

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інформаційних електронних систем  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: «Електронний пристрій для охолодження рідин побутового  
призначення»

Виконав: студент 2(4)-го курсу, групи ТКР-21мс  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотех-  
ніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Присяжний В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: асистент каф. ІРТС

Пастушенко О.Л.

(прізвище та ініціали)

«16» 06 2023 р.

Рецензент: д.т.н., проф. каф. ІКСТ

Михалевський Д. В.

(прізвище та ініціали)

«16» 06 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

«16» 06 2023 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Інформаційних електронних систем  
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації  
Спеціальність – 172 – Телекомунікації та радіотехніка  
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри ІРТС**  
д.т.н., проф. Осадчук О.В.

  
21.03.2023 року

## **З А В Д А Н Н Я** **НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Присяжному Владиславу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення

керівник роботи асистент каф. ІРТС Пастушенко О.Л.

затвердені наказом вищого навчального закладу від "20"03 2023 року № 67

2. Строк подання студентом роботи 16 06 2023 року

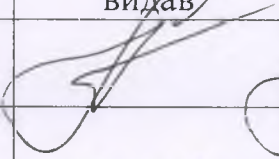
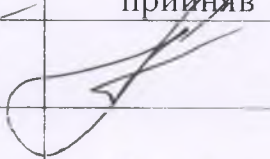


3. Вихідні дані до роботи: наявність сенсорної панелі керування; безконтактне вимірювання температури об'єктів від -127°C до + 127°C; можливість встановити потрібну температуру для охолодження від 0°C до +126°C; автоматичне завершення охолодження по досягненню виставленого значення; звукове сповіщення по завершенню охолодження; світлова індикація безпеки споживання страви, відповідність температури кольорова.

4. Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз сучасного стану розвитку портативних пристроїв охолодження страв. Загальні відомості про існуючі охолоджувальні пристрої та їх розробка. Моделювання роботи пристрою. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

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

Схема електрична принципова . Структурна схема. Корпусне креслення приладу «UnWave», каретка в розрізі. Корпусне креслення приладу «UnWave», вид збоку.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	асистент каф. ІРТС, Пастушенко О.Л.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, професор д.п.н., Дембіцька С.В.		


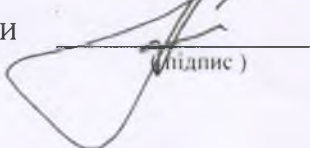
7. Дата видачі завдання 22.03.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БДР	14.02.2023-28.02.2023	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2023-23.03.2023	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БДР.	20.03.2023-31.03.2023	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	01.04.2023-06.05.2023	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки . Експериментальне дослідження.	07.05.2023-18.05.2023	
6.	Розробка графічної частини БДР	19.05.2023-22.05.2023	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2023-28.05.2023	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	29.05.2023-06.06.2023	
9.	Нормоконтроль	07.06.2023-09.06.2023	
10.	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	10.06.2023-19.06.2023	
11.	Захист БДР ЕК	20.06.2023-21.06.2023	

Студент

Керівник роботи

  
(підпис)  
  
(підпис)

Присяжний В.М.

Пастушенко О.Л.

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.397

Присяжний В.М. Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – Радіотехніка. Вінниця: ВНТУ, 2023. 75 с. Укр. мовою. Бібліограф.: 24 назв; рис.: 30; табл. 8.

У цій бакалаврській дипломній роботі було проведено дослідження та розроблено прототип портативного пристрою Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення, який забезпечує контроль температури страви та безпеку вживання їжі. Даний пристрій є актуальним і має великий потенціал у галузі громадського харчування та для особистого використання в домашніх умовах. Він дозволяє користувачеві контролювати температуру страви та переконатися, що вона безпечна для вживання, що особливо важливо з огляду на зростання захворювань на харчові токсинфекції.

Робота включає аналіз ринку та існуючих рішень у галузі громадського харчування та домашнього приготування їжі, дослідження технологій контролю температури страв та її безпеки, розробку концепції прототипу Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення, створення приладу, тестування та оцінку його ефективності та функціональності, а також підготовку звіту з результатами дослідження та розробки приладу.

Ключові слова: прототип, Електронний пристрій для охолодження рідин, контроль температури, безпека вживання їжі, громадське харчування, аналіз ринку, дослідження технологій, розробка концепції, створення прототипу, тестування, ефективність, функціональність.

## ABSTRACT

Prysiashniy V. Portable Electronic device for cooling liquids for domestic use Bachelor's thesis in the specialty 172 - Telecommunications and Radio-engineering, educational program – Radio-engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 75 p. In Ukrainian language. Refs.: 24 titles; Figures: 30; Tables: 8.

In this bachelor's thesis, a prototype of a portable device for household liquid cooling was researched and developed, which provides control over the temperature of the dish and the safety of food consumption. This device is relevant and has great potential in the catering industry and for personal use at home. It allows the user to control the temperature of the dish and make sure it is safe to eat, which is especially important given the rise in foodborne illnesses.

The work includes analyzing the market and existing solutions in the field of catering and home cooking, researching technologies for controlling the temperature of food and its safety, developing a concept for a prototype household liquid cooling device, creating the device, testing and evaluating its effectiveness and functionality, and preparing a report on the results of the research and development of the device. The household liquid cooling device combines technologies that allow you to control the temperature of the dish and ensure food safety. It is compact, easy to use, and saves time and effort when cooking.

The results of the study of food temperature control and safety technology, development of the prototype concept, prototyping and testing will allow the development of an efficient and functional household liquid cooling device.

Keywords: Prototype, electronic device for cooling liquids, temperature control, food safety, catering, market analysis, technology research, concept development, prototyping, testing, efficiency, functionality.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ ПОРТАТИВНИХ ПРИБОРІВ ОХОЛОДЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЇХ АНАЛОГИ ТА ПРОТОТИПИ</b> .....	9
1.1 Потреби в охолодженні страв .....	9
1.2 Методи охолодження .....	10
1.3 Технологічні досягнення в охолоджувальних пристроях .....	12
1.4 Аналоги .....	13
1.5 Прототип .....	21
<b>2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИБОРІВ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ РІДИН ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ</b> .....	24
2.1 UnWave Електронний пристрій для охолодження рідин побутового значення.....	24
2.2 Вибір та обґрунтування схеми пристрою .....	26
<b>3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИБОРІВ</b> .....	40
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	50
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	51
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії .....	53
4.3 Пожежна безпека.....	55
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	61
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	62
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) роботи .....	65
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративний матеріал .....	66
Додаток В (довідниковий). Лістинг програми .....	70

## ВСТУП

### *Актуальність*

Здорове харчування та безпека їжі є однією з найважливіших проблем суспільства. За останні роки, зростання захворювань на фоні харчових токсинфекцій та критична ситуація з екологією стали наголосом на необхідності забезпечення безпечної та якісної їжі. У зв'язку з цим, пристрої, які дозволяють контролювати температуру страви та забезпечувати безпеку її вживання, стають все більш популярними.

Актуальність даної теми викликана необхідністю забезпечення безпеки та якості їжі, а також потребою у зручних та ефективних пристроях для контролю температури їжі. UnWave має великий потенціал для застосування в галузі громадського харчування та для особистого використання у домашніх умовах. Цей пристрій може бути корисним для людей, які стежать за своїм здоров'ям та харчуванням, а також для закладів громадського харчування, які прагнуть забезпечити безпеку та якість їжі для своїх клієнтів.

### *Мета роботи*

Метою роботи є дослідження можливостей та розробка прототипу приладу UnWave, що дозволяє контролювати температуру страви та забезпечує безпеку вживання їжі людиною. За допомогою такого приладу, користувач може контролювати температуру страви та переконатися, що вона безпечна для вживання. Окрім того, він дозволяє економити час та зусилля при приготуванні їжі, що є важливим для сучасних людей, які живуть швидким темпом життя.

### *Об'єкт дослідження*

Об'єкт дослідження – ринок існуючих рішень у галузі громадського харчування та домашнього приготування їжі, дослідження технологій контролю температури страв та її безпеки, розробку концепції прототипу UnWave, створення приладу, тестування та оцінку його ефективності та функціональності, підготовку звіту з результатами дослідження та розробки приладу.

### ***Методи дослідження***

Крім того, буде проведений аналіз ринку та існуючих рішень, який дозволить визначити переваги та недоліки існуючих пристроїв, а також виявити можливості для вдосконалення прототипу UnWave.

Далі буде проведена розробка концепції, яка включатиме в себе визначення технічних параметрів, а також складання плану роботи та вибір необхідних матеріалів та компонентів. Після цього буде проведена розробка прототипу, який буде протестований на ефективність та функціональність.

У заключному етапі роботи будуть проаналізовані результати тестування прототипу та оцінено його ефективність та функціональність. Також буде проведена підготовка звіту з результатами дослідження та розробки прототипу UnWave.

### ***Наукова новизна одержаних результатів***

Отже, розробка пристрою UnWave є актуальною темою, яка відповідає вимогам сучасного світу та може знайти своє застосування в галузі громадського харчування та для особистого використання у домашніх умовах. Результати дослідження технології контролю температури їжі та її безпеки, розробка концепції прототипу, створення прототипу та його тестування дозволять розробити ефективний та функціональний пристрій UnWave.

### ***Практичне значення одержаних результатів***

Результати даної роботи можуть бути корисними для науково-дослідницьких інститутів, закладів громадського харчування, а також для приватних осіб, які прагнуть контролювати якість та безпеку їжі.

У наступних розділах роботи будуть детально розглянуті технічні та наукові аспекти розробки приладу UnWave. Дослідження технології контролю температури їжі та її безпеки дозволить визначити оптимальні параметри для розробки прототипу.



# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ ПОРТАТИВНИХ ПРИСТРОЇВ ОХОЛОДЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЇХ АНАЛОГИ ТА ПРОТОТИПИ

## 1.1 Потреби в охолодженні страв

Охолодження страв є важливим процесом збереження їх свіжості, безпеки та якості споживання. Воно застосовується в різних ситуаціях і галузях, зокрема:

- Ресторани та кафе: У гастрономічній сфері охолодження страв має велике значення для забезпечення безпечного зберігання та готовності страв. Процес охолодження допомагає знизити температуру свіжо приготовлених страв до безпечного рівня, що запобігає розмноженню шкідливих бактерій. Охолоджені страви можуть бути збережені в холодильниках або холодильних камерах до моменту подачі або подальшого приготування. Також, гарячі страви небезпечні до вживання людиною, адже людське тіло не пристосовано до вживання страв та рідин вище 60°C.

