компресора споживається більше електричної потужності, заданий температурний рівень досягається повільніше.

Інша справа – кондиціонер інверторний. Прикметник «інверторний» говорить сама за себе: кондиціонери даного типу забезпечені інверторами. Що ж таке інвертор в кондиціонері?

Інвертор - це прилад, що служить для перетворення постійного струму в змінний. Змінний струм мережі потрапляє в електричний фільтр, де обмежуються небажані спотворення і згладжуються різкі перепади напруги. Потім «чистий» змінний струм синусоїдальної форми потрапляє в випрямний блок, де відбувається виділення його постійної складової, яка приводиться до потрібних параметрах по струму і напрузі. У інверторі з постійної напруги отримуємо трифазну змінну складову для живлення компресора. Таким чином, компресор працює плавно і безперервно, змінюючи потужність.

При включенні інверторного кондиціонера датчик виконує вимірювання температури приміщення. Після чого включається компресор, який працює вже не на повному навантаженні (як в кондиціонерах звичайного типу), а автоматично вибирає відповідний (оптимальний) рівень потужності, необхідний для охолодження або нагрівання повітря в кімнаті. При цьому, як тільки температура досягне бажаної позначки, компресор не вимикається, а починає працювати в режимі зниженої потужності, постійно підтримуючи необхідну нам температуру.

Дані кондиціонери є менш енерговитратними (економія електроенергії становить приблизно 30%), проте більш дорогими. Інверторні системи кондиціонування не дозволяють температурних стрибків під час своєї роботи, а також удвічі швидше виходять на потрібний температурний рівень в приміщенні. При цьому завдяки плавній та безперервній роботі компресора вони є більш довговічними (безперервний режим роботи компресора виключає згубний вплив пускових струмів).

1.4 Промислові VRV та VRF -системи

Сама аббревіатура VRF розшифровується як Variable Refrigerant Flow, що в перекладі з англійської мови означає «змінний потік холодоагенту» [16]. За своєю суттю мультизональні VRF-системи кондиціонування є модернізацією мульти-спліт систем (рис. 1.7). Вони, як і мульти-спліт системи, мають один

зовнішній блок. Однак кількість внутрішніх блоків, які можливо підключити до зовнішнього, в даному випадку може становити вже кілька десятків (зазвичай до 40 штук). При цьому внутрішні блоки можуть відрізнятися між собою як по потужності, так і по типу: каналні, касетні, настінні, стельові (мова про типи внутрішніх блоків була вище).

VRV-система (Variable Refrigerant Volume - «змінний обсяг холодоагенту») не має яких-небудь принципових відмінностей від VRF-системи. Вони відрізняються лише по потужності, терміну експлуатації, можливій кількості внутрішніх блоків, надійності. Дехто помилково вважає, що VRV і VRF - це дві різні системи кондиціонування, але це зовсім не так. Просто перші VRF-системи вивела на ринок компанія Daikin, було це на початку 1980-х років. Одночасно Daikin зареєстрував аббревіатуру VRV (Variable Refrigerant Volume, змінний обсяг холодоагенту) в якості офіційного товарного знака. Всім іншим кліматичним компаніям мимоволі довелося винаходити для позначення аналогічних систем щось своє, так на світ з'явилася аббревіатура VRF, яка і стала загальноживаною. А VRV-системи виробляє тільки Daikin.

Справжня VRF-система повинна відповідати 4 ключовим вимогам:

- у цій системі завжди присутній тільки один холодоагент. У цьому головна відмінність VRF-системи від системи чиллер-фанкойл, де крім контуру з циркуляцією холодоагенту є і гідравлічний контур;

- VRF-система має компресори інверторного типу. Нагадаємо, що інвертор - це електронний пристрій, що дозволяє плавно регулювати потужність компресора. При включенні побутовий кондиціонер відразу ж починає працювати з підвищеною потужністю, щоб швидше забезпечити задану температуру. Зате після її досягнення він не відключається, як звичайний кондиціонер, а плавно знижує свою потужність;

- до одного зовнішнього блоку в VRF-системі підключаються кілька внутрішніх блоків, що встановлюються в різних приміщеннях (зонах);

- кількість внутрішніх блоків можна нарощувати, в залежності від потреб замовника. Тобто VRF-система має властивість масштабованості.

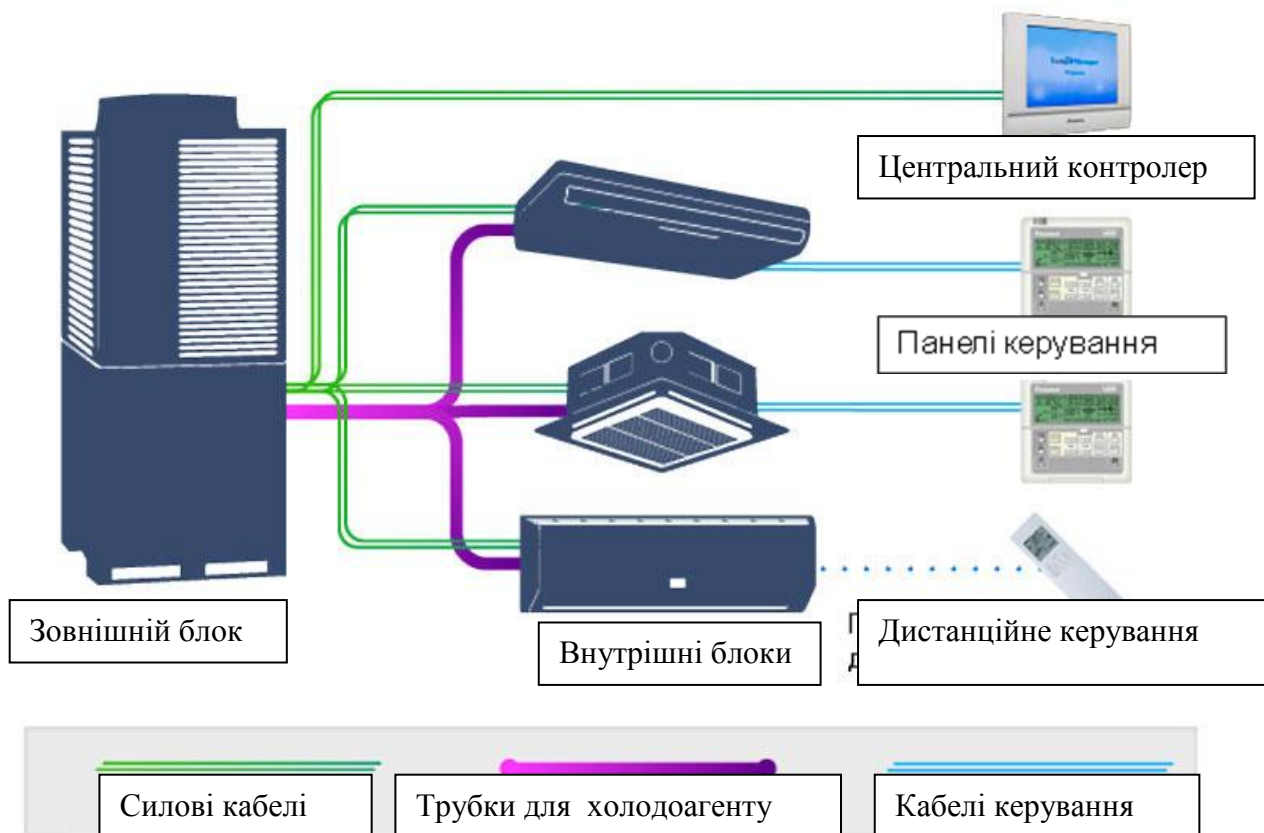


Рисунок 1.7 – VRF – система

Типова VRF-система складається з:

- одного потужного зовнішнього блоку (що має один або кілька компресорів);
- декількох внутрішніх блоків (на плутати ці блоки з фанкойлами!);
- трубопроводів, по яких циркулює холодоагент, що з'єднують зовнішній блок з внутрішніми;
- електричних кабелів, які утворюють замкнену мережу і також з'єднують всі внутрішні блоки з зовнішнім;
- системи керування.

Система керування, в свою чергу, має складну структуру і об'єднує різні пристрої управління, що підключаються по дротах або за допомогою бездротових технологій. Як правило, VRF-система оснащується центральним контролером і пристроями управління окремими внутрішніми блоками.

Робота системи керування VRF-систем досить проста - вона обробляє сигнали, які задає їй користувач (наприклад, необхідну температуру в приміщенні) і сигнали, що надходять ззовні (наприклад, температуру зовнішнього повітря). Потім система управління автоматично вибирає режим роботи відповідно заданими параметрами і з оптимальним енергоспоживанням.

Користувач може вибрати для різних приміщень різні кліматичні режими, використовуючи панелі керування або пульти дистанційного керування окремих внутрішніх блоків. Відповідно потужність компресора / компресорів зовнішнього блоку залежить від того, скільки внутрішніх блоків включено і регулюється системою управління автоматично.

Поширеним способом вирішення завдання підвищення енергоефективності всього інженерного обладнання (кліматичного, освітлювального, охоронного) стало застосування систем управління енергоспоживанням будівлі (BEMS). Виробники таких систем і VRF об'єднують зусилля для досягнення найкращих результатів.

У секторі VRF систем перехід на холодоагенти з більш низьким потенціалом глобального потепління (ПГП) неминучий зважаючи на вимоги Регламенту по фторомістящим газам в Європі, програми найбільш значущих нових альтернатив (SNAP) в США, Кігалійської поправки до Монреальського протоколу, інших регламентів і міжнародних угод. У США штат Каліфорнія прийняв закон про охолодження, і вся холодильна і кліматична галузь стежить за його впливом на індустрію. Крім того, на ситуацію в галузі впливає непередбачуваність цін на холодоагенти.

У всьому світі, за винятком США, спостерігається масове переведення побутового і напівпромислового обладнання для кондиціювання повітря на R32. Також переходять на R32 теплові насоси «повітря - вода» та міні-VRF системи. Однак на даному етапі для більш потужних VRF систем, обсяг заправки холодоагенту в яких більше, ніж в міні-VRF, поки немає скільки-небудь помітною альтернативи R410A. Компанія Mitsubishi Electric намагається зменшити кількість заправляється холодоагенту за рахунок використання систем з підключенням внутрішніх блоків до зовнішнього за допомогою контуру вторинного холодоносія (води). Таке рішення вимагає значно менше холодоагенту в порівнянні з традиційною VRF системою, що дозволяє заправляти її помірно палим R32.

Запропоновані виробниками холодоагентів такі альтернативи R410A, як R452B і R454B, поки не знаходять застосування в VRF системах. Великі очікування пов'язані з представленим минулої осені компанією Honeywell негорючим холодоагентом R466A.

2 ТЕХНОЛОГІЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ

2.1 Історія виникнення систем кондиціонування

Перші спроби кондиціонування повітря мали місце у Персії тисячі років тому [15]. Прилади охолодження повітря у Персії використовували здатність води охолоджуватися досить сильно при випаровуванні. Так званий «кондиціонер» тих часів являв собою трубу, яка уловлює пориви вітру та в якій використовувались пористі ємності з водою, що протікала з джерела. В шахті повітря дещо охолоджувався та вбирало вологу і, потім, направлялось у кімнату. Кондиціонер був порівняно високоефективний для жаркого та сухого клімату, але такий пристрій не зміг би працювати за високої відносної вологості повітря.

Також у Індії влітку замість двері використовувався каркас, який був оббитий місцевою кокосовою пальмою - татті. Над дверима встановлювалася ємність, що заповнювалася водою повільно за допомоги капілярного ефекту в товщі татті. Якщо вода досягала певного рівня, ємність перекидалася та зрошувала двері водою, а потім верталася в початковий стан. Цей цикл неодноразово повторювався, доки пальма була живою та отримувала достатньо світла.

Наприкінці XIX століття британський фізик Майкл Фарадей виявив, що процес стиснення та зріджування деякого газу охолоджує повітря. Та його ідеї були загалом дещо теоретичними. Спосіб кондиціонування за допомоги електрики було винайдено Уїллісом Керр'єром біля 1902 року. Він також розробив першу систему кондиціонування повітря для використання у друкарні в Брукліні (Нью-Йорк). Керрієр винайшов та зробив апарат, що охолоджував повітря до певної температури та знижував вологість його до 55%. Цей пристрій він назвав «приладом для обробки повітря». Десь у 1915 році він та його шість колег-інженерів започаткували компанію «Garner

Engineering Co.», що згодом була перейменована в «Carrier». На цей день компанія «Carrier» є одним з провідних виробників кондиціонерів. Вона володіє 12% світового ринку виробництва кондиціонерів.

Сам термін «кондиціонування повітря» був уперше запропонований в 1906 році Стюардом Крамером. Він пов'язував цей термін з отриманням товару відповідної якості.