- Кейтеринг: Великі заходи, конференції, весілля та інші події, де сервірується багато людей, вимагають охолодження страв. Це дозволяє підготувати їжу заздалегідь, охолодити її і потім перевезти до місця прийому гостей. Охолодження зберігає свіжість страв і допомагає забезпечити безпечні умови зберігання під час транспортування.

- Промислове виробництво: У продуктивній промисловості охолодження використовується для швидкого охолодження готових або напівготових продуктів. Це дозволяє зберегти якість продукту, знизити ризик розмноження бактерій та забезпечити тривалий термін зберігання.

- Домашнє використання: В домашніх умовах охолодження страв дозволяє зберегти їх свіжість та безпеку. Наприклад, залишки вечері можуть бути охолоджені та збережені для наступного дня. Охолодження також

важливо для збереження свіжості продуктів, наприклад, овочів та фруктів, які потребують низької температури для підтримки якості.

- Охолодження страв є невід'ємною частиною кулінарного процесу і використовується для забезпечення безпеки, збереження якості та зручності. Він грає важливу роль у забезпеченні свіжості їжі та запобіганні розмноженню шкідливих мікроорганізмів [1].

## 1.2 Методи охолодження

- Повітряне охолодження - це коли тепло надається повітря, що циркулює навколо предмета. Це найпростіший і найдешевший метод охолодження, який використовується для комп'ютерів, холодильників та інших пристроїв.

- Гідро-охолодження - це коли тепло надається водою, яка має кращу теплопровідність для повітря. Цей метод використовується для охолодження овочів та фруктів після збирання.

- Вакуумне охолодження - це коли тепло задається через воду низького тиску. Цей метод також використовується для охолодження сільсько-господарських продуктів.

- Термоелектричне охолодження - це коли тепло переноситься електричним струмом, що проходить через два різних метали. Цей метод використовується для охолодження невеликих предметів, таких як напої або ліки.

- Промєневе охолодження - це коли тепло відводиться в космос. Цей метод використовується для охолодження будинків або інших конструкцій за допомогою пасивних радіаторів.

- Одноразове охолодження - це коли вода використовується один раз для охолодження і потім викидається. Цей метод використовується для охолодження промислового обладнання та електростанцій. Однак, цей метод

має недоліки, такі як велике споживання води та забруднення навколишнього середовища.

- Відкрите циркуляційне охолодження - це коли вода використовується багато разів для охолодження із застосуванням холодильної вежі або фонтану. Цей метод використовується для охолодження промислового обладнання та електростанцій. Перевагою цього методу є менше споживання і забруднення води, а недоліком - необхідність додавати хімічні речовини для запобігання корозії і накипу.

- Закрите циркуляційне охолодження - це коли вода використовується багато разів для охолодження із застосуванням теплообмінника. Цей метод використовується для охолодження комп'ютерів, холодильників та інших пристроїв. Перевагою цього методу є мале забруднення і корозія обладнання, а недоліком - необхідність додаткового обладнання та енергії для підтримки циркуляції води.

- Конвекція - це процес переносу тепла за допомогою руху рідини. Рідиною може бути як повітря, так і інша рідина. Конвекційне охолодження - це будь-яке відведення тепла, яке відбувається внаслідок руху рідини навколо об'єкта. Конвекційне охолодження може бути природним або примусовим. Природне охолодження відбувається внаслідок передачі тепла через зміни густини рідини, наприклад, гаряче повітря піднімається, а холодніше опускається. Примусове охолодження відбувається за допомогою зовнішнього джерела руху рідини, наприклад, вентилятора або насоса [2].

- Конвекційне охолодження є одним з основних способів відведення тепла в різних сферах, таких як теплообмінники, холодильники, комп'ютери та інші пристрої. Конвекційне охолодження має переваги перед іншими методами охолодження, такими як радіаційне або провідне, оскільки воно дозволяє ефективніше передавати тепло на відстань з малими швидкостями масопереносу. Однак, конвекційне охолодження також має недоліки, такі як

необхідність підтримки руху рідини та можливість корозії або накипу на поверхнях об'єктів.

### 1.3 Технологічні досягнення в охолоджувальних пристроях

- Інноваційні системи охолодження

На сучасному ринку існує широкий вибір охолоджувальних пристроїв для споживчих страв, що базуються на інноваційних технологіях. Наприклад, системи з використанням холодоакумуляторів, які накопичують холод та забезпечують стабільну температуру протягом тривалого часу [3].

- Автоматизація та контроль параметрів

Сучасні охолоджувальні пристрої оснащені автоматичними системами керування, які забезпечують точний контроль температури, вологості та інших параметрів. Це дозволяє досягти оптимальних умов зберігання і продовжити термін придатності продуктів.

- Енергоефективність

Одним з ключових напрямків розвитку охолоджувальних пристроїв є зниження енергоспоживання. Сучасні технології дозволяють створювати енергоефективні системи охолодження, що використовують менше енергії, але забезпечують оптимальну температуру і збереження якості продуктів [4].

- Використання нетрадиційних охолоджувальних речовин

Дослідження в галузі охолодження призводять до використання нових нетрадиційних охолоджувальних речовин, які є більш екологічно чистими та мають менший вплив на навколишнє середовище. Прикладами можуть бути натуральні холодоносії, які базуються на природних газах або органічних сполуках [5].

- Мініатюризація та зручність

Сучасні охолоджувальні пристрої мають тенденцію до мініатюризації, що дозволяє їх ефективно використовувати навіть у невеликих приміщеннях. Крім

того, забезпечується зручність в експлуатації, наприклад, швидка заміна охолоджувальних елементів або легкий доступ до налаштувань.

- Розширені функціональні можливості

Сучасні охолоджувальні пристрої включають розширені функціональні можливості, такі як контроль за часом зберігання, автоматичне відтворення оптимальних умов, наявність додаткових режимів (розморожування, режим "економія енергії" тощо).

- Інтеграція з сучасними технологіями. Охолоджувальні пристрої впроваджуються в екосистему "розумного будинку", де можуть бути підключені до мережі Інтернет для дистанційного керування та моніторингу параметрів зберігання продуктів [6].

- Удосконалення системи охолодження в транспорті

Не лише у побутових умовах, але й у сфері транспорту з'являються нові технологічні рішення для забезпечення оптимальних умов охолодження продуктів під час перевезення.

- Вплив інтелектуальних алгоритмів

Вплив інтелектуальних алгоритмів на розвиток охолоджувальних пристроїв застосування інтелектуальних алгоритмів, таких як штучний інтелект і машинне навчання, в сфері охолоджувальних пристроїв дозволяє оптимізувати їх роботу, підвищити ефективність та точність контролю параметрів [7].

- Перспективи розвитку охолоджувальних пристроїв

З урахуванням швидкого розвитку технологій і збільшення попиту на якісне зберігання продуктів, очікується подальше вдосконалення охолоджувальних пристроїв.

## 1.4 Аналоги

### 1.4.1 USB міні вентилятор

USB міні вентилятор - це портативний вентилятор, який працює від USB-порту, що забезпечує зручність використання в будь-якому місці, де є доступ до USB-джерела електропостачання, наприклад, на робочому столі, в автомобілі або від портативного зарядного пристрою [8].

USB міні вентилятор зазвичай має компактний розмір та може бути з легкістю перенесений з місця на місце. Він має просту конструкцію, яка складається з ротора, лопатей та корпусу. Ротор забезпечує рух лопатей, що створює потік повітря. Корпус вентилятора зазвичай має регульований кут нахилу, що дозволяє користувачу змінювати напрямок потоку повітря.

USB міні вентилятор може мати різні режими швидкості, які дозволяють користувачу налаштувати потік повітря на свій смак. Деякі моделі можуть мати додаткові функції, такі як підсвічування або вбудований іонізатор, що допомагає очищувати повітря в приміщенні.

USB міні вентилятори також зазвичай мають низький рівень шуму, що дозволяє користувачу комфортно використовувати їх в будь-якій ситуації. Завдяки своїй портативності та зручності використання, USB міні вентилятори стали популярними серед людей, які постійно пересуваються або працюють в місцях без централізованого кондиціонування повітря. Пристрій зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд USB міні вентилятора

Технічні характеристики:

- Довжина: 14 см;
- Діаметр у самому товстому місці 1.5см;
- Номінальне напруга: 5 В;
- Номінальна потужність: 1 Вт;
- Не потрібне встановлення драйвера;
- Живлення від порту USB;
- Безшумний.

Недоліки USB міні вентилятора можуть включати:

- Відсутня можливість керування повітряного потоку;
- Залежність від зовнішнього джерела живлення;
- Немає залежності охолодження від температури об'єкта охолодження;
- Не стійкий до зовнішніх пошкоджень корпус;
- Відсутній інтерфейс керування;
- Мала потужність для ефективного охолодження.

#### 1.4.2 Міні-холодильник Microsoft Xbox Series X

Принцип роботи холодильника від Xbox Series X полягає в тому, що він працює як будь-який інший холодильник, але має дизайн, що нагадує консоль Xbox Series X. Холодильник має вбудований дисплей, який може відображати різні графічні ефекти, такі як анімації, які нагадують ігрову консоль.

Отже, принцип роботи холодильника від Xbox Series X не відрізняється від принципу роботи будь-якого іншого холодильника, але він має унікальний дизайн, який дозволяє йому виділятися серед інших холодильників.

Він не є портативним приладом та немає контролю процесу охолодження продукта, як і будь-який інший холодильник охолоджує весь час на виставлену температуру з моменту подачі живлення. Основним охолоджуючим елементом є «елемент пельтьє», принцип дії якого базується на ефекті Пельтьє - виникненні різниці температур при протіканні електричного струму. В основі

роботи елементів Пельтьє лежить контакт двох струмопровідних матеріалів з різними рівнями енергії електронів у зоні провідності. При протіканні струму через контакт таких матеріалів, електрон повинен отримати енергію, щоб перейти у більш високоенергетичну зону провідності іншого напівпровідника. При поглинанні цієї енергії відбувається охолодження місця контакту напівпровідників. Пристрій представлено на рисунку 1.2 [9].



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд міні-холодильника Microsoft Xbox Series X

Характеристики:

- Підключається до стандартної настінної розетки змінного струму або автомобільної розетки постійного струму 12 В 4А (кабелі в комплекті);
- Термоелектричний кулер об'ємом 10 л для домашнього або автомобільного використання;
- Вміщує до 12 банок газованої води + 2 підноси для закусок у дверцятах;
- Дві знімні внутрішні полиці та дві знімні дверні полиці для закусок;
- Верхня частина холодильника та логотип Xbox підсвічуються окремими вимикачами;
- 5V 2.1A USB порт на передніх дверях для зарядки;
- Охолоджує предмети до температури на 20°C нижче температури навколишнього середовища;



- Зовнішні розміри: 18" x 9" x 9" (462 мм x 232 мм x 232 мм);
- Внутрішні розміри: 13,2" x 6,8" x 6,8" (337 мм x 174 мм x 175 мм).

Холодильник на елементах Пельтьє - це пристрій, який використовує термоелектричний ефект для охолодження. Елементи Пельтьє - це напівпровідникові пристрої, які використовуються для перенесення тепла з одного боку до іншого з використанням електричного струму.

Холодильник на елементах Пельтьє складається з кількох основних компонентів, включаючи:

Елементи Пельтьє - це основні компоненти, які відповідають за охолодження. Елементи складаються з двох напівпровідникових пластин, які з'єднані за допомогою провідника. Коли електричний струм проходить через елемент, тепло переноситься з одного кінця до іншого. Це призводить до охолодження з одного боку і нагрівання на іншому.

Радіатор - це компонент, який відводить тепло з елементів Пельтьє. Радіатор зазвичай виготовляється з алюмінієвого сплаву і має велику поверхню для розсіювання тепла.

Вентилятор - це компонент, який забезпечує циркуляцію повітря навколо радіатора, щоб забезпечити ефективніше охолодження.

Термостат - це компонент, який контролює температуру всередині холодильника. Він може вимикати та включати елементи Пельтьє в залежності від потреби.

Ізоляційний матеріал - це компонент, який забезпечує термічну ізоляцію холодильника, щоб уникнути витоку холоду з пристрою.

Холодильник на елементах Пельтьє має кілька переваг перед традиційними компресорними холодильниками, таких як менші розміри, тиха робота та відсутність рідини-хладагента. Однак, він має меншу ефективність, ніж компресорні холодильники, тому його використовують зазвичай для холодильників з невеликою ємністю.

Недоліки міні-холодильника Microsoft Xbox Series X:

- Відсутня можливість керування процесом охолодження предмета;

- Залежність від зовнішнього джерела живлення;
- Немає залежності охолодження від температури об'єкта охолодження;
- Відсутній інтерфейс керування;
- Через швидке охолодження створюється конденсат на об'єкті охолодження та відбувається процес заморожування.

### 1.4.3 Компресорний автохолодильник Alpicool G22

Портативний автохолодильник Alpicool G22 — ідеальна модель для відпочинку на природі. Спроектований з ударостійкого пластику та з можливістю витримувати нахили до 30°, холодильник витримає перевезення по бездоріжжю. А продумана конструкція надовго вбереже продукти в запрограмованому вами температурному режимі. Тому сміливо беріть його на дачу, полювання чи риболовлю.

Камери всіх холодильників-морозилок Alpicool виконані з безпечного для продукції пластику, тому в ньому можна зберігати продукти навіть без упакування.

Захист акумулятора авто від розряджання, Захист компресора від перегрівання, Пам'ять останніх налаштувань температури, Високо контрастний дисплей, Сенсорна панель керування, Протиударний дизайн, Режим швидкого заморожування, Режим низького споживання енергії (ЕКО-режим), USB-вихід для зарядження гаджетів

Компресорний автохолодильник працює за принципом компресійного охолодження, схожий на той, що використовується в домашніх холодильниках. Основні компоненти компресорного автохолодильника включають в себе компресор, конденсатор, евапоратор і регулюючі клапани.

Компресор забезпечує стиснення холодоагенту (наприклад, фреону) в газову форму та подальше перетворення його в рідину в конденсаторі. У процесі цього рідинний фреон виділяє тепло, що потім відводиться з конденсатора через вентиляційну систему автомобіля.

Потім рідина фреону проходить через регулюючі клапани і входить до евапоратора, де вона розширюється і перетворюється в газ. У процесі цього газ виділяє тепло, що призводить до охолодження повітря в евапораторі.

Охолоджене повітря потім циркулює в автомобільній кабіні, щоб охолодити напої та їжу, які зберігаються в автохолодильнику. Регулюючі клапани контролюють потік фреону, що дозволяє регулювати температуру в евапораторі та забезпечувати правильне функціонування автохолодильника.

Компресорний автохолодильник зазвичай працює від стандартної автомобільної батареї, але може також працювати від іншого джерела електропостачання, наприклад, від сонячної батареї або портативного генератора. Пристрій зображено на рисунку 1.3 [10].

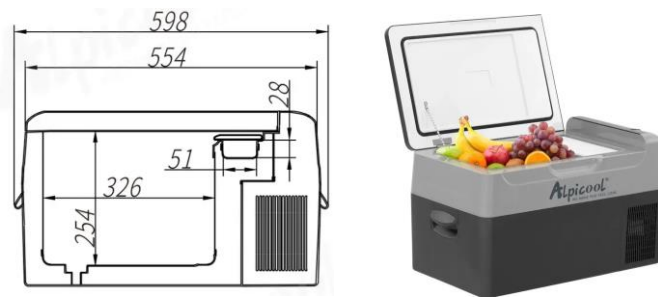


Рисунок 1.3 – Креслення та зовнішній вигляд Компресорного автохолодильника Alpicool G22

Технічні характеристики:

- Об'єм: 22л;
- Габаритні розміри (ШГ): 598мм \* 320мм \* 335мм;
- Потужність: 60W;
- Живлення від 12/24 Вольт постійного струму або 220 вольтів змінного (з адаптером);
- Вага: 11,0 кг;
- Шум: <45db;
- Тип: компресорний;

- Діапазон робочих температур: від +20 до -20 градусів;
- Захист акумулятора авто від розряджання;
- Захист компресора від перегрівання;
- Пам'ять останніх налаштувань температури;
- Високо контрастний LCD дисплей, сенсорна панель керування;
- Швидке заморожування;
- Bluetooth;
- USB-вихід для заряджання гаджетів;
- Застосунок Alpicool для Android або IOS;
- Ручки для швидкого перенесення;
- Підсвітка камери;
- 2 типи адаптерів: для авто (3,5 м завдовжки) і для стандартної електромережі;
- Протиударний дизайн.

Недоліки компресорного автохолодильника Alpicool G22:

- Відсутня можливість керування процесом охолодження предмета;
- Залежність від зовнішнього джерела живлення;
- Немає залежності охолодження від температури об'єкта охолодження.

Автомобільний компресорний холодильник складається з кількох основних компонентів: компресора, теплообмінника, експанзійного клапана, конденсатора, вентилятора та термостата.

Компресор - це основна частина холодильника, яка відповідає за стискання і перетворення газу в рідину. Він працює за допомогою електричного мотора і використовується для створення високого тиску, необхідного для перетворення газу в рідину.

Теплообмінник - це компонент, що відповідає за відведення тепла від зсередини холодильника до зовнішнього середовища. Він складається з металевих трубок, які пропускають рідину і газ, щоб відбувалась теплообмінна реакція.

Експанзійний клапан - це компонент, що відповідає за зниження тиску рідини, щоб відбулася термодинамічна реакція та знизилася температура.

Конденсатор - це компонент, що відповідає за збільшення тиску рідини, що перетворюється на газ, та за видалення тепла з газу.

Вентилятор - це компонент, що відповідає за циркуляцію повітря всередині холодильника, щоб забезпечити рівномірний охолодження всіх продуктів, які знаходяться всередині.

Термостат - це компонент, який відповідає за контроль температури всередині холодильника. Він автоматично вимикає компресор, коли досягнута задана температура, і знову вмикає його, коли температура знижується.

Крім тих основних компонентів, автомобільний компресорний холодильник може мати додаткові функції, такі як захист від перенапруги, вбудований дисплей з можливістю налаштування температури, різні режими роботи та інші.

## 1.5 Прототип

Настільний міні вентилятор Snowflake fan працює за принципом конвекції повітря. Основні компоненти вентилятора включають в себе вентиляторну головку, лопати, електродвигун, ротор і кожух.

Під час роботи вентилятора, електродвигун використовує електричну енергію для руху лопатей вентиляторної головки. Рух лопатей створює потік повітря, який починається з напрямком від вентилятора і може бути направлений в будь-яку зручну сторону.

Крім того, вентилятор може мати додаткові налаштування швидкості, напрямку та обертання, які дозволяють користувачу максимально контролювати потік повітря.

Також настільний вентилятор може мати додаткові функції, такі як вбудований іонізатор, що допомагає очищувати повітря в приміщенні від

шкідливих речовин, або вбудований освітлювач, який може допомогти при роботі вночі або в темному приміщенні.

Крім того, настільні вентилятори можуть бути забезпечені різними видами живлення, такими як електрична мережа, батареї або USB-порти, що робить їх зручними для використання в будь-якій ситуації. Прототип показаний на рисунку 1.4 [11].



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд настільного міні вентилятор Snowflake fan

Технічні характеристики:

- Тип: настільний;
- Номінальна потужність: 4Вт;
- Акумулятор: 18650;
- Час зарядки  $\pm 5$  годин;
- Габарити: 150мм\*105мм\* 42мм;
- Вага: 11г;
- Колір: чорний.

Недоліки настільного міні вентилятор Snowflake fan:

- Відсутня можливість керування повітряного потоку;
- Залежність від зовнішнього джерела живлення;
- Немає залежності охолодження від температури об'єкта охолодження;
- Тривалий час зарядки акумулятора;
- Відсутній інтерфейс керування;

- Мала потужність для ефективного охолодження;
- Важкість регулювання охолодження виділеного об'єкту.