Значно пізніше коштовні системи обробки повітря почали застосовуватися задля підвищення продуктивності праці на виробництві. Згодом сфера застосування кондиціонування значно розширилась задля покращення комфортності та почування у будинках та автомобілях. У 1950-і роки Сполучені Штати Америки переживали зліт продажів кондиціонерів для потреб житлових приміщень.

Перші кондиціонери та холодильні пристрої використовували небезпечні гази, наприклад аміак та метилхлорид, що приводило до смертельних нещасних випадків, у випадку витoku. Фірма «Дженерал Електрик» в 1930-і роки з міркувань безпеки зробила компресорно-конденсаторний кондиціонер, агрегат якого розмістився із зовні будівлі. Можна сказати, що це була перша спліт-система.

Що до автомобільного кондиціонера, то перший мав потужність охолодження 370 Вт та був випущений фірмою «Kelvinator Co» у 1930 році та був встановлений на автомобілі «Кадиллак».

Розробник Томас Мідглей-молодший запропонував вперше в якості холодоагенту діфтормонохлорметан, що було в 1928 році названо потім фреоном. Даний холодоагент як виявилось, був набагато безпечнішим для людей та не для атмосфери, зокрема її озонового шару. Фреон – це торгова марка фірми «Дюпон». Для всіх холодоагентів (CFC, HFC та HCFC), назва включає цифру, що вказує на молекулярний склад речі (R-11, R-12, R-22, R-134). Вельми часто використовують суміш HCFC, чи R-22, та невдовзі планувалось відмовитися від неї в провадженні нових приладів до 2010 року, і зовсім позбутися від неї в 2020 році. R-11 і R-12 більше не виготовляються,

єдиний спосіб купити їх - це очистити газ, що знаходиться в старих кондиціонерах. В наші дні пропонується холодоагент R-410A, що є безпечним для озонового шару Землі, не запалюється та нетоксичний.

У 1980-х роках компанією Toshiba розроблено зовсім новий спосіб управління компресором, що пов'язаний зі зміною частоти струму електроживлення компресора, так звані інверторні системи.

2.2 Технологія кондиціювання повітря

Кондиціонер може виконувати цикл охолодження та цикл нагріву. Принцип роботи кондиціонера аналогічний принципу роботи холодильника (рис. 2.1). Цикл охолодження складається з чотирьох етапів:

- холодоагент циркулює по закритому контуру системи, його рух підтримується компресором. На першому етапі в компресор з випарника надходить холодний пароподібний холодоагент низького тиску. Потім він стискається, протягом цього процесу відбувається підвищення його температури і тиску;

- розігрітий пароподібний холодоагент надходить в конденсатор, де переходить в стан рідини високого тиску - процес конденсації. Тепло, що відводиться від холодоагента вентилятором системи охолодження віддається навколишньому середовищу;

- потім рідкий холодоагент потрапляє в розширювальний клапан, де він різко розширюється, при цьому знижуються його тиск і температура (він переходить в туманообразний стан). Регулятор потоку контролює подачу холодоагенту у випарник;

- холодоагент низького тиску потрапляє в випарник. Там він починає кипіти і забирати тепло від повітря всередині приміщення, переходячи при цьому в газоподібний стан. Потім газоподібний холодоагент повертається в компресор і цикл починається заново.

Зазвичай кондиціонери дозволяють забезпечити відносну вологість повітря від 40 до 60 відсотків. Встановлення кондиціонера з парогенератором дозволяє підтримувати точне значення вологості в приміщенні. Кондиціонери, які вміють не тільки осушувати, але і зволожувати повітря називають прецизійними.

Випарні охолоджувачі. Вищезазначені перські системи охолодження були випарними охолоджувачами. У місцях з дуже сухим кліматом вони популярні, так як можуть легко забезпечити хороший рівень комфорту.

Випарний охолоджувач - пристрій, який забирає повітря ззовні і пропускає його через вологу прокладку. Температура вхідного повітря, виміряна за допомогою сухого термометра, зменшується. Загальна ж «кількість теплоти укладена в повітрі» (внутрішня енергія) залишається незмінною. Частина теплоти переходить в приховану теплоту при випаровуванні води у вологих і більш холодних прокладках. Такі охолоджувачі можуть бути дуже ефективні, якщо вхідне повітря досить сухе. Також вони дешевші і надійніші і прості в обслуговуванні. Схожий тип охолоджувача, що використовує лід для охолодження і зволоження повітря, був запатентований американцем Джоном Горрі Апалачікола в 1842 році, який використовував цей пристрій для охолодження пацієнтів в своєму госпіталі для хворих на малярію.

Сучасне кондиціонування повітря. В наші дні набуло поширення проектування систем кондиціонування на стадії розробки архітектурного проекту. У ХХІ столітті все більшого значення набуває енергозбереження при кондиціонуванні (варто згадати енергетичну кризу в Америці, пов'язану з піком споживання енергії кондиціонерами). З огляду на погіршення стану навколишнього середовища, забезпечення чистого повітря в приміщенні є однією з найбільш важливих проблем. Крім того, якість повітря грає велике значення в медицині (операційні і пологові бокси), при виробництві електроніки і в інших високотехнологічних виробництвах.

2.3 Питання підвищення енергоефективності

У 1982 році VRF- системи, призначені для комерційного кондиціонування повітря, були вперше представлено на японському ринку. У перші роки в VRF системах використовувалися неінверторні компресори. У 1985 році, незабаром після впровадження інверторної технології в побутові кондиціонери, з'явилися і інверторні VRF системи. Так як VRF система може обслуговувати від одного до декількох приміщень, теплове навантаження на неї може змінюватися в широкому діапазоні. Тому застосування інверторного регулювання продуктивності компресора довелося в VRF системах вельми до речі.

Зазвичай, в якості джерела теплової енергії VRF системи використовують зовнішнє повітря, однак існують і водяні моделі - вони відрізняються малими габаритами і призначені для установки всередині приміщень. Крім того, є розробки систем з комбінованим джерелом, що використовують в тому числі тепло ґрунту.

Досі основною холодоагент для даного типу систем кондиціонування - R410A. У той же час йде активна робота по переходу на робочі речовини з меншим ПГП. У 2018 році компанія Daikin представила VRF систему, яка використовує холодоагент R32. Для VRF систем, що відрізняються великим об'ємом заправки холодоагенту, проблема полягає в тому, що багато альтернативні холодоагенти горючі, отже, потрібен перегляд діючих стандартів безпеки. На симпозіумі в Кобе (Японія) в грудні 2018 року презентували безліч доповідей, присвячених дослідженню властивостей нових холодоагентів, методам зменшення обсягу заправки, поліпшенню характеристик теплообмінників та інших компонентів. Компанія Carrier зупинила свій вибір на R454B в якості холодоагенту для побутових і напівпромислових систем кондиціонування повітря. Виробник холодоагентів Honeywell, в свою чергу, випустив робочу речовину зі зниженим ПГП - R466A. Тенденції на ринку холодоагентів швидко змінюються, та

відображають розвиток подекуди несумісних . питань, що доводиться вирішувати комплексно.

Енергоефективність VRF систем вдалося підвищити за рахунок вдосконалення теплообмінників: збільшення поверхні теплообміну, зменшення діаметра труб і використання багатотрубною конфігурації. Застосування алюмінієвих мікроканалних теплообмінників дозволило істотно зменшити габарити систем, зберігши високу продуктивність. Мікроканалні теплообмінники - дієвий спосіб зменшити обсяг заправки холодоагенту, що дуже важливо при використанні R32, так як дозволяє знизити ризики, пов'язані з його горючістю.

Ефективність вентиляторів підвищують за рахунок вдосконалення форми крильчатки. Застосування крильчаток, за зразок форми лопатей яких взяті крила птахів або плавники риб, дозволяє до того ж зменшити рівень створюваного шуму.

На рівні внутрішніх блоків енергозберігаюче керування повітряним потоком і температурою холодоагенту досягається шляхом зменшення частоти включень і виключень.

Зниження споживаної потужності в режимі очікування перед переходом в режим обігріву в ряді моделей досягається за рахунок застосування алгоритмів керування, що враховують час, необхідний компресору для запуску в режимі обігріву.

2.4 Параметри оптимального режиму роботи охолоджувальної системи

Оптимальним називають режим функціонування приладу, за якого вартість експлуатації мінімальна та забезпечено працездатність машин і блоків, а також безпеку роботи усієї холодильної установки.

Найбільш економічним буде режим роботи системи , якщо температура кипіння максимально велика, а температура конденсації - мала.

У теплообмінних апаратах і охолоджуваних приміщеннях задля забезпечення нормального теплообміну між об'єктами забезпечується певна різниця температур, а також певний температурний напір. Величина температурного напору залежить від відповідності продуктивності компресорів і поверхні теплопередачі апаратів теплового навантаження на випарну систему, а також від різного роду неполадок в роботі установки. Підвищення температури кипіння і зниження температури конденсації можуть бути досягнуті за рахунок збільшення розмірів або кількості теплообмінних апаратів, витрати води, витрат на роботу додаткових насосів і вентиляторів.

До основних витрат відносяться витрати електроенергії і води. На підставі досвіду проектування і експлуатації холодильних установок визначені оптимальні перепади між середовищами в теплообмінних апаратах і оптимальні перегриви холодоагенту, при яких вартість експлуатації мінімальна.

Температура кипіння холодоагенту вимірюється по двохшкальному мановакуумметрі, встановленому на випарнику або в безпосередній близькості від нього. Зростання температури кипіння на один градус веде до збільшення продуктивності по холоду системи на 4-5% та зменшення витрат електроенергії на 2-3,5%.

Температура конденсації визначається за допомоги температурної шкали манометра, що встановлено на конденсаторі. Зменшення температури конденсації на один градус веде до зростання холодопродуктивності на 1-2% та економії витрати електроенергії на 2-3%.

Температури всмоктування та нагнітання оцінюють по скляних термометрах, що встановлені на відстані 200-300 мм від відповідних вентилів компресора (всмоктуючого і нагнітального).

При відсутності неполадок в компресорі і оптимальному перегріві пара на всмоктуванні компресора температуру нагнітання можна визначити за емпіричною залежністю

$$t_{\text{нагнітання}} \approx 2,4 (t_{\text{к}} - t_0),$$

де $t_{\text{к}}$ - температура конденсації, ° С;

t_0 - температура кипіння, ° С.

З цієї залежності з достатньою точністю можна визначити температуру нагнітання при $t_0 = - 5 \dots - 25 \text{ } ^\circ \text{C}$ і $t_{\text{к}} = +25 \dots + 40 \text{ } ^\circ \text{C}$.

Оптимальний режим визначається:

– необхідною температурою в камері, що залежить від типу і строку зберігання продуктів;

– вхідною температурою води або повітря, які охолоджують конденсатор;

– конструкцією та схемою певних блоків холодильної установки;

– холодоагентом.

У дрібних фреонових установках, що мають як герметичні, так і відкриті компресори, є деякі характерні особливості.

Охолодження машини, що вибране з великим запасом, керується цикловою роботою машини. Вмикання компресора здійснюється за допомоги реле тиску та температури. Таким чином коефіцієнт робочого часу β за умови максимальних потоків тепла дорівнює 0,6 ... 0,8, а за мінімальних - 0,2 ... 0,3.

Випарники з використанням безпосереднього випаровування працюють з верхньою подачею холодоагента. Наповнення їх керується теплорегулюючим вентилем чи капілярної трубкою. Конденсатор агента має повітряне чи водяне (з міської мережі) охолодження. Досить часте відчинення дверей в шафах, коморах та невеликих камерах веде до швидкого росту інею на випарнику. Робота цих блоків повністю автоматизована. Оптимальний же режим таких систем досягається відповідним налаштуванням автоматичних приладів.

Налаштування реле температури і реле тиску. Режими налаштування цих автоматичних приладів дають включення та зупинку компресора за умови досягнення заданих температур.

Різниця проміж температурою повітря в камері та температурою кипіння за оптимального заповнення випарника залежить від самої конструкції та поверхні охолодження. Для більшості невеликих фреонових систем поверхня охолодження випарника дає задану холодопродуктивність за середній (тобто за час роботи компресора) різниці температур $t_{06} - t_0 = 15 \dots 20 \text{ }^\circ \text{C}$. Низькотемпературний випарник має площу поверхні випарників значно більшу. Вказана різниця тут досягає близько $10 \text{ }^\circ \text{C}$. Після виключення компресора t_0 зростає, і таким чином до моменту вмикання різниця $t_{06} - t_0 = 2 \dots 4 \text{ }^\circ \text{C}$.