В результаті розгляду модельного ряду аналогів і прототипів і аналізу їх характеристик сформовано порівняння їх технічних характеристик які представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика технічних параметрів аналогів та прототипів пристрою «UnWave»

Параметр	UnWave	Міні-вентилятор	Компресорний автохолодильник Alpicool G22	Міні-холодильник Microsoft Xbox Series X	міні вентилятор Snowflake fan
Габаритні розміри	+	+	-	-	+
Рівень шуму	-	+	-	+	+
Вага	+	+	-	-	+
Потужність	+	-	+	+	-
Можливість охолодження кількох об'єктів	-	-	+	+	-
Придатність до комфортного споживання після охолодження	+	+	-	-	+
Швидкість охолодження	+	-	+	+	-
Портативність	+	-	-	-	+
Інтерфейс керування	+	-	+	-	-

Під час опису різних типів охолоджень та приладів для охолодження страв, було обрано прилад UnWave з конвекційним типом охолодження. Для швидкого і рівномірного охолодження їжі.

## 2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ РІДИН ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

2.1 UnWave електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення

### 2.1.1 Принцип роботи

Принцип роботи полягає в зчитуванні температури об'єкта(потрібна для створення меж можливого виставлення температур) та температури зовнішнього середовища, які заносяться в пам'ять приладу, опісля виводяться на дисплей, де користувач має змогу ознайомитись з всіма даними серед яких: температура об'єкту та температура яку він бажає отримати. На передній панелі приладу розташовані сенсорні кнопки, якими відбуваються керування («-» - зменшити значення температури, «+» - збільшити значення температури, «ок» - почати/скасувати процес охолодження ), світловий індикатор(RGB світлодіод), кольором якого демонструється наскільки безпечно вживати страву людиною, його індикація змінюється відносно зчитаної температури об'єкта. Коли користувач виставив найоптимальніше для себе значення температури та розпочав процес охолодження, кулер яким і відбувається активне охолодження страви, поступово набирає оберти поки не досягне максимального значення повітряного потоку допустимого виробником. По запуску процесу охолодження на дисплей виводиться інформаційне повідомлення, в якому рекомендується не торкатись предмету охолодження по його завершення, коли кулер досяг максимального значення охолодження(10 секунд від початку охолодження), інформаційне повідомлення змінюється на значення теперішньої температури об'єкта та температури, якої прилад має досягнути. По досягненню виставленого значення, кулер зупиняє свою роботу, про що сигналізує динамік, а на екрані виводиться теперішня температура об'єкта, що свідчить про готовність приладу починати новий цикл охолодження. Креслення та зовнішній вигляд приладу «UnWave» показано на рисунку 2.1.



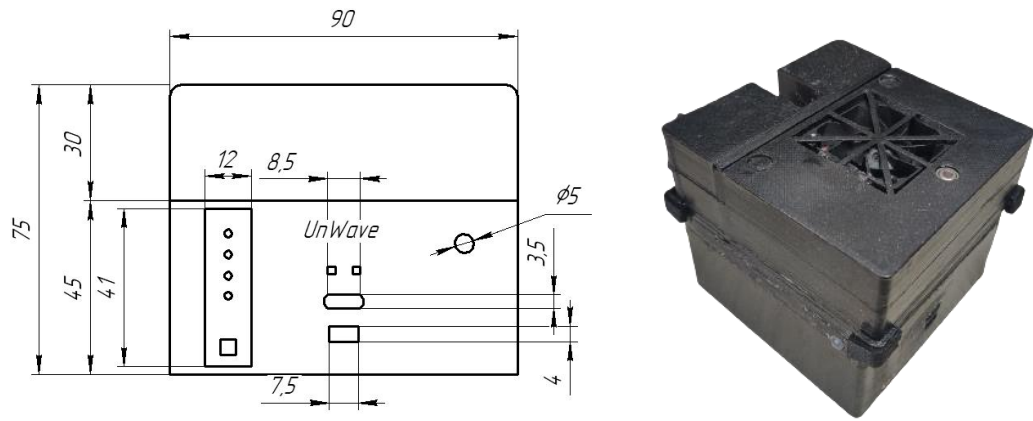


Рисунок 2.1 – Креслення та зовнішній вигляд приладу «UnWave»

#### Технічні характеристики:

- Габаритні розміри (ШГ): 90мм \* 90мм \* 75мм;
- Потужність: 12W;
- Живлення від вбудованого акумулятора, зарядка відбувається через type c вхід – 5В 2А;
- Індикація заряду акумулятора та стану зарядки;
- Вага: 320г;
- Шум: <75db;
- Діапазон робочих температур: від +128°C до 0°C градусів;
- Захист акумулятора від перерозряду, перезаряду, короткого замикання;
- OLED дисплей, сенсорна панель керування;
- Швидке охолодження від 120°C до 40°C за 4 хвилини;
- Дистанційне вимірювання температури об'єкта;
- Універсальне виставлення висоти та довжини в межах до 500мм \* 120мм;
- Кольорова індикація температури;
- Протиударний дизайн.

#### 2.1.3 Принцип охолодження

Полягає в тому, що кулер втягує повітря з навколишнього середовища та концентрує його потік на страву, яка потребує охолодження. Потік повітря допомагає відводити тепло від страви, знижуючи її температуру.

Цей процес відбувається за допомогою кулера. Він втягує повітря з навколишнього середовища та створює потік повітря, який концентрується на страві. Це допомагає охолодити їжу швидше та більш ефективно, ніж якщо б вона просто лежала на столі.

Крім того, кулер може мати різні режими роботи, які дозволяють вибрати оптимальний режим охолодження в залежності від типу страви та її температури. Наприклад, для охолодження гарячої страви може використовуватись більш потужний режим вентилятора, а для охолодження овочів або фруктів - менш потужний режим.

В загальному, принцип охолодження варіанту UnWave базується на засадах конвекції та циркуляції повітря, що дозволяє швидко та ефективно охолоджувати страву за допомогою вентилятора.

## 2.2 Структурна схема пристрою

Структурна схема роботи пристрою наведена в рисунку 2.2.

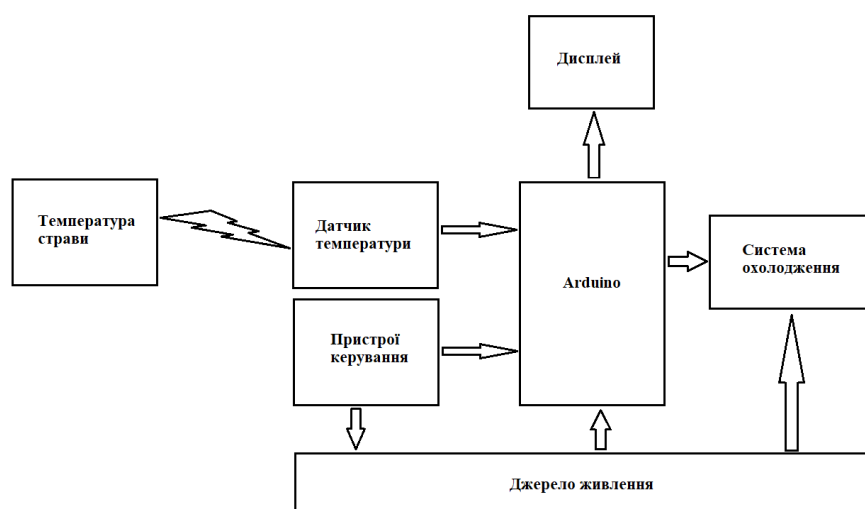


Рисунок 2.2 – Структурна схема пристрою «UnWave»

## 2.3 Елементна база

### 2.3.1 Мікроконтролер

Для пристрою було обрано готовий модуль-платформу Arduino Nano.

Arduino Nano - це аналог Arduino Uno, яка також працює на мікроконтролері ATmega328P, але відрізняється формою і розмірами плати, яка в 2-2,5 рази менше, ніж Uno (53 x 69 мм). Розміри дозволяють легко збирати складні схеми навісним монтажем, але після стадії створення макета йде складання діючих примірників, а для цього краще підходить версія Nano.

Характеристики Arduino Nano:

- 1) мікроконтролер Atmel ATmega168 або ATmega328;
- 2) робоча напруга (логічна рівень) 5 В;
- 3) вхідна напруга (рекомендована) 7-12 В;
- 4) цифрові Входи / Виходи - 14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ);
- 5) аналогові входи – 8;
- 6) постійний струм через вхід / вихід 40 mA з одного виводу і 500 mA з усіх виводів;
- 7) флеш-пам'ять 16 Кб (ATmega168) або 32 Кб (ATmega328) при цьому 2 Кб використовуються для завантажувача;
- 8) ОЗП 1 Кб (ATmega168) або 2 Кб (ATmega328);
- 9) EEPROM 512 байт (ATmega168) або 1 Кб (ATmega328);
- 10) тактова частота 16 МГц;
- 11) розміри 1.85 см x 4.2 см.

Arduino Nano має 8 аналогових входів, вони можуть використовуватися як цифровий вихід, 14 цифрових з яких 6 можуть працювати як широтно-імпульсний модулятор (ШІМ), ще два задіяні під I2C і три під SPI.

У протилежному кінці плати від роз'єму MicroUSB розташована колодка Arduino ICSP для прошивки мікроконтролера.

ШІМ виходи і транзистори допоможуть: регулювати обороти двигуна, яскравість світлодіодів, потужність нагрівачів і багато іншого.

Виходи Digital 2 і 3 можуть бути використані для зовнішніх переривань. Це такі сигнали, які повідомляють мікроконтролеру про яку-небудь важливу подію. За цим сигналам викликається програма обробки переривання і виконуються необхідні дії, наприклад, вихід з режиму енергозбереження і виконання обчислень.

На базі плати Nano вийде відмінний мініатюрний програматор Arduino ISP, для прошивки цілого ряду контролерів.

Arduino Nano може працювати з різних джерел живлення. Його можна підключити як через USB Mini-B від комп'ютера, або від звичайного нерегульованого 6-20 вольт (pin 30 «Vin»), або регульованого 5 вольт (pin 27 «+5V»). Плата автоматично вибере живлення з найвищим рівнем напруги.