Аналогічним чином здійснюється і налаштування реле тиску. У емностях торгового типу, у яких продукти зберігають дещо не більше доби, припустима верхня межа температур $6-7 \text{ }^\circ \text{C}$. У цьому випадку реле тиску налаштовують таким чином, щоб в період вимикання компресора температура в випарнику підвищилась до $1-2^\circ \text{C}$, що дає включення за $(2,3 \dots 2,4) 10^5 \text{ Па}$. Таким чином забезпечується відтавання інею з випарників за час зупинки компресора. За більш низьких температур камери об'єкта, якщо товщина інею сягає 3-4 мм, процес відтавання роблять зупинкою компресора.

2.5 Принципи системи контролю охолоджуваної установки

Робота сучасної промислової холодильної установки максимально автоматизована. Завдяки цьому можлива максимальна скоординованість роботи всіх складових установки, усувається «людський фактор» з можливими помилками і неправильними рішеннями, досягається максимально ефективна робота всієї системи. Контрольні датчики і прилади, показання яких використовують для оцінки нормальності роботи пристроїв і агрегатів, виводяться на панель шафи управління, що полегшує оператору

здійснення контролю холодильного обладнання і дозволяє управляти роботою всієї холодильної установки.

Завдання, які вирішуються за допомогою настройки управління холодильними установками:

- забезпечення контролю показань приладів регулювання температурного режиму холодильної камери і коригування роботи холодильної системи;

- управління температурою випарника;

- контроль відносної вологості та інших мікрокліматичних параметрів холодильної камери;

- контроль параметрів тиску на датчиках холодильного обладнання;

- контроль частотних регуляторів і зміна частоти обертання компресора і вентиляторів;

- контроль системи безпеки, в т.ч. сигналізації, холодильної камери;

- автоматичний контроль роботи повітроохолоджувачів і управління режимами їх розмерзання;

- автоматичне оповіщення при відхиленні контрольних параметрів від заданих величин.

Завдяки автоматичі холодильних установок також підвищується безпека використання обладнання як для персоналу, так і для жителів прилеглих районів. Особливо це актуально при експлуатації аміачних холодильних систем, якими обладнуються промислові підприємства. Також промислова холодильна автоматика, що встановлюється на холодильне обладнання, дозволяє продовжити ресурс роботи холодильних машин, зменшити кількість ремонтів і усунути виникнення непередбачених ситуацій, через які може перерватися холодильний цикл. Таким чином спостерігається підвищення ефективності обладнання, що підвищує прибутковість і конкурентоспроможність підприємства.

2.6 Датчики системи контролю та керування охолоджувальною установкою

Найбільш важливою функцією системи контролю є забезпечення контролю температури [23].

В даний час багато різних системи моніторингу температури виробляються серійно: прості термометри та повністю комп'ютеризовані розгалужені системи, що їх під'єднано до локальної системи охолодження та навіть з центральною системою керування. Вибір системи блоків залежить від якості інформації, що необхідна оператору, а також вартості отримання цієї інформації. У разі якщо система контролю повинна забезпечити детальну інформацію за функціонування системи, що з'єднана з іншими приладами регулювання, то звісно, що потрібна вельми досконала і складна система. уУ разі необхідності отримання повної карти температури у системі охолодження, вона може мати досить багато датчиків. Система може володіти також датчиками для отримання іншої корисної інформації - наприклад, частоту циклів розморожування, зміни тиску компресора та режиму вентилів, про кількість відкриття дверей та спожиту енергію.

При розробці , а також при виборі системи моніторингу або контролю температури, вимірюваної в системі охолодження, слід врахувати наступне:

- вибір набору контрольованих температур (повітря, об'єктів та їх моделей) робиться залежно від конкретної системи та того, яким чином вона працює;

- треба розміщати датчики в таких місцях, щоб вони не були пошкоджені при роботі; а якщо їх зчитує оператор, ці датчики повинні бути доступні;

- обрані значення температур повинні досить повно характеризувати та відображати цикли роботи системи, і, таким чином мають бути якимось пов'язані з температурою продукту.

- контроль (дослідження) температури повітря

Для відповідного контролю і враховуючи НАССР варто контролювати температуру насамперед харчових продуктів. Якщо однак термін зберігання охолоджених продуктів відносно малий, задля стандартної комерційної діяльності, можливе втручання в роботу системи досвідчених операторів. Очевидно, що простіше встановити датчики за межами зони завантажування продуктів та з'єднати їх з блоком зчитування, це дозволить реєструвати температури автоматично або вручну (рис. 2.2).

Важливу роль відіграє також кількість датчиків температури на одне приміщення. Цей параметр суттєво залежить від контролюємого об'єму приміщення (табл. 2.1). При обсязі камери менше 500 м³ варто використовувати задля оцінки температури повітря один датчик. Зазвичай його розташовують таким чином, що він вимірює найвищу температуру (рис. 2.2)

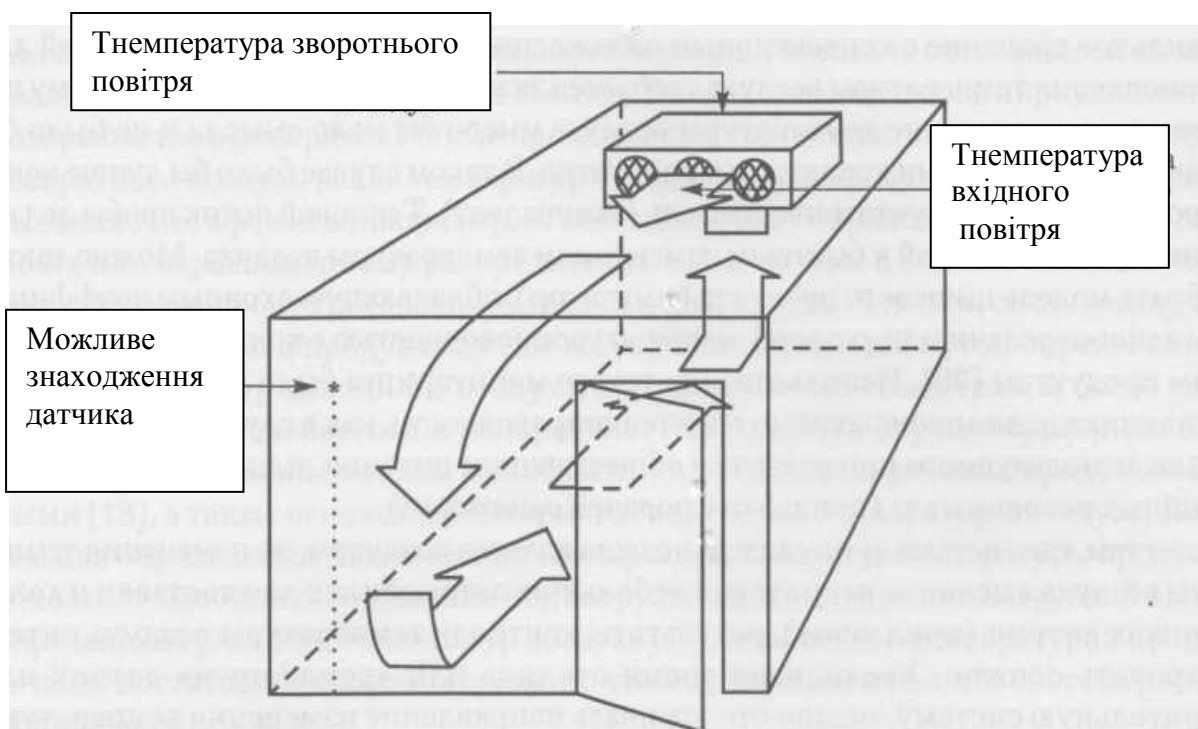


Рисунок 2.2 – Оптимальне розміщення датчиків температури

Таблиця 2.1 – Кількість датчиків, рекомендована для холодильної камери

Об'єм камери, м ³ , більше	Кількість датчиків
500	2
5 000	3
20 000	4
50 000	5
85 000	6

У більшості систем збору або реєстрації температур однаковими у них є датчики чи термочутливі елементи. Звичайні типи широко застосовуваних датчиків - це перш за все термопари, також платинові резистори та напівпровідникові прилади (термістори). Тип вибраного датчика залежить від насамперед вимог до точності та інерційності, діапазону вимірюваних температур.

Переважає більшість універсальних термометрів та вимірювальних блоків мали у термочутливій частині звичайну термопару.

Термопара - це контакт різних металів, щільно з'єднаних спаєм. Коло замикається іншим з'єднанням, що підтримується за заданої температури (інколи це з'єднання іменують вільним чи холодним спаєм приладу термопари). Щодо пов'язаних з харчовими продуктами приладів, температури яких близькі до параметрів навколишнього середовища, тут переважають наступні два види термопар: типу К, в них працює дріт з хромелю (хромонікелевий сплав) або алюмелю (так званий нікель-алюмінієвий сплав), чи термопари типу Т, у яких використовують дріт на основі міді і константану (це мідно-нікелевий сплав). До переваг термопар відносять їх низьку вартість, також можливість спрощеного виготовлення та дуже великий діапазон фіксації температури (від -180°C до 1600°C).

У табл. 2.2 наведено відповідні допустимі похибки у трьох типів датчиків, що для термопар та платинових датчиків опору є стандартними

Таблиця 2.2 – Допустимі похибки температурних датчиків

Похибка, °С	Тип К	Тип Т	Платинові резистивні	Термістор
Датчика	±1,5*	±0,5**	+0 2***	±0,1
Приладу	±0,3	±0,3	±0,2	±0,2
Системи	±1,8	±0,8	±0,4	±0,3

Різниця інструментальної похибки має місце тому, що електронна схема має компенсувати зміни в температурі еталонного чи холодного спаю (це є температура навколишнього середовища). Оця температура реєструється вбудованим напівпровідниковим датчиком, таким чином зміни в температурі навколишнього середовища компенсуються автоматично.

Похибка зростає, якщо температура зовнішнього середовища при використанні термопар змінюється набагато, наприклад, за умови переміщенні з холодного середовища в тепле. Помилки при вимірюванні виникають також через наводки напруг від двигунів а також зміни вологи і градієнтів температури в інших спаях. Задля покращення точності вимірювання та контролю варто обмежитися застосуванням датчиків одного типу, наприклад, на основі термопари типу Т, що здебільш дозволяє виконати основні вимоги до моніторингу температури повітря [23].

Опір термісторного датчику мінюється зі зміною температури, але він може використовуватися тільки для вимірювання зазвичай лише в більш вузькому діапазоні температур порівняно з термопарами (від - 40 ° С до 140 ° С). Використання таких датчиків для вимірювання температури деяких харчових продуктів зросло з введенням вимог до вимірювальних систем щодо визначення температури харчових продуктів з похибкою не більше ± 1 ° С. Це підкріплено стандартом СЕН для термометрів [23]. Такі датчики міцні, можуть забезпечити високу точність та відтворюваність результатів, дещо схильні до впливу змін оточуючих температур.

Платинові термометри опору забезпечують найвищу точність системи, що відповідає вимогам відомого стандарту CEN [22]. Вони працюють у широкому діапазоні температур (від -270°C до 850°C). Їх інерційність (табл. 2.3) більше у тому разі, якщо їх елементи не захищені спеціальними заходами. Треба також виконувати корекцію опору проводів та врахувати ефект саморозігріву. Висока вартість зазвичай обмежила їх застосування випадками, якщо потрібно висока точність у великих стаціонарних системах управління відповідним технологічним процесом.

Таблиця 2.3 – Типова інерційність (с) датчиків у повітрі і воді

*	Нерухоме повітря	Примусово подається повітря	Вода*
Відкрита термопара	20	5	—
Вкрита оболонкою термопара	150	40	6
Відкритий термістор	45	20	—
Вкритий оболонкою термістор	260	50	12
Вкрита оболонкою платина	365	65	15

Для побутової техніки діапазон вимірюваних та контрольованих температур лежить у межах від 0°C до 100°C . За таких умов можуть бути використані датчики на основі рідких кристалів [24].

Вимірювання ЖК термометрами температури засноване на зміні кольору рідких кристалів, вони знаходяться на порожнинах термометра і під

впливом температури змінюють свій колір. Досягнення температурою певного рівня відображається, як зміна кольору відповідне цифри.

Рідкокристалічний термометр (рис. 2.3) у вигляді пластикової смуги являє собою тип термометра, який містить термохромні рідкі кристали, які



змінюють колір для позначення різних температур. Показання поточної температури розташовуються в прямокутнику зеленого кольору, якщо зелений колір на термометрі відсутня, то поточна температура - середнє між значеннями на синьому і коричневому прямокутнику. На термометрах без цифрових значень, вихідний чорний колір, коли температура підвищується, колір змінюється на жовтий, зелений, синій і стає знову чорним, коли температура вище вимірюваного діапазону. Вони оборотні і можуть використовуватися знову і знову. Зелений колір показує фактичну температуру.

Рисунок 2.3 – Рідкокристалічний термометр

Характеристики термометрів: працюють за рахунок термохромною ефекту рідких кристалів, матеріал оболонки PET, не містить ртуті, повністю безпечні, термометри можна мити вони водостійкі, не бояться прямих сонячних променів, але бажано використовувати в затемненій обстановці, показання термометрів чітко видно при нормальному освітленні, тому необхідно підсвітити термометр, якщо вас оточує приглушене світло. Вони витримують температуру нагрівання до + 150C протягом однієї хвилини, не

світяться в темряві, обладнані спеціальним кантом для пришивання до одягу або для вставки в спеціальну кишеню, компактні і комфортні у використанні, на відміну від скляних аналогічних термометрів вони не пошкоджуються при сильних ударах, їх не треба налаштовувати, обслуговувати, весь догляд полягає в періодичній очистці від забруднень зовнішньої поверхні. Ця процедура виконується в міру необхідності, для неї не треба використовувати абразивні матеріали і агресивні хімічні засоби, їх можна мити, але не можна тримати в воді постійно, це знебарвить основу з рідких кристалів.

Для зручності термометри розбиті на декілька типорозмірів, можна підібрати потрібний для даного приміщення чи апаратури (рис. 2.4)

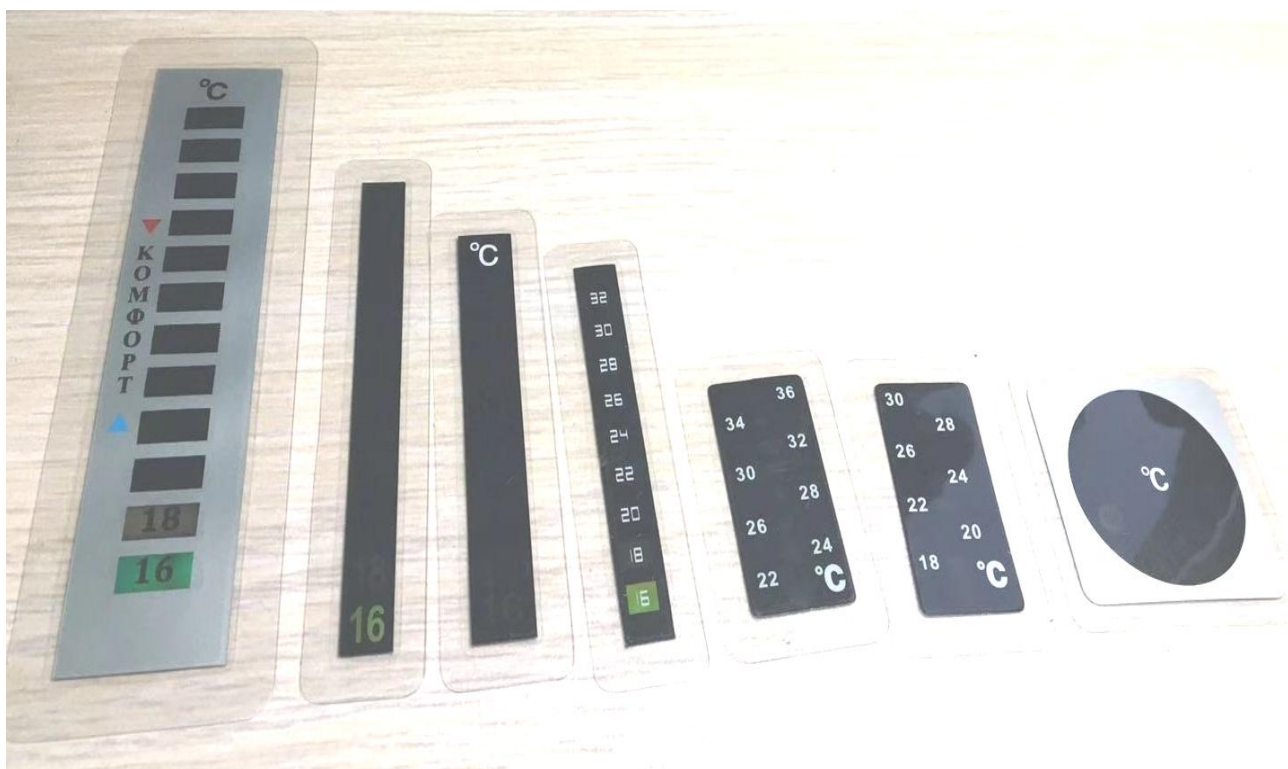


Рисунок 2.4 – Різновиди рідкокристалічних термометрів

Зазвичай у якості елемента контролю та керування системи використовують мікроконтролер. Так як від датчика температури надходить сигнал у вигляді напруги від 0 до 12 В, а максимальна вхідна напруга АЦП

мікроконтролера становить 3 В, сигнал від датчика на АЦП слід подавати через дільник напруги.

У якості датчика температури досить часто використовують датчик температури зовнішнього повітря ESM-10 компанії «Данфосс» [25].

Діапазон вимірюваних температур: від -30 до +180 0С. Залежність опору ESM-10 від температури приведена на рис. 2.5.

Щоб отримати датчик із зазначеними в завданні характеристиками слід включити його в дільник напруги.

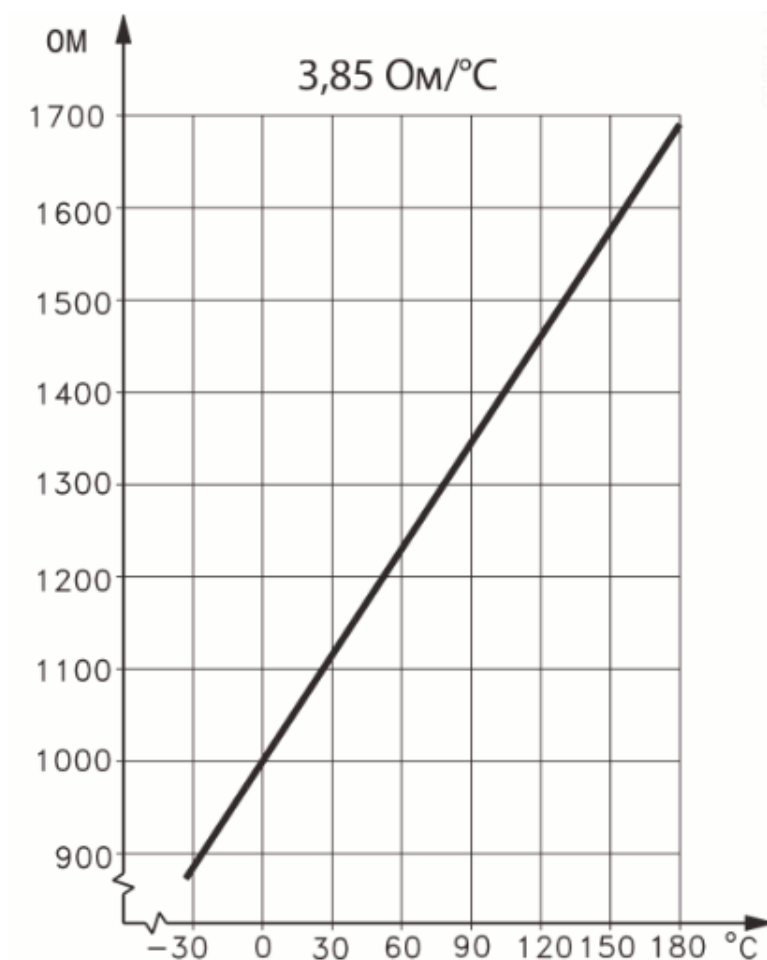


Рисунок 2.5 – Залежність опору датчика ESM-10 від температури

2.7 Електрична схема системи контролю та керування охолоджувальною установкою

Крім датчиків температури та тиску, обертів компресора (у інверторній системі) та вентилятора електрична схема системи контролю та керування кондиціонером [14,15] містить власно компресор (помпу), один або кілька, вентилятор (також можливо використання кількох), ємності для забезпечення відповідного фазового зсуву третьої фази компресора та вентилятора (у разі 3-х фазного живлення цих елементів), 4-х ходовий клапан для переключення режимів роботи кондиціонера. Ці елементи розміщені у зовнішньому блоці кондиціонера та з'єднані з внутрішнім блоком за допомоги розніму (рис. 2.6)

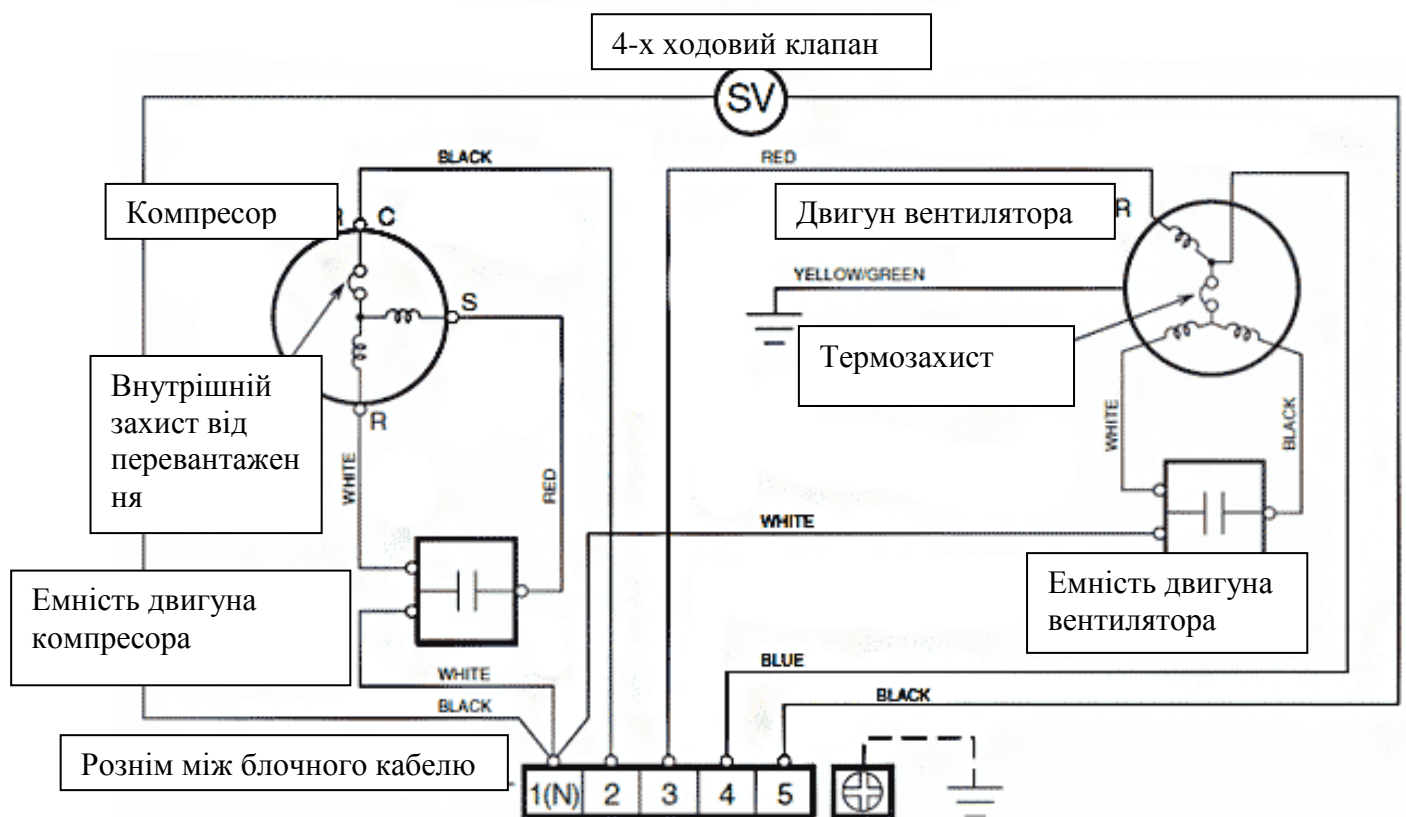


Рисунок 2.6 – Схема електричних з'єднань зовнішнього блоку

Рознім міжблочного кабелю з'єднує зовнішній та внутрішній блоки системи та має такі позначки контактів:

N - електрична нейтраль;

2 - подача живлення на компресор з плати управління внутрішнього блоку;

3 - подача живлення на двигун вентилятора для роботи на 1-ій швидкості;

4 - подача живлення на двигун вентилятора для роботи на 2-ій швидкості;

5 - подача живлення на привід чотирьохходового клапана для перемикання в режим обігріву.

Компресор має такі позначки виводів:

C - common - загальний вивід обмоток компресора;

R - running - робоча обмотка компресора;

S - starting - фазоздвигаюча обмотка двигуна компресора, стартова;

Internal overload protector - внутрішній захист від перевантаження;

Також в схемі є SV - solenoid valve - електромагнітний клапан, що приводить в дію механізм чотирьохходового клапана.