Зовнішнє живлення стабілізується завдяки LM1117IMPX-5.0 з напругою 5В. Коли підключення відбувається через USB використовується діод Шотткі.

У Arduino Nano розташування виводів виконано так, як показано на рисунку 2.3 [12].

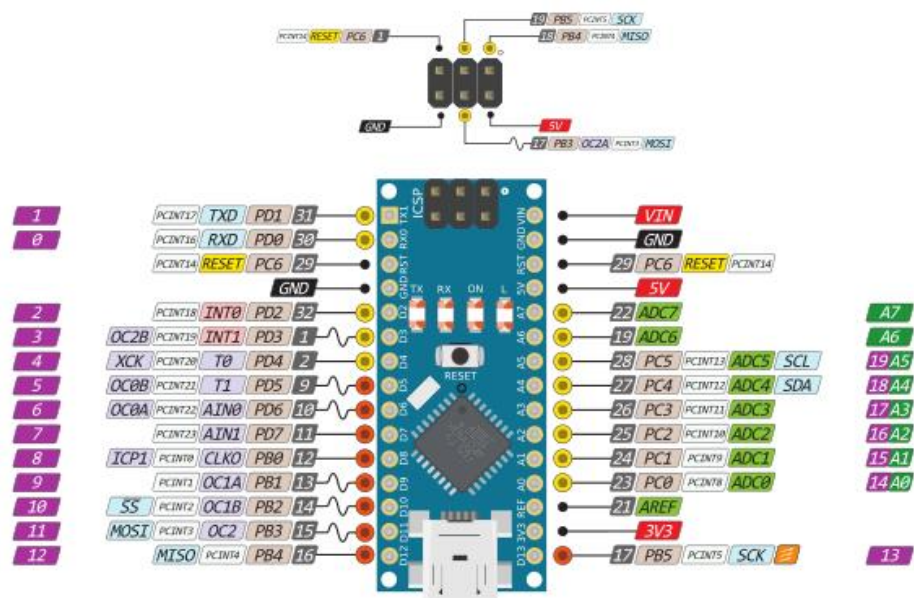


Рисунок 2.3 – Розташування виводів модуля Arduino Nano

Призначення виводів:

1 – TX (передача UART) або порт D0;

2 – RX (прийом UART) або порт D1;

3,28 – скидання (RESET);

4,29 – земля;

5 ... 16 –цифрові порти D3 ... D13;

17 – напруга 3,3 В;

18 – опорна напруга АЦП;

19 ... 26 – 8 каналів АЦП А0 ... А7;

27 – напруга 5,0 В;

30 – живлення модуля 6-20 В

Перші два виводи використовуються або для зв'язку по класичному послідовному інтерфейсу з іншими пристроями, або як порти для двійкових даних. У Arduino Nano виводи 5...16, крім зазначених, мають додаткові функції:

5 – переривання INT0;

6 – переривання INT1 / ШІМ / АІН0;

7 – таймер-лічильник Т0 / шина I2C SDA / АІН1;

8 – таймер-лічильник Т1 / шина I2C SCL / ШІМ;

9,12,13,14 – ШІМ;

16 – світлодіод.

АІН0 і АІН1 - це входи швидкодіючого аналогового компаратора. Крім того, є 6 каналів з виходом широтно-імпульсного модулятора (ШІМ).

До недоліків мікроконтролера можна віднести: що при великих функціональних можливостях (адже в них крім процесора є ще досить багатий набір периферійних пристроїв) вони мають обмежене число виводів. Розробнику тут є над чим подумати вже на етапі складання принципової схеми, адже його мета - максимально використовувати пристрій, в той же час не допускаючи конфліктів між функціями виводів. (при розробці треба враховувати).

### 2.3.2 Датчик температури

Для контролю температури рідини було обрано датчик температури MLX90614, який зображений на рисунку 2.4 [13].



Рисунок 2.4 – Датчик температури

Технічні характеристики:

- Максимальна напруга живлення,  $V_{DD}$  – 5В;
- Робоча напруга живлення,  $V_{DD}$  – 3,6В;
- Зворотня напруга – 0,4В;
- Діапазон робочих температур –  $-40...+85$  С;
- Температурний діапазон зберігання –  $-40...+125$  С;
- Чутливість до електростатичного розряду – 2кВ;
- струм в SCL/ $V_z$  – 2мА;
- струм споживання, SCL/PWM – 25мА;
- струм джерела, SCL/PWM – 25мА;
- струм затискача, SCL/PWM – 25мА;
- струм затискача, SCL – 25мА;

### 2.3.3 Інтерфейс

Керування пристроєм відбувається за допомогою перемикачів та сенсорних датчиків. Перемикачами здійснюється увімкнення і вимикання пристрою, а сенсорними датчиками здійснюється регуляція температури та запуск роботи пристрою. Використовуються сенсорні датчики використовуються як кнопки, такі як "+" (збільшити температуру), "-" (зменшити температуру) і "ок" (почати/скасувати процес охолодження).

Плата датчика спроектована на основі мікросхеми ТТР223. Мікросхема ТТР223 має 6 виводів та виконана у корпусі «SOT23-6». Спрацьовує модуль за зміни його ємності. При натисканні на майданчик сенсорної кнопки змінюється струм витоку. Після чого мікросхема визначає його та сигналізує про натискання на кнопку. Якщо сенсор не використовувався протягом 12 секунд, модуль переходить в режим «енергозбереження». Відстань спрацьовування датчика становить 3 мм. Датчики зображені на рисунку 2.5 [14].

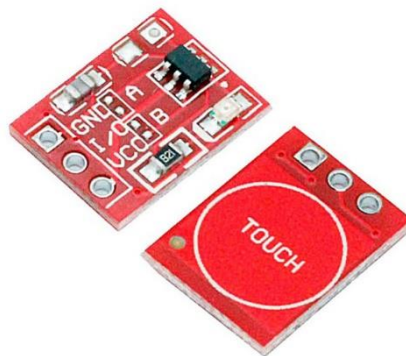


Рисунок 2.5 – ТТР223 сенсорний датчик

Технічні характеристики модуля:

- Мікросхема: ТТР223;
- Напруга живлення: 2.0 - 5.5 В;
- Час відгуку в активному режимі: 60 мс;
- Максимальна відстань спрацьовування датчика: 3 мм;
- Час відгуку в режимі зниженого споживання енергії: 220 мс;

- Розміри модуля: 14 x 11 x 2 мм;
- Вага: 1 г.

Для виводу інформації про стан пристрою, рівень заряду акумуляторів, поточної та вказаної температури поверхні рідини, було обрано дисплей 0.96 OLED I2C, який зображений на рисунку 2.6 [15].



Рисунок 2.6 – Дисплей 0.96 OLED I2C

Технічні характеристики:

- Розмір екрана 0.96";
- Тип екрану OLED;
- Роз'єм 4-pin;
- напруга живлення 3 – 3.6В ;
- Роздільна здатність дисплея 128\*64;
- Товщина 11 мм;
- Ширина 25 мм;
- Висота 25 мм;
- Вага 4.0 грам.

Специфікація:

- Драйвер OLED модуля: SSD1306;
- Кут огляду: > 160 градусів;
- Роз'єм: 4-pin;
- Напруга живлення: 3.3В;



- Рівні вхідних сигналів: 3.3В.

Піни:

- VCC: Напруга живлення;
- GND: Земля;
- SCL: Шина тактування даних;
- SDA: Шина даних.

### 2.3.4 Акумулятори і зарядка

Зарядка відбувається через виведений порт type c, з модулем зарядки для акумуляторів 18650 на мікросхемі TP4056, світлодіодна індикація по натисканню механічної кнопки демонструє рівень заряду на акумуляторах. Також поруч з екраном знаходиться два перемикачі, один з яких відповідає за увімкнення приладу, другий за звукову індикацію.

Для живлення пристрою використовуються акумулятори типу 18650, LG ICR18650D1 3000 mAh - 4,3А, зображення яких показано на рисунку 2.7 [16].



Рисунок 2.7 – Акумулятори LG ICR18650D1

Технічні характеристики:

- Типорозмір: 18650;
- Місткість мін: 2900 mAh;
- Li-Ion елемент: LG ICR18650D1;

- Напруга номінальна: 3.75В;  
повний заряд: 4.35В;  
повний розряд: 3В;
- Максимальний безперервний розрядний струм – 4.3А;
- Максимальний зарядний струм – 2.9А;
- Температура заряду: 0 – 45С;
- Температура експлуатації: -20 – 60С;
- внутрішній опір (імпеданс 1кГц): < 70мОм;
- Розміри: 18,29 x 65 мм ;
- Вага: 48.5гр.

За зарядку акумуляторів через виведений порт type C виповідатиме модуль зарядки на мікросхемі TP4056, зображення якого представлено на рисунку 2.8 [17].

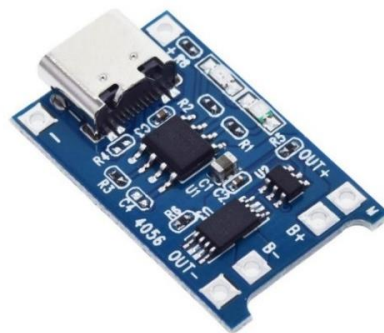


Рисунок 2.8 – Модуль зарядки на мікросхемі TP4056

Технічні характеристики:

- Вхідна напруга – 4...8 В;
- Напруга вимкнення батареї під час заряджання 4.2 В;
- Напруга вимкнення батареї під час розряду – 2.5 В;
- Струм заряду макс. – 1000 мА;
- Струм заряду мін. – 50 мА.
- Максимальний струм розряду – 3.5 А;

- Діапазон робочих температур –  $-10...+125^{\circ}\text{C}$ .

Цей модуль являє собою зменшену версію контролера заряду літій-іонних акумуляторів на базі мікросхеми TP4056 з максимальним струмом заряду 1А. При досягненні напруги 4.2 В зарядка автоматично припиняється. Модуль має захист від пере розряду (спрацьовує, коли напруга на акумуляторі падає до 2.5В), струмовий захист (захист від КЗ) - спрацьовує, коли струм розряду перевищує 3.5А, при цьому заряд батареї не припиняється.

Модуль має індикацію стану заряду за допомогою двох світлодіодів. Червоний показує, що триває процес заряджання, зелений - що заряджання завершено.

За замовчуванням струм заряду встановлений на 1000 мА і може регулюватися підбором струмозадаючого резистора.

### 2.3.5 Система охолодження рідини

Система охолодження пристрою складається з кулера, DC-DC перетворювача та драйверу на силовому транзисторі. Кулер виконує роль активного охолодження рідини, а перетворювач і драйвер керують швидкістю обертів кулера, що дає змогу змінювати швидкість потоку повітря, завдяки якому здійснюється процес охолодження рідини.

Драйвер на силовому MOSFET транзисторі IRF520 дозволяє вмикати / вимикати потужне навантаження зі струмом до 5А та напругою до 24В. На відміну від реле не має рухомих контактів, які мають звичай підгорати і спрацьовує швидше, а також можливість використовувати ШІМ.

Модуль керується мікроконтролером Arduino з робочою напругою 5 В. Крім безпосередньо комутації, модуль керує навантаженням, з можливістю використовувати ШІМ. Для цього на вхід модуля подається ШІМ-сигнал, інтенсивність якого буде пропорційна вихідній потужності навантаження. Таким чином, регулюються обороти кулера. Драйвер зображено на рисунку 2.9 [18].

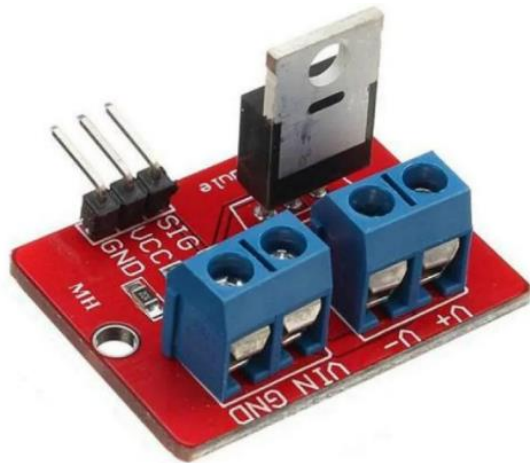


Рисунок 2.9 – Драйвер на силовому MOSFET транзисторі IRF520

Технічні характеристики:

- розміри: 33 x 24 мм;
- маса: 10 г;
- керуюча напруга: від 3.5В;
- управління: цифрове;
- вихідна напруга: 0-24В;
- струм: до 5А, при струмі понад 1А необхідно використовувати радіатор.

Підвищуючий DC-DC перетворювач MT3608 забезпечує стабільну напругу живлення яка подається на кулер, модуль зображено на рисунку 2.10 [19].

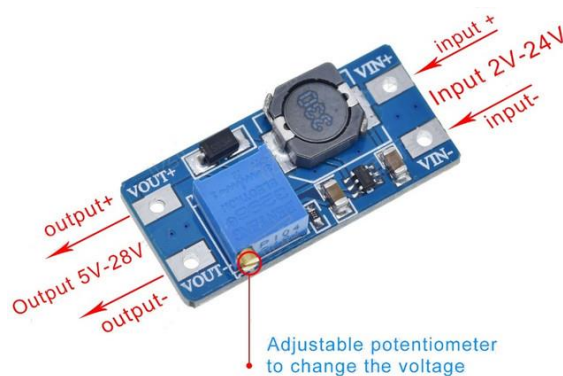


Рисунок 2.10 – Підвищуючий DC-DC перетворювач MT3608

Технічні характеристики:

- Вхідна напруга: 2-24 В;
- Вихідна напруга: 5-28 В;
- Максимальний вихідний струм: 2 А;
- ККД: до 93%;
- Розміри: 37 x 17 x 6 мм.

Активне охолодження рідини здійснюється кулером, який втягує повітря з навколишнього середовища та концентрує його потік на страву, яка потребує охолодження, тому було обрано серверний кулер AVC 4028 DBTB0428B2G. Вигляд кулера зображений на рисунку 2.11 [20].



Рисунок 2.11 – Кулер AVC 4028 DBTB0428B2G

Технічні характеристики:

- Напруга живлення – 12В;
- Струм споживання – 1А;
- Габарити – 40\*40\*28 мм.

## 2.4 Аналіз роботи схеми пристрою

На рисунку 2.6 представлена електрично-принципова схема пристрою.

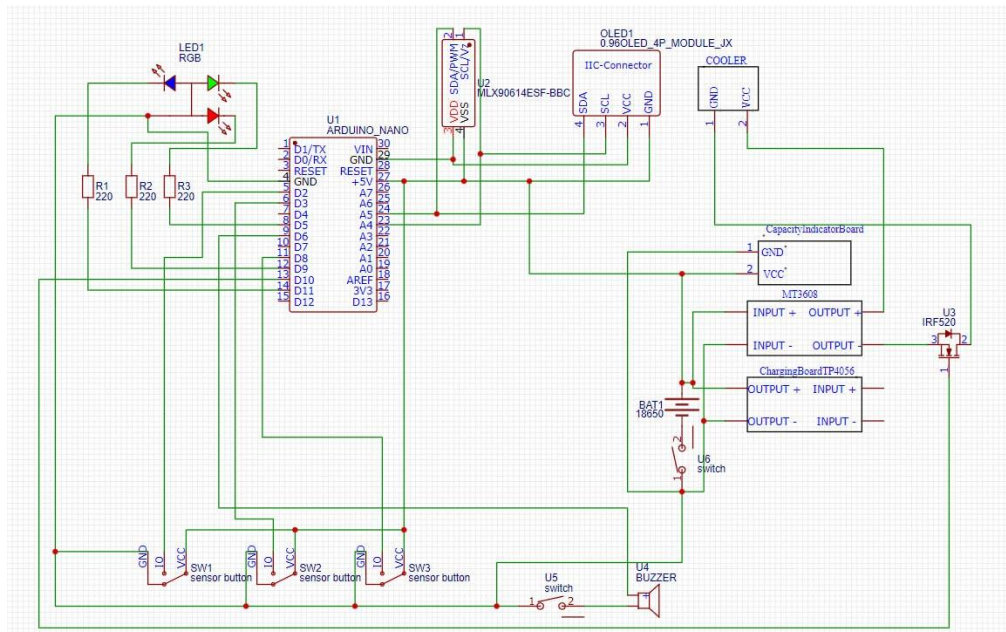


Рисунок 2.6 – Схема пристрою «UnWave»

1. Датчик температури: Пристрій використовує пірометричний датчик температури - для вимірювання температури об'єкта і для вимірювання температури зовнішнього середовища. Ці дані використовуються для подальшого розрахунку та відображення на дисплеї.

2. Мікроконтролер: Для обробки отриманих даних і керування пристроєм використовується ардуїно нано в якості мікроконтролера. Він відповідає за зчитування даних з датчиків, керування роботою кулера, виведення інформації на дисплей та обробку введення з сенсорних кнопок.

3. Дисплей: Для відображення даних про температуру об'єкта і поточну виставлену температуру буде використовуватись дисплей. На ньому також можна виводити інформаційні повідомлення та стан заряду акумуляторів.

4. Сенсорні кнопки: Для керування пристроєм будуть використовуватись сенсорні кнопки, такі як "+" (збільшити температуру), "-" (зменшити

температуру) і "ок" (почати/скасувати процес охолодження). Ці кнопки будуть взаємодіяти з мікроконтролером для зміни параметрів та керування пристроєм.

5. Світлодіодний індикатор: Для відображення безпечності вживання страви буде використовуватись RGB світлодіод. Колір світлодіоду буде залежати від зчитаної температури об'єкта і буде індикатором безпеки. Цю функцію буде контролювати мікроконтролер.

6. Кулер: Для активного охолодження страви буде використовуватись кулер. Швидкість обертання кулера буде залежати від розрахованої потрібної сили охолодження, яку встановить мікроконтролер. Кулер буде запускатись і зупинятись відповідно до введених користувачем параметрів.

7. Акумулятори і зарядка: Для живлення пристрою можна використовувати акумулятори типу 18650. Модуль зарядки на мікросхемі TP4056 буде відповідати за зарядку акумуляторів через виведений порт type C. Стан заряду акумуляторів можна відображати за допомогою світлодіодної індикації, яка реагує на натискання механічної кнопки.

8. Динамік: Для звукової індикації, який сигналізуватиме про завершення процесу охолодження і готовність пристрою до нового циклу.

9. Перемикачі: Два перемикачі можуть використовуватись для увімкнення пристрою і для керування звуковою індикацією.

Ця схема дозволить забезпечити зчитування температури об'єкта та зовнішнього середовища, виведення даних на дисплей, керування пристроєм за допомогою сенсорних кнопок, регулювання швидкості кулера для досягнення потрібної температури, відображення безпеки вживання на світлодіодному індикаторі, зарядку акумуляторів і звукову індикацію.

Під час розробки приладу, були обрані оптимальні компоненти, для його створення та технології, які дозволять використовувати його для охолодження різноманітних страв, оптимальна компонентна база компенсується складністю побудови прошивки, якою керується сам Unwave.

### 3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

#### 3.1 Моделювання термодинамічного охолодження води

Випаровування – це процес переходу речовини з рідкої фази в газову фазу, яка в загальному випадку є ненасиченою газовою сумішшю. Як приклад розглянемо перетворення рідкої води на пару, який поєднується з повітрям.

Для початку визначимо тиск насичення  $P_{sat}$ , При якому газова фаза речовини знаходиться в стані термодинамічної рівноваги з рідкою фазою Тиск насичення сильно залежить від температури, і для його розрахунку існує безліч наближених формул, які дуже схожі, але разом з тим мають деякі відмінності.

У COMSOL Multiphysics® використовується наступна апроксимація, представлена в книзі JL Monteith та MH Unsworth *Principles of environmental physics*, 1990. (3.1) :

$$p_{sat}(T) = 610.7 Pa \cdot 10^{7.5 \frac{T-273.15K}{T-35.85K}}, \quad (3.1)$$

Для ідеальних газів можна легко розрахувати концентрацію пари в точці насичення, в якій відносна вологість дорівнює 100% (3.2):

$$c_{sat} = \frac{p_{sat}(T)}{RT}, \quad (3.2)$$

де  $R$  - Універсальна газова постійна.