Внутрішній блок системи (рис. 2.7) містить перш за все системну плату керування, що містить мікроконтролерну схему, що забезпечує прийом сигналів з датчиків, обробку та формування виконуючих сигналів на відповідні блоки, а також відображає необхідну інформацію на дисплеї та виконує самодіагностику.

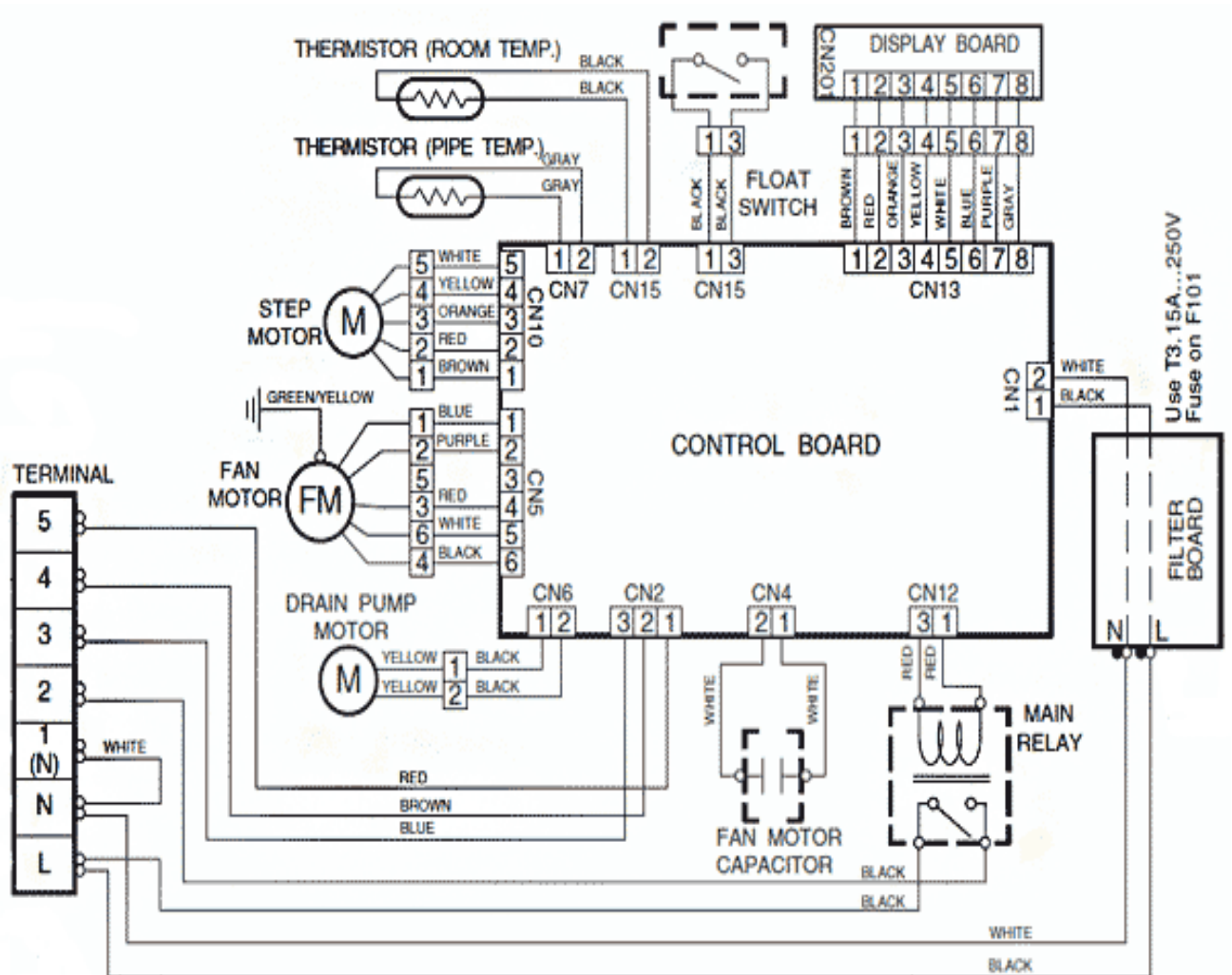


Рисунок 2.7 – Схема внутрішнього блоку кондиціонера

Мікроконтролер, що грає вирішальну роль у роботі системи контролю та керування, зазвичай містить відповідну програму для обробки вхідних даних і формування вихідних.

Схема плати керування не надається, враховуючи те, що вона фактично відображає компоновку мінікомп'ютера та є досить складною, тож кожна фірма розробляє її орієнтуючись на своїх постачальників елементної бази, або замовляє у спеціалізованих розробників.

Також у внутрішньому блоці є відповідні термодатчики, двигуни приводів вентилятора та решітки, реле живлення компресора, мережевий фільтр, помпа та датчик рівня конденсату (для касетних кондиціонерів).

На схемі використовуються такі позначення:

- TERMINAL – клемна колодка. На цій клемній колодці окрім міжблокових сполук є і затискачі для підключення блоків живлення (живлення може підключатись також навпаки до зовнішнього блоку);
- L, N – відома електрична лінія та нейтраль у разі однофазного живлення;
- Filter Board – це плата фільтра, що зменшує рівень перешкоджень в мережі ;
- Control Board - плата управління , що керує всіма пристроями, а також отримує дані з датчиків, контролює терморегуляцію, дає інформацію на дисплей, реалізує функцію самодіагностики;
- Main relay - головне реле;
- Display board - модуль індикації;
- Thermistor - термістор, тобто терморезистор чи датчик температури;
- Room temp. - датчик температури кімнатного повітря;
- Pipe temp. - датчик температури у трубці теплообмінника чи випарника;
- Датчики температури також можуть перебувати в:
 - а) пульті управління - для оцінки температури в точці знаходження пульта (наприклад, режим "I Feel");
 - б) на вході або виході, а також у середній точки випарника;
- Step motor – так званий кроковий двигун. Він застосовується для відкривання відповідних жалюзійних ґрат або шторки, яка закриває вентилятор. За один його крок його вал обертається на невеликий кут, що має дуже точно контролювати положення вала;
- Drain pump motor - дренажний насос, що вбудовано тільки у касетних кондиціонерів;
- Float switch - поплавковий датчик рівня конденсату, тільки для касетних кондиціонерів.

3 РІДИННА СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

3.1 Ґрунтовні принципи функціонування систем охолодження РЕА

Система охолодження РЕА має деяку специфіку, у порівнянні з системами кондиціювання – це значно менші розміри об'єкту охолодження, необхідність пристосування до вельми обмеженого об'єму розміщення системи, близькість до електронних схем та кіл, безпосередній контакт з струмонесучими провідниками, необхідність виключення витoku холодоагенту на поверхню, та навіть часткового випарювання, зазвичай відсутність зв'язку системи з зовнішнім середовищем [17...21].

Система охолодження комп'ютера – це набір засобів для відводу тепла від комп'ютерних компонентів, що нагріваються в процесі роботи [17]. Способи подальшої утилізації тепла представлені діаграмою зв'язків на рис 3.1 [18].

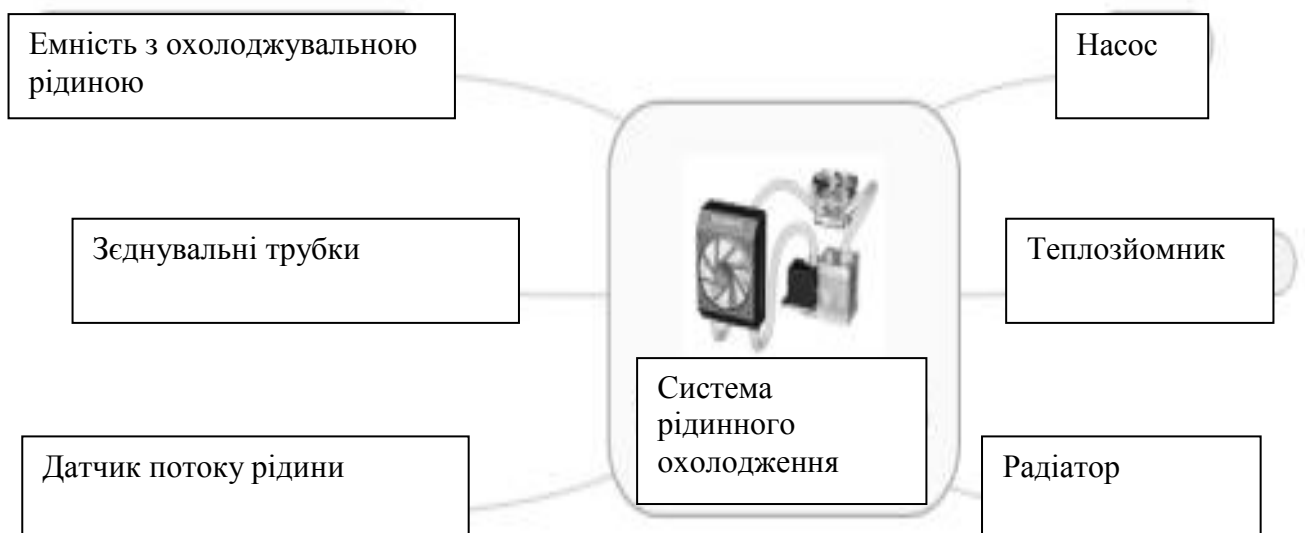


Рисунок 3.1 – Діаграма зв'язків системи охолодження комп'ютера

За конструктивними особливостями системи рідинного охолодження можуть розділятися на:

–системи, де охолоджуюча рідина приводиться в рух помпою у вигляді окремого механічного вузла;

– безпомпові системи, що використовують спеціальні холодоагенти, які в процесі перенесення тепла проходять через рідку і газоподібну фази.

Системи рідинного охолодження електронної апаратури класифікуються за двома видами: за типом циркуляції теплоносія і за джерелами циркуляції теплоносія. Це розподілення наведено на діаграмі зв'язків на рис. 3.2.

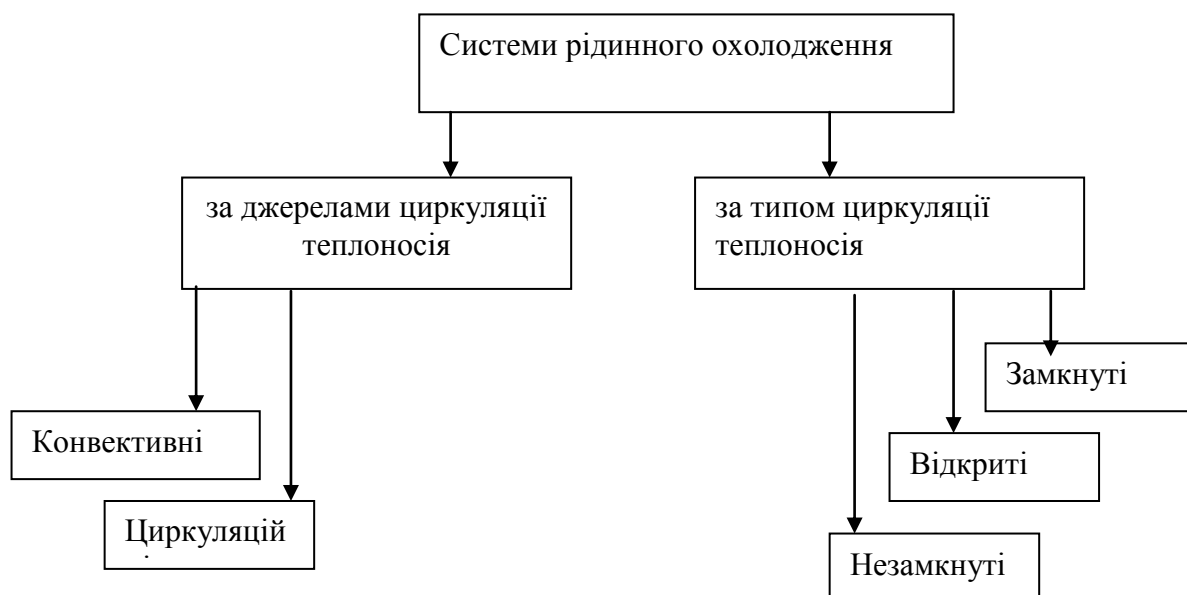


Рисунок 3.2 – Різновиди систем рідинного охолодження електронної апаратури

У замкнутих рідинних системах рідина, що є теплоносієм, циркулює по герметичному контуру, нагріваючись від джерела тепла (нагрівача) і остигаючи в охолоджувальному контурі (охолоджувачі). У незамкнутих рідинних системах теплоносієм подається зовні, нагрівається у джерела тепла і направляється в зовнішнє середовище, яке і грає роль охолоджувача [17]. У відкритих системах нагрівач поміщений в певний обсяг теплоносія, а той

укладений в охолоджувачі, якщо це передбачено конструкцією. Конвективні системи - системи, в яких теплоносій протікає через нагрівач тільки за рахунок теплової конвекції, а циркуляційні системи - системи, в яких для переміщення використовується насос.

3.2 Система охолодження тепловіділяючих елементів персонального комп'ютера

Принцип дії помпової системи рідинного охолодження персонального комп'ютера (рисунок 3.3) досить ефективний і простий. Він зазвичай, нічим дуже не відрізняється від систем охолодження, що застосовуються у автомобілях. Охолоджувальна рідина прокачується крізь радіатори охолоджуваних блоків за допомоги насоса. Ці елементи конструкції з'єднані поміж собою гнучкими мідними трубками діаметром 6-12 мм.

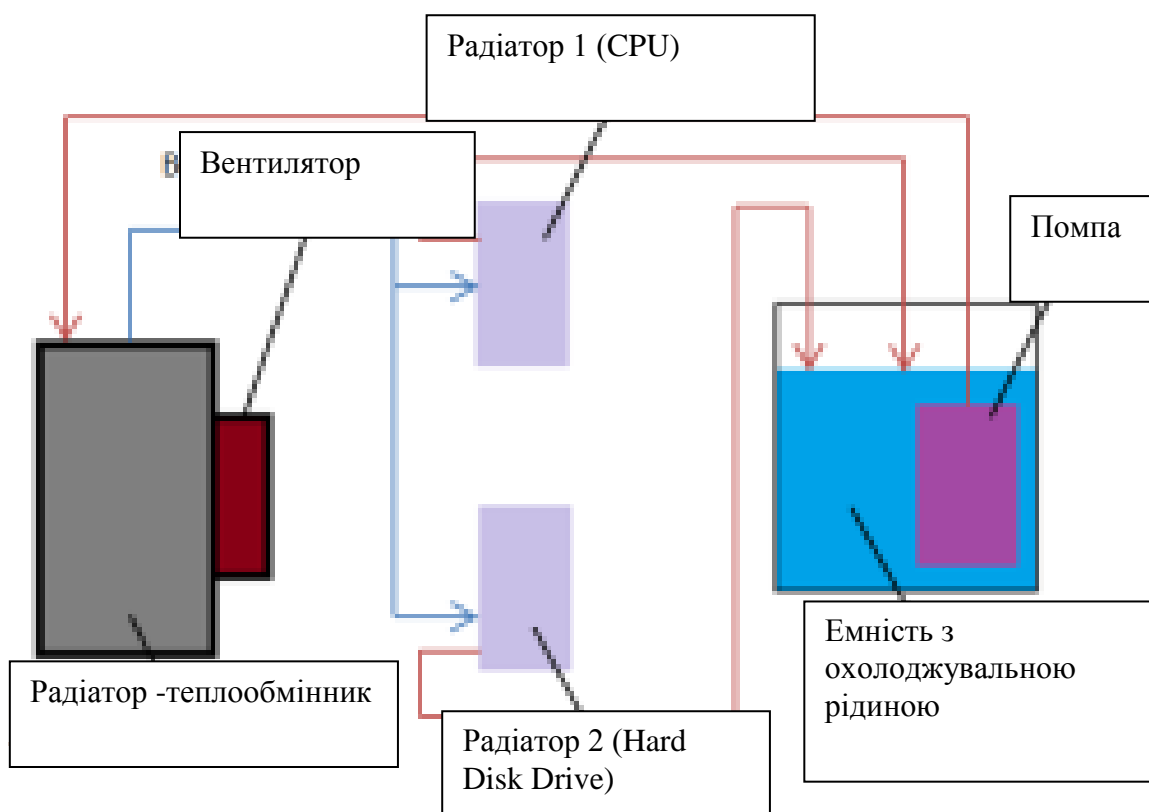


Рисунок 3.3 – Замкнута помпова система охолодження

Проходячи крізь радіатор процесора чи інших блоків, рідина відбирає її тепло, потім потрапляє по трубках у радіатор блоку теплообмінника з зовнішнім повітрям, де вона охолоджується [19]. Уся система замкнута та наповнююча рідина у ній циркулює постійно.

У беспомпових системах рідинного охолодження використовується принцип випарювання рідини, це створює спрямований тиск задля руху охолоджуючого агента. у таких системах застосовують спеціальні види холодоагентів (рідини з низькою точкою кипіння). Наперед, у холодному стані радіатор та трубки заповнені рідиною. У разі якщо радіатор процесора нагрівається більше якоїсь температури, охолоджуюча рідина перетворюється на пару. Сам процес перетворення, додатково поглинає енергію, тож підвищує ефективність охолодження. Відповідно гарячий пар створює тиск та намагається покинути емність радіатора процесора. Крізь спеціальний односторонній клапан ця пара може вийти лише в одну сторону – до радіатору теплообмінника-конденсатора. Потрапивши у радіатор теплообмінника, пара видавлює звідти холодну рідину у напрямку радіатору процесора, а сама остигає та конденсується знову в рідину.

Таким чином, охолоджуюча речовина у фазах рідина-пар, що чергуються, постійно протікає по замкнутій схемі трубопроводу, доки радіатор гарячий. Енергією для руху слугує саме тепло, що виділяється елементом, що охолоджується.

На рис 3.4 представлений системний блок персонального комп'ютера з системою рідинного охолодження [20].



Рисунок 3.4 – Системний блок з рідинним охолодженням

3.3 Аналіз переваги і недоліки рідинного охолодження

Переваги та недоліки систем рідинного охолодження наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Переваги та недоліки систем рідинного охолодження

Переваги	Недоліки
<p>– теплова ємність рідини значно більше, ніж у повітря, отже, ефективність тепловідведення вище;</p>	<p>– дорожча ціна системи в порівнянні з повітряною системою; – більш складна установка через те, що</p>
<p>–система замкнута, і рідина в ній циркулює постійно. Як правило, у системі рідинного охолодження виконуються блоки, створюючи потік. Такі кулери не мають високої швидкості, - немає передачі тепла з одного елемента до іншого (що відбувається в разі повітряного охолодження); - такі системи можуть легко змінюватись - водоблок може бути встановлено не тільки на процесор, але також на чіпсет материнської плати або на чіп відеокарти. - наявна можливість мати паралельне охолодження одночасно декількох пристроїв.</p>	<p>сучасні системні блоки спроектовані під повітряні системи охолодження. Однак, з появою на ринку корпусів, які підходять для монтажу систем водяного охолодження, популярність цих систем буде зростати; – можливість пошкодження елементів комп'ютера при розгерметизації системи.</p>

4 РОЗРОБКА, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОХОЛОДЖЕННЯМ ВІДЕОКАРТИ

4.1 Обґрунтування необхідності додаткового охолодження блоків РЕА

Керування режимами роботи системи охолодження блоків персонального комп'ютера повинно виконуватись у автоматичному режимі, з застосуванням датчиків температури, потоку, тиску у системі охолодження, електронних контролерів, що регулюють продуктивність виконавчих механізмів охолоджувальної системи, кількість та послідовність підключення вентиляторів тощо.

Зазвичай система охолодження переважної кількості блоків компютера є повітряною. Потужність тепловиділення електронних блоків компютера суттєво відрізняється, зокрема є елементи, що не потребують охолодження, або мають достатню площу для природного охолодження. У той же час наявні елементи та блоки, що виробляють досить багато тепла: центральний процесор, допоміжні процесори, процесори відеокарти тощо. При розробці цих елементів забезпечують відповідний розрахунковий рівень повітряного охолодження, використовуючи систему радіаторів, кулерів (що поєднують вентилятори та радіатори) і таке інше. Проте у конкретній ситуації можливо, що штатна система не забезпечує відповідного охолодження, оскільки використовується у режимі, близькому до критичного.

Вказана ситуація виникає у випадках, коли користувач персонального компютера самостійно вибирає компоновку, тип елементів та блоків, а також змінює деякі налаштування системи елементів ПК.

Також під час експлуатації ПК блоки, що інтенсивно виробляють тепло та мають велике електричне навантаження, поступово втрачають властивості повноцінно утілізувати це тепло, що призводить до поступового зниження ефективності усієї системи охолодження ПК. Це призводить до підвищення

температури найбільш тепловиділяючих елементів та підвищення ризику виходу з строю обладнання.

Треба також брати до уваги можливість зниження продуктивності та навіть пошкодження (зупинення) механічних кулерів без відповідного сигналу до виконавчих механізмів, що мають компенсувати зниження охолодження за рахунок резервних потужностей (якщо це передбачено). Зазвичай у побутових компютерних приладах середнього рівня складності (та відповідного цінового сегменту) це призводить до перегріву процесорів, інших тепловиділяючих елементів, та навіть до виходу їх з ладу.

Найпростішим виходом з цієї ситуації є застосування додаткової системи охолодження, що встановлюється паралельно з існуючою. Вона може бути вмонтована у новий корпус ПК, або монтуватись окремо у вільних місцях внутрішнього пространства комп'ютера.

4.2 Система охолодження відеокарти

Охолодження сучасних відеокарт - завдання більш складне, ніж охолодження центральних процесорів. Викликано це в першу чергу близькістю сусідніх слотів PCI-Express на материнській платі і жорсткими обмеженнями за розмірами кольорів, а також різноманітністю систем харчування графічних процесорів, під які неможливо придумати універсальні радіатори для альтернативних систем охолодження. При цьому CPU флагманських відеокарт сьогодні виділяють до 300 Вт тепла, а нерідко навіть більше, і, щоб впоратися з таким рівнем тепловиділення, на допомогу приходять системи рідинного охолодження.

У питанні вибору системи охолодження відеокарти перш за все слід з'ясувати споживану потужність, її розподіл між елементами, наявність та ефективність встановлених засобів охолодження, рекомендації виробника відеокарти щодо умов експлуатації, власні вподобання щодо режиму навантаження відеокарти.

Враховуючи те, що пропозиції на ринку відеоігр швидко змінюються у напрямку підвищення роздільної здатності, якості кольоровідтворення, швидкодії відтворення зображення, необхідно у процесі формулювання вимог до системи, що проектується, закладати деякий запас міцності, принаймні 20...30 % від необхідного на даному етапі.

Після аналізу наявних засобів [18,19] та враховуючи вимоги завдання на атестаційну роботу було вибрано одну з останніх розробок таких охолоджувачів, що представила компанія ID-Cooling . Мова йде про систему ID-Cooling ICEKIMO 240VGA [20].



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд вибраної системи охолодження

У новій системі виробник вирішив зробити акцент саме на ефективності охолодження, хоча і про підсвічування не забув. Технічні характеристики рекомендованої системи наведено у табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Основні технічні характеристики системи охолодження

Найменування характеристики	ID-Cooling ICEKIMO 240VGA
1	2
Радіатор	
Розміри (Д × Ш × В), мм	274 × 120 × 27
Матеріал радіатора	Алюміній
Кількість каналів, шт.	14
Відстань між каналами, мм	7
Щільність радіатора, FPI	19
Вентилятори на радіаторі	
Кількість вентиляторів	2
Модель вентилятора	ID-Cooling PL-12025-G
Типорозмір	120 × 120 × 25
Швидкість обертання, об/хв	700–1600
Максимальний повітряний потік, CFM	2 × 62
Рівень шуму, дБА	18,0–26,4
Максимальний статичний тиск, мм Н ₂ О	2 × 1,78
Номинальна/стартова напруга, В	12,0 / 5,2
Енергоспоживання, Вт	2 × 2,16 / 2 × 2,36
Вентилятор на кожухе	
Модель вентилятора	ID-Cooling ND-9015M12B
Типорозмір	95 × 15
Швидкість обертання, об/мин	1500

4.3 Особливості конструкції

ID-Cooling ICEKIMO 240VGA є система, що не потребує регулярного обслуговування, використовує рідинне охолодження, завчасно заправлена і готова до експлуатації. Вона побудована за класичними канонами проектування подібних систем рідинного охолодження (CPO) і складається з радіатора, з'єданого з помпою двома шлангами і обдуваного двома вентиляторами.

Різниця з процесорними CPO полягає в тому, що у ID-Cooling ICEKIMO 240VGA помпа вбудована в металевий кожух, в якому додатково встановлено вентилятор на обдув зони VRM відеокарти.

Розміри алюмінієвого радіатора становлять $274 \times 120 \times 27$ мм, а товщина його робочого тіла дорівнює всього 15 мм.

Радіатор складається з 14 каналів, розставлених з інтервалом 7 мм один від одного - це простір заповнений приклеєною гофрострічкою. Щільність ребер радіатора становить 19 FPI (ребер на дюйм).

Модуль помпи з водоблоком має розміри $\text{Ø}65 \times 30$ мм і закріплений в металевому кожусі.