Термодинамічні властивості вологого повітря залежать від вмісту водяної пари. Для розрахунку властивостей залежно від співвідношення масових часток сухого повітря та водяної пари використовуються формули рівнянню стану ідеального газу, тоді густина дорівнює (3.3):



$$\rho_m = \frac{p}{RT} (M_a X_a + M_v X_v) \quad (3.3)$$

Більш детальний виклад методики розрахунку властивостей вологого повітря, яка використовується в COMSOL Multiphysics, наведено в посібнику користувача «Heat Transfer User's Guide» до модуля «Теплопередача» .

Перш ніж перейти до налаштування моделі COMSOL Multiphysics, обговоримо, чому в результаті випаровування кави охолоджуватиметься.

Припустимо, що чашка з кавою обдувається слабким потоком повітря, який інтенсифікує охолодження рахунок конвективного відведення теплоти і віднесення маси водяної пари з поверхні рідини. На межі розділу "кава-повітря" водяна пара потрапляє з рідини в повітря, що і призводить до додаткового охолодження за рахунок випаровування.

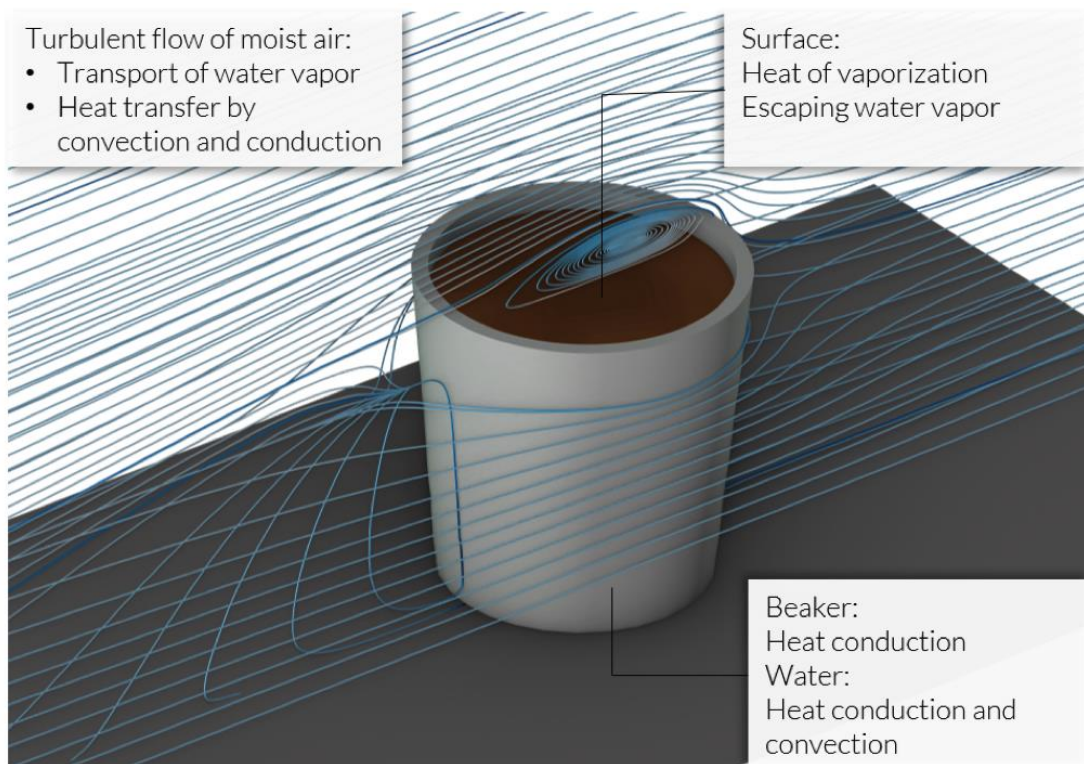


Рисунок 3.1 – Схема взаємопов'язаних процесів, що супроводжують охолодження чашки кави

### 3.1.1 Як налаштувати модель охолодження під час випаровування

Спочатку скористаємося умовою симетрії, яка дозволить зменшити розмір моделі та скоротити час розрахунку. Для розрахунку потоку повітря виберемо інтерфейс «Turbulent Flow». Розумно припустити, що течії не залежить від температури і вологості, тому на першому етапі дослідження ми розрахуємо стаціонарний розподіл швидкості в потоці.

Що ще знадобиться для моделювання випарного охолодження?

За допомогою зв'язування «Heat and Moisture» налаштувати модель випарного охолодження в COMSOL Multiphysics досить просто.

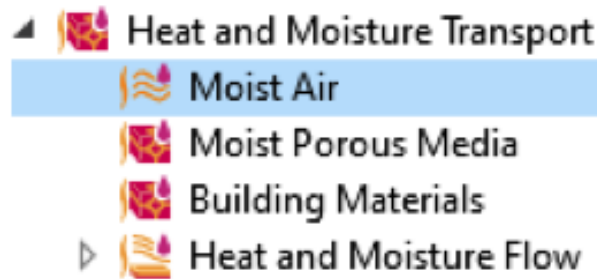


Рисунок 3.2 – Мультифізичні інтерфейси моделювання перенесення теплоти та вологи у різних середовищах

Мультифізичний інтерфейс «Moist Air» автоматично пов'язує інтерфейс теплопередачі у вологому повітрі «Heat Transfer in Moist Air» з інтерфейсом для розрахунку вологості повітря «Moisture Transport in Air», що дозволяє описати перенесення теплоти та вологи, а також взаємозв'язок між цими процесами за допомогою вузла мультифізичного зв'язку «Heat and Moisture». Щоб також зв'язати гідродинамічний інтерфейс з інтерфейсами перенесення теплоти та вологи, додамо мультифізичні вузли «Nonisothermal Flow» та «Moisture Flow». Альтернативним варіантом є використання

інтерфейсу «Heat and Moisture Flow», який автоматично додає всі необхідні вузли та зв'язки.

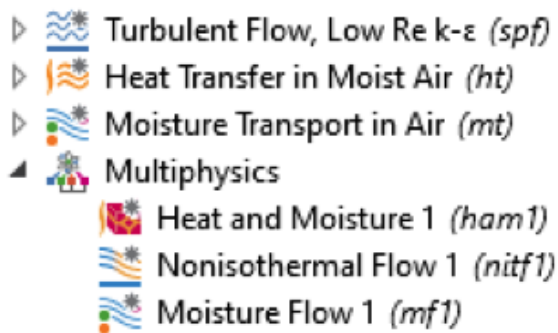


Рисунок 3.3 – Інтерфейси та мультифізичні вузли, необхідні для зв'язування розрахунку турбулентної течії та моделювання перенесення теплоти та вологи

Вузол «Nonisothermal Flow» задає взаємозв'язок між гідродинамічним та тепловим інтерфейсами. Зазначимо, що у нашому випадку ми можемо не використовувати суворий зв'язок між цими інтерфейсами, оскільки ми зробили припущення про незалежність поля течії від температури та вологості повітря. Іншими словами, ми вважаємо, що властивості середовища, необхідні для розрахунку гідродинаміки, є незмінними величинами. Це припущення дає можливість використовувати наближення Буссинеска. Вузол «Nonisothermal Flow» також дозволяє врахувати ефекти турбулентності під час моделювання теплообміну. Вузол «Moisture Flow» пов'язує розрахунок поля течії та моделювання перенесення вологи, а також враховує вплив турбулентного перенесення.

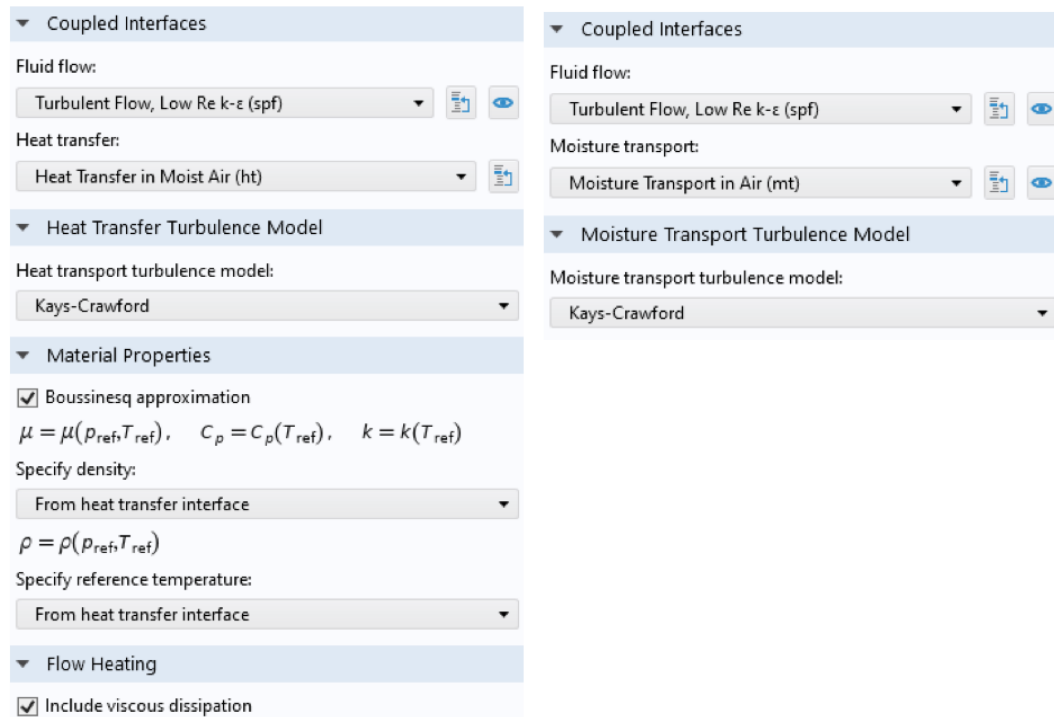


Рисунок 3.4 – Вузли мультифізичного зв'язку для неізотермічного потоку (ліворуч) та перенесення вологи (праворуч)

У вікні налаштування вузла «Nonisothermal Flow» задаються параметри зв'язку: назви інтерфейсів, модель для турбулентної теплопровідності, загальні властивості інтерфейсів гідродинаміки та теплообміну, а також внутрішнє тепловиділення внаслідок в'язкого тертя. У вікні налаштування вузла «Moisture Flow» задаються імена інтерфейсів та модель турбулентного перенесення.

Інтерфейс «Heat Transport» дозволяє розрахувати розподіл температури у вологому повітрі, а для цього потрібно знати розподіл відносної вологості, що обчислюється за допомогою інтерфейсу «Moisture Transport». У свою чергу, відносна вологість залежить від температури. На поверхні води відносна вологість завжди дорівнюватиме 100%. Таким чином, на вологій поверхні концентрація дорівнює рівноважному значенню  $C_{sat}$  що визначається рівнянням 2 .

За допомогою граничної умови «Wet Surface» можна розрахувати щільність потоку маси пари  $g_{\text{evap}}$  з поверхні у вологе повітря. Якщо включена (за замовчуванням) опція «Include latent heat source on surfaces», тепловий потік, зумовлений випаровуванням, розраховується як  $Q_{\text{evap}} = -L_v g_{\text{evap}}$  з урахуванням температурної залежності прихованої теплоти пароутворення  $L_v$ . В цілому, випарне охолодження - це сполучений мультифізичний процес, модель якого можна досить швидко побудувати за допомогою доступних інтерфейсів і мультифізичних зв'язків.

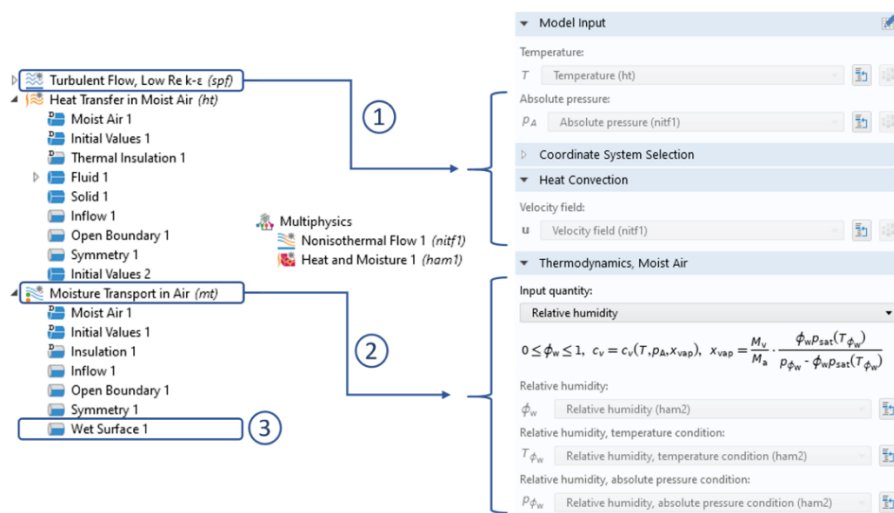


Рисунок 3.5 – Налаштування для моделювання теплообміну у вологому повітрі

Налаштування для моделювання теплообміну у вологому повітрі: (1) Мультифізична зв'язка «Nonisothermal Flow» для розрахунку конвективного перенесення у вологому повітрі. (2) Мультифізичний вузол «Heat and Moisture» для зв'язки з інтерфейсом «Moisture Transport in Air» дозволяє розрахувати відносну вологість повітря та термодинамічні властивості вологого повітря згідно з рівнянням 2. (3) Гранична умова «Wet Surface» використовується для розрахунку щільності потоку маси пари з поверхні. Якщо у вікні налаштування вузла «Heat and Moisture» увімкнено

опцію «Include latent heat source on surfaces», в розрахунку буде враховано охолодження внаслідок випаровування.

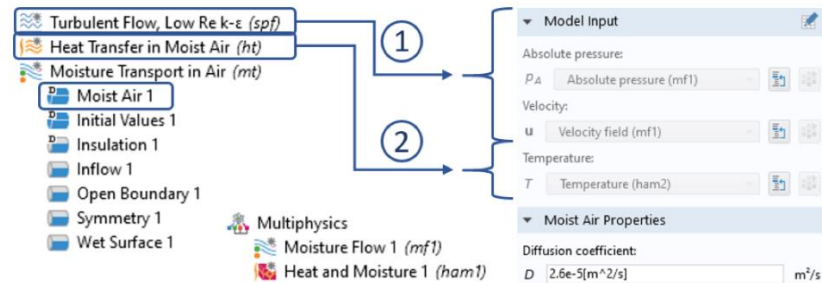


Рисунок 3.6 – Налаштування для моделювання перенесення вологи у вологому повітрі

Налаштування для моделювання перенесення вологи у вологому повітрі:  
 (1) Зв'язка «Moisture Flow» для моделювання конвективного перенесення пари.  
 (2) Зв'язування «Heat and Moisture» з інтерфейсом «Heat Transfer in Moist Air» дозволяє коректно розрахувати відносну вологість повітря.

Далі проаналізуємо результати нестационарного моделювання процесу протягом 20 хвилин. Початкова температура кави 80°C, повітря, що охолоджує, надходить в розрахункову область з температурою 20°C і відотною вологістю 20%. Нижче показані отримані розподіл температури і відносної вологості через 20 хвилин після початку процесу.

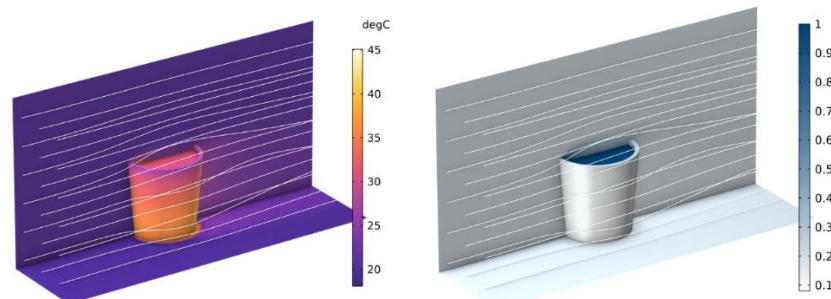


Рисунок 3.7 – Розподіл температури (ліворуч) та відносної вологості (праворуч) через 20 хвилин після початку процесу

Наскільки сильно випаровування впливає інтенсивність охолодження? Відповісти це питання можна, якщо порівняти результати, саме темп зміни середньої температури кави, отримані з урахуванням випаровування і без урахування.

Для цього ми налаштуємо третє дослідження, в якому буде задіяно лише інтерфейс «Heat Transfer in Fluids» з вимкненою умовою «Boundary Heat Source». Результируючий графік ясно показує, що охолодження в результаті випаровування істотно впливає на загальний темп зниження температури.

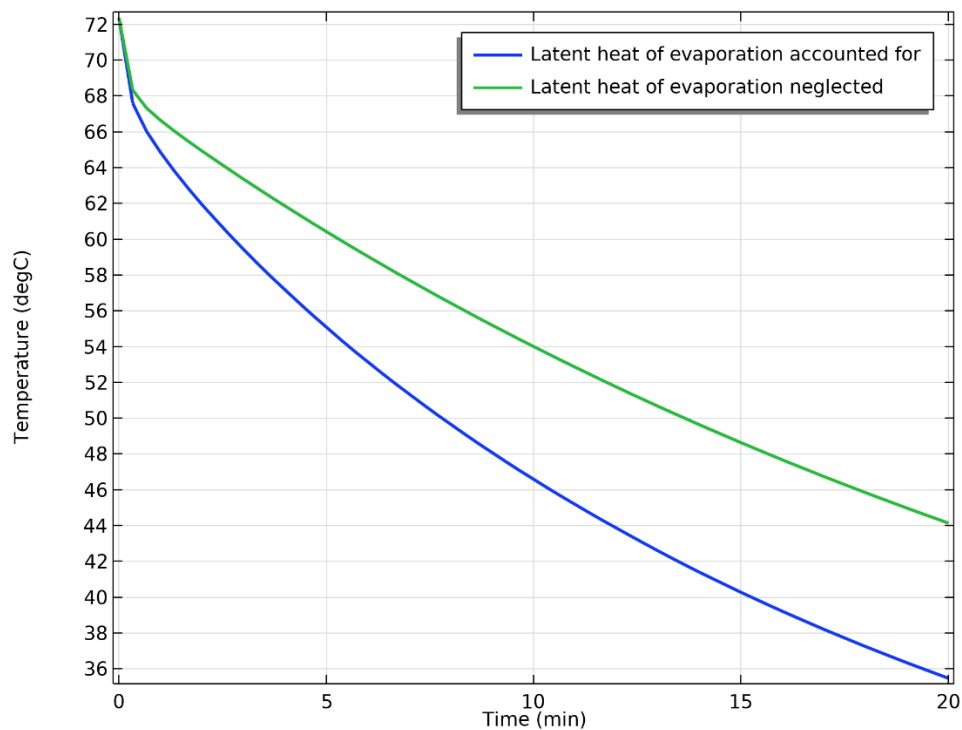


Рисунок 3.8 – Порівняння зміни середньої температури кави у часі.

### 3.2 Використання ПЗ для комп'ютерного моделювання схеми

Програма Proteus є однією з найпопулярніших та найефективніших програм для комп'ютерного моделювання електронних схем. Обрання Proteus для моделювання схеми пристрою є обґрунтованим вибором, оскільки вона надає широкий функціонал, зручний інтерфейс користувача, можливість

реалістичного моделювання, аналізу та проектування печатних плат. Ця програма є потужним інструментом для розробки та перевірки електронних схем перед їх фізичною реалізацією.

### 3.3 Умови моделювання

В електронному пристрої для охолодження рідин побутового значення використовується 8-бітний ШІМ

В 8-бітному широтно-імпульсному модулюванні (ШІМ) використовується 8-бітна скважність для керування підключеними пристроями. Це означає, що значення ШІМ може бути від 0 до 255.

ШІМ використовується для керування аналоговими пристроями з допомогою цифрових пінів мікроконтролера, таких як Arduino. Використання ШІМ дозволяє створювати ефект плавної зміни сигналу між вимкненим і повністю увімкненим станами