Продуктивність помпи в її характеристиках не вказана, але відомо, що швидкість обертання її ротора повинна складати 2100 об / хв (2310 об / хв за результатами вимірювань) і що її керамічний підшипник повинен прослужити не менше 50 000 годин, тобто більше п'яти з половиною календарних років. Рівень шуму помпи не повинен перевищувати 25 дБА, а енергоспоживання - 3 Вт, хоча, за нашими даними, воно виявилось 4,88 Вт. Помпа підключається до вільного трьохконтактного роз'єму на материнській платі кабелем довжиною 180 мм.

Водоблок виконаний з міді, його внутрішня структура мікроканальна і контактна поверхня оброблена далеко не ідеально в плані полірування. Але експериментальне встановлення водоблоку на поверхню графічного

процесора NVIDIA GP104 виявило, що він досить щільно контактує з охолоджуваним блоком(рис. 4.2).

У тому ж кожусі, в який вбудована помпа, розміщений 90-мм вентилятор з подвійною крильчаткою, призначений для охолодження елементів силових ланцюгів відеокарти (рис. 4.3).

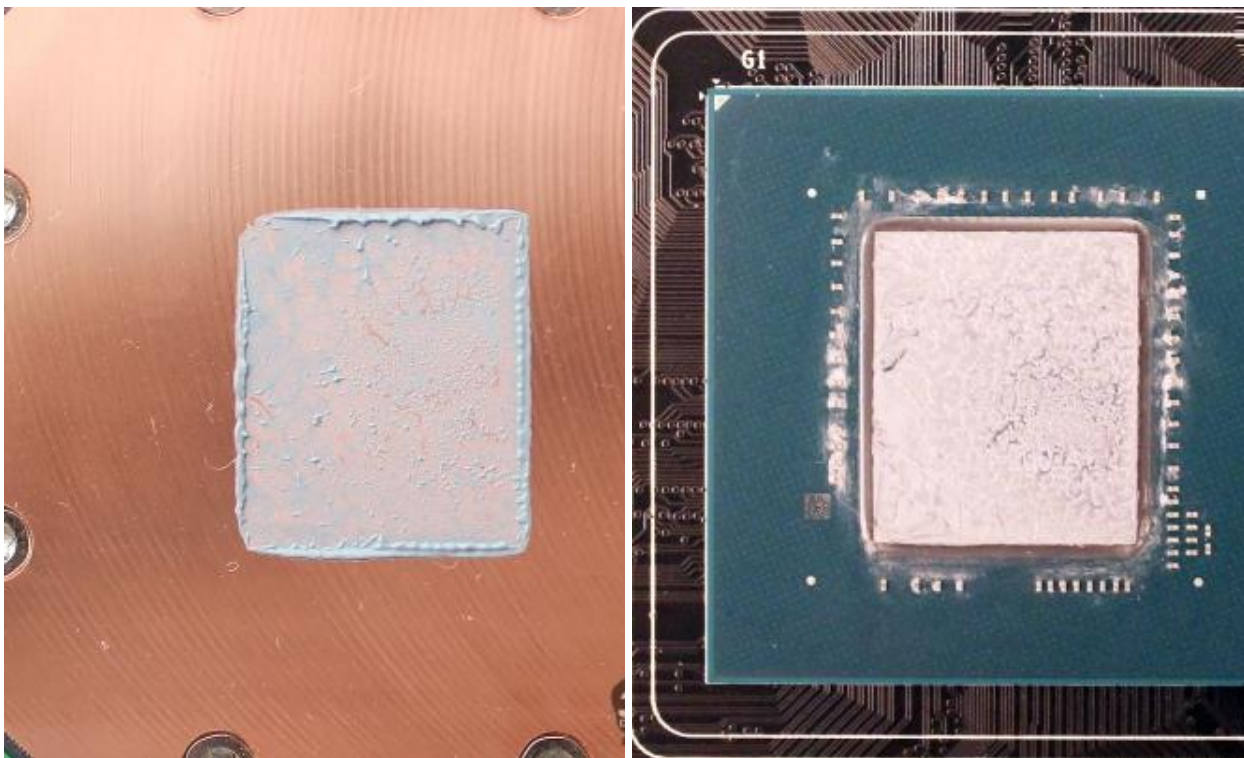


Рисунок 4.2 – Контакт водоблоку та поверхні графічного процесора NVIDIA GP104



Рисунок 4.3 – Вбудований вентилятор з подвійною крильчаткою

Такі оригінальні лопаті, на думку розробників, дозволяють мінімізувати «мертві» зони під крильчаткою і домогтися більш рівномірного охолодження. Швидкість даного вентилятора постійна і дорівнює 1500 об / хв. Повітряний потік заявлений на позначці 24,5 CFM, рівень шуму - 22,8 дБА і статичний тиск - 1,25 мм H₂O.

Що стосується радіатора ID-Cooling ICEKIMO 240VGA, то він охолоджується двома 120-мм вентиляторами моделі ID-Cooling PL-12025-G з напівпрозорими лопатями оригінальної форми (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Вентилятори радіатору системи

Вони підтримують ШІМ-управління і працюють в діапазоні від 700 до 1600 об / хв, нагнітаючи повітряний потік об'ємом 62 CFM кожен, розвиваючи статичний тиск 1,78 мм H₂O і генеруючи шум гучністю від 18,0 до 26,4 дБА. Важить один такий вентилятор 138 грам.

Гідродинамічні підшипники вентиляторів повинні прослужити не менше трьох років, хоча в характеристиках їх ресурс не вказано.

Вони підтримують ШІМ-управління і працюють в діапазоні від 700 до 1600 об / хв, нагнітаючи повітряний потік об'ємом 62 CFM кожен, розвиваючи статичний тиск 1,78 мм H₂O і генеруючи шум гучністю від 18,0 до 26,4 дБА. Важить один такий вентилятор 138 грам.

Гідродинамічні підшипники вентиляторів повинні прослужити не менше трьох років, хоча в характеристиках їх ресурс не вказано.

Однак на практиці вони не приносять користі, тому що не торкаються корпусу радіатора. Для кріплення вентиляторів на радіаторі в комплекті є

два набори гвинтів - довгі і короткі, а підключаються «вертушки» до плати або реобаса 305-мм кабелями через Y-подібний перехідник, який додає до цього ще 60 мм. Якщо вільних роз'ємів на материнській платі або контролері вже немає, то можна використовувати вхідний в комплект СЖО перехідник на роз'єм блоку живлення PATA-типу.

4.4 Сумісність і монтаж

Перелік відеокарт, з якими сумісний водоблок ID-Cooling ICEKIMO 240VGA, наведено в таблиці 4.2.

Якщо ви не знайдете в цьому переліку свою відеокарту, то не варто засмучуватися, оскільки водоблок сумісний з усіма відеокартами, у яких монтажні отвори графічного процесора розміщені по кутах квадрата $58,4 \times 58,4$ або $53,3 \times 53,3$ мм, що є з більшістю сучасних відеокарт. Головна проблема полягає в іншому.

Як ви вже знаєте, в комплекті ID-Cooling ICEKIMO 240VGA немає окремих радіаторів для елементів силових ланцюгів відеокарт.

Враховуючи це перед придбанням такої СЖО в свою систему слід переконатися, що на вашу відеокарту є окремий радіатор для VRM і що він не знімається разом з основним радіатором графічного процесора, як це досить часто буває.

Крім того, не рекомендується встановлювати водоблок ICEKIMO 240VGA на відеокарти, у яких силова частина винесена вперед, в зону між CPU і відеовиходами.

Такі відеокарти, як правило, не належать до моделей з високим рівнем тепловиділення, і встановлювати на них систему рідинного охолодження не має сенсу.

Для закріплення водоблоку на графічному процесорі використовується універсальна підсилювальна пластина і гайки з накатаною головкою з шайбами рис. 4.5).

Таблиця 4.2 – Сумісність системи охолодження з відеокартами

Установчий розмір, мм	Відеокарта
53,3x53,3	NVIDIA, GeForce GTS 450,250, AMD, Radeon R9 3290X, 290, 285, 280X, 280, 270X, 270 Radeon R7 265
58,4x58,4	NVIDIA, GeForce GTX 1080,1070, `1060 Series GeForce GTX 980Ti, 980, 970, 960, Titan Series GeForce GTX 780Ti, 780, 760Ti, 760 GeForce GTX 680Ti, 680, 670, 660, 650

Що стосується радіатора з вентиляторами, то його можна розмістити в будь-яких призначених для 240-мм радіатора місцях корпусу системного блоку. При цьому виникає проблема - жорсткі шланги і неповоротні фітинги. Після тривалих спроб та примірок встановити радіатор з вентиляторами на передню стінку корпусу системного блоку Thermaltake Core X71 не вийшло, хоча довжини шлангів вистачало. Не вийшло розмістити радіатор і на верхній стінці корпусу, оскільки при встановленому на процесор суперкулерів Phanteks PH-TC14PE просто не вистачало запасу по товщині. Тому єдиним можливим варіантом стала установка радіатора з вентиляторами на перегородку корпусу прямо під материнською платою з відеокартою (рис. 4.6).

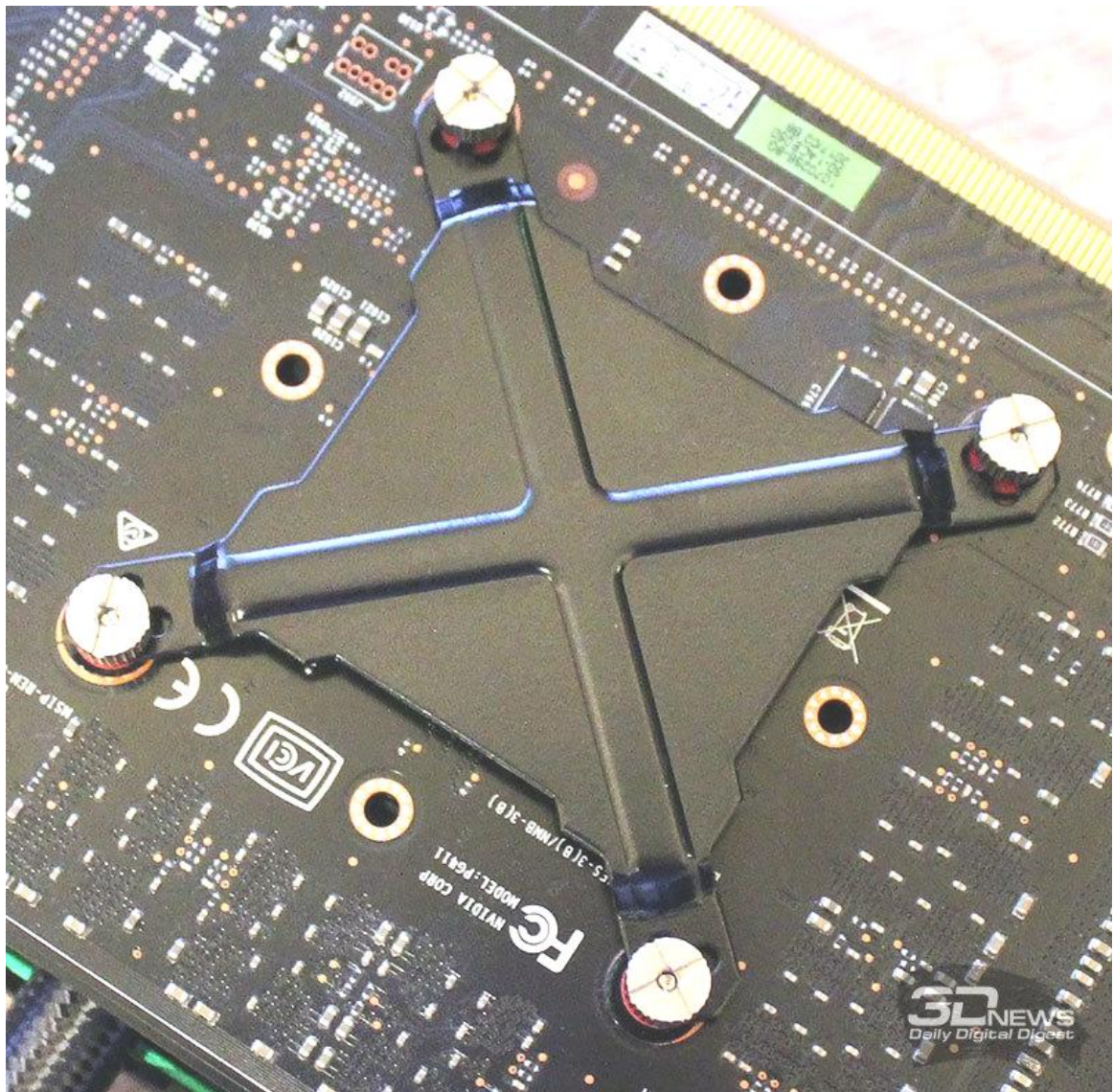


Рисунок 4.5 – Модуль закріплення водоблоку на графічному процесорі

Бічну стінку корпусу можна було б спокійно закрити, але в такому випадку ефективність охолодження ID-Cooling ICEKIMO 240VGA була б серйозно обмежена, тому ми так і тестували систему - зі знятою бічною стінкою. Як показують наші попередні тести, різниці в температурах компонентів в добре провітрюваному вентиляторами корпусі і в корпусі з відкритою бічною стінкою практично немає.

Додамо, що під час роботи СЖО у неї підсвічуються вентилятори радіатора, вентилятор в кожусі і логотип на верхній панелі кожуха.



Рисунок 4.6 – Розміщення радіатора з вентиляторами

В ході проведеного аналізу систем рідинного охолодження були вибрані основні складові системи. Були розглянуті класифікації систем рідинного охолодження за різними критеріями. Також визначено основні недоліки та переваги такого способу охолодження електронної апаратури. Таким чином, можна зробити висновок, що використання систем рідинного охолодження істотно підвищує охолодження того чи іншого компонента електронного пристрою в порівнянні, наприклад, з повітряним охолодженням.

4.5 Використання елемента Пельтьє

Додаткове підвищення ефективності охолодження елементів електронної апаратури можливе за використання елементів Пельтьє [26]. Об'єднання великої кількості контактів напівпровідників р- і n-типу дає можливість створювати охолоджуючі елементи Пельтьє досить великої потужності. Побудова напівпровідникового термоелектричного блоку Пельтьє наведена на рис. 4.7.

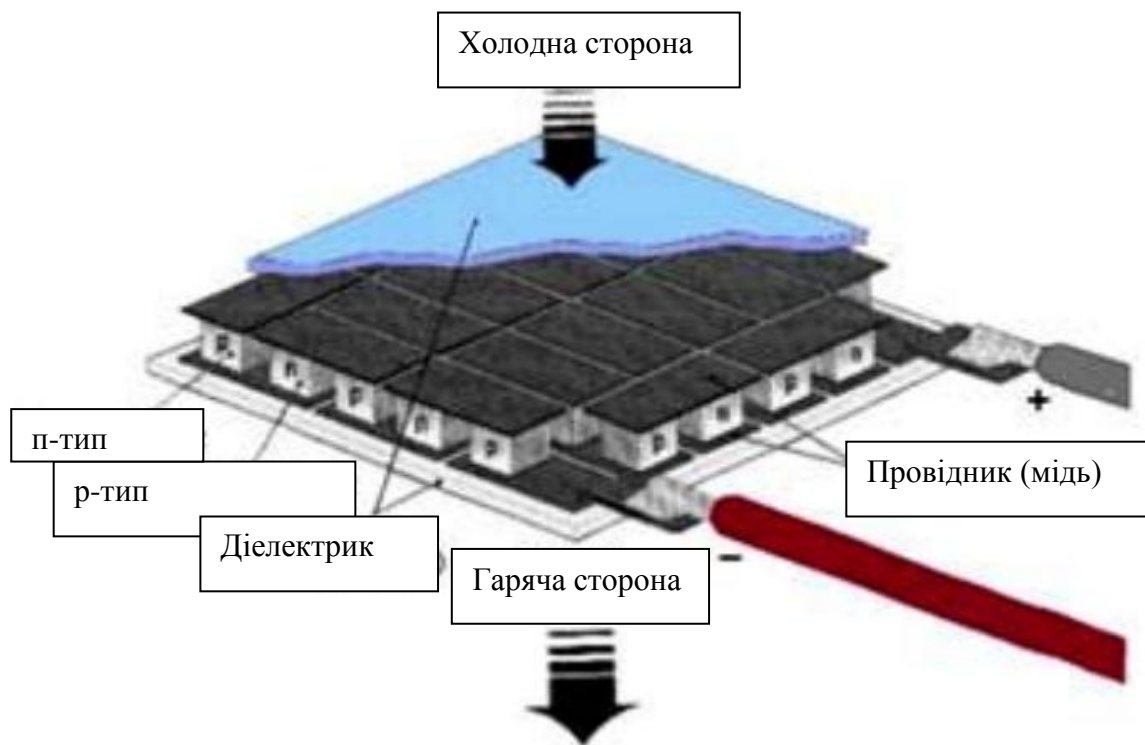


Рисунок 4.7 – Структура термоелектричного модуля Пельтьє

Модуль Пельтьє є термоелектричний холодильник, що складається з послідовно з'єднаних елементів р- і n-типу, що утворюють р-n- і n-p- переходи. Для кожного з таких переходів повинен бути тепловий контакт з одним з двох радіаторів.

В результаті протікання електричного струму постійної полярності утворюється стрибок температур між радіаторами модуля Пельтьє: так

один радіатор працює як охолоджувач, другий нагрівається і слугує задля відводу тепла.

Типовий модуль дає доволі значний температурний перепад, що становить декілька десятків градусів. За відповідного примусового охолодження радіатора, який гріється, інший радіатор - холодильник дозволяє отримати відємних значень температур. Задля зростання різниці температур можливо включати каскадно термоелектричні модулі Пельтьє, за умови забезпечення їх адекватного охолодження. Таким чином порівняно простими засобами можливо отримати досить значний перепад температур та забезпечити досить ефективно охолодження елементів, що нагріваються. На рис. 4.8 представлений зовнішній вид кулера з модулем Пельтьє.

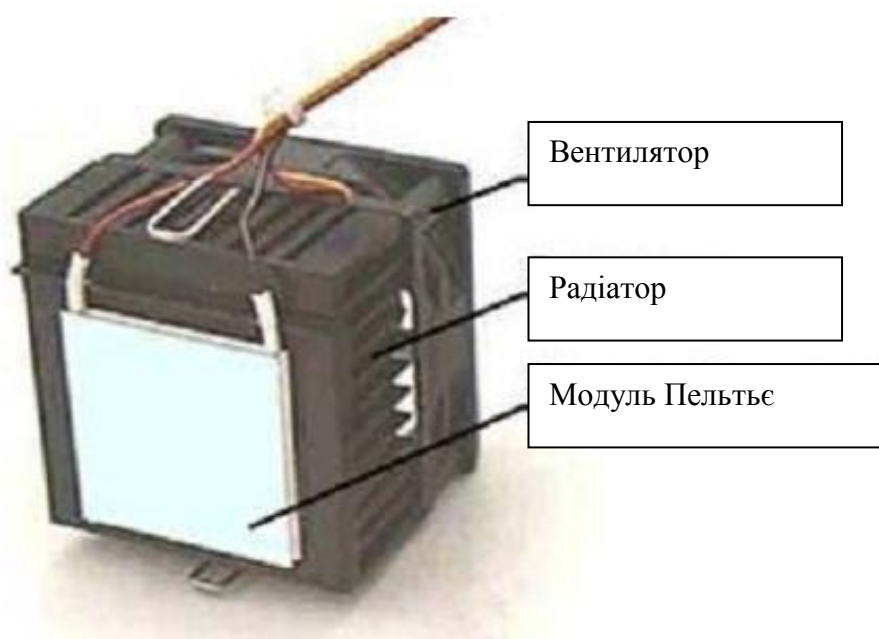


Рисунок 4.8 – Кулер з модулем Пельтьє

ВИСНОВКИ

В атестаційній роботі виконано огляд систем охолодження, зокрема систем кондиціонування повітря у різних приміщеннях. Виконано порівняльний аналіз основних типів систем кондиціонування, їх характеристик, можливостей.

Розглянуто технології кондиціонування, принципи конструювання систем охолодження, особливу увагу приділено питанням енергоефективності та оптимального режиму роботи.

Наведені основні принципи системи контролю та керування охолоджуючої установки, а також типову електричну схему контролю та керування кондиціонером.

Розглянуто рідинну систему охолодження, її використання для електронної апаратури, проаналізовано переваги і недоліки.

Запропоновано систему охолодження комп'ютерної відео карти та систему контролю і керування нею. Досліджено режими роботи, наявні елементи системи контролю (зокрема термодатчики), варіанти заміни та здешевлення елементів системи, оптимальне розміщення складових системи контролю та керування.

Розглянуто використання елементів Пельтьє для додаткового охолодження елементів РЕА (зокрема процесорів).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Билибин К. И., Власов А. И., Журавлева Л. В. и др. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. Учебник для вузов — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2005. 568 с. Сер. «Информатика в техническом университете» (Издание второе, переработанное и дополненное).
2. Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів: Підручник. — Харків, СМІТ, 2005. — 592 с.
3. Парфенов Е. М., Камышная Э. Н., Усачов В. П. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры. Учебное пособие для вузов — Москва, Изд-во Радио и связь. 1989. 272 с.
4. Камышная Э. Н., Маркелов В. В., Соловьев В. А. Конструкторско-технологические расчеты электронной аппаратуры. — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. 165 с.
5. Андреев К. А., Власов А. И., Камышная Э. Н., Тиняков Ю. Н., Лавров А. В. Автоматизированная пространственная оптимизация компоновки блока управления датчика давления по тепловому критерию // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 6 (18). С. 51.
6. Панфилова С. П., Власов А. И., Гриднев В. Н., Червинский А. С. Бесконтактный тепловой контроль электронно-вычислительных средств // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2007. № 6 (72). С. 42–49.
7. Панфилова С. П., Власов А. И., Гриднев В. Н., Червинский А. С. Бесконтактный тепловой контроль изделий электронной техники // Производство электроники. 2007. № 3. С. 25–30.
8. Еланцев А. В., Маркелов В. В. Автоматизированный контроль и испытания электронной аппаратуры. — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 1990. 52 с. Том 1: Испытание электронной аппаратуры.

9. Еланцев А. В., Курбанмагомедов К. Д., Маркелов В. В., Набиуллин А. Н. Методы и средства автоматизированного контроля и испытаний электронной аппаратуры. — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 1992. 78 с. Том 2: Анализ и обеспечение контроле- и тестопригодности ЭА.
10. Камышная Э. Н., Маркелов В. В., Усачев В. П. Исследование теплового режима блока охлаждения РЭС при различных системах охлаждения. Учебное пособие по курсу «Конструирование РЭС» — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 1991. 20 с.
11. Камышная Э. Н., Маркелов В. В., Соловьев В. А. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС и ЭВС. Том 8. Расчет радиаторов — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2003. 28 с.
12. Чеканов А. Н., Маркелов В. В., Кадыков Г. Г. Автоматизация расчетов тепловых режимов с помощью ЭВМ. Расчет тепловых режимов при естественной и принудительной конвекции. — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 1983. 35 с.
13. Парфенов Е. М., Костиков В. Г., Буренин В. В. Экспериментальное определение закона теплообмена и коэффициента теплоотдачи: лабораторная работа по курсу конструирование РЭС. Учебное пособие. — Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 1991. 36 с.
14. Системы кондиционирования воздуха Режим доступа:
<http://strmnt.com/dom/tech/condition/sistemy-kondicionirovaniya-vozduxa.html> (Дата звернення 17.10.2019р.)
15. Бытовые кондиционеры Режим доступа:
<http://www.sveko.com.ua/viewcatalog/cID/1/>(Дата звернення 17.10.2019р.)
16. Системы с переменным расходом хладагента Режим доступа:
http://www.topclimat.ru/publications/what_is_vrf_system.html (Дата звернення 18.10.2019р.)

17. Жидкостное охлаждение Режим доступа:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Жидкостное_охлаждение (Дата звернення 20.10.2019р.)
18. Система охлаждения компьютера Режим доступа:
[https://ru.wikipedia.org/wiki/ Система_охлаждения_компьютера](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_охлаждения_компьютера) (Дата звернення 23.10.2019р.)
19. Жидкостное охлаждение для компьютеров Режим доступа:
<http://fcenter.ru/online/hardarticles/cooling/5818> (Дата звернення 28.10.2019р.).
20. Антонова Д. О. Анализ систем жидкостного охлаждения электронной аппаратуры // Молодой ученый. — 2016. — №27. — С. 36-41.
21. Мюллер Р. Скотт У. Модернизация и ремонт ПК, 19 изд.: Пер. с англ. — М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2011. — 1072с.
22. Система жидкостного охлаждения для видеокарт ID-Cooling ICEKIMO 240VGA Режим доступа: <https://3dnews.ru/965283> (Дата звернення 12.11.2019р.)
23. Контроль и измерение температуры Режим доступа:<https://baker-group.net/bread-and-bakery-products/chilled-and-frozen-foods/monitoring-and-measurement-of-temperature.html> (Дата звернення 14.11.2019р.)
24. Термометры на жидких кристаллах Режим доступа:
<http://yalosindicator.com/product> (Дата звернення 16.11.2019р.)
25. Каталог продукции компании DANFOSS. Теплообменное оборудование Режим доступа
http://ru.heating.danfoss.com/PCMPDF/pt_1000.pdf (Дата звернення 18.11.2019)
26. Применение эффекта Пельтье Режим доступа
https://studbooks.net/1822236/matematika_himiya_fizika/primenenie_effekt_a_pelte (Дата звернення 19.11.2019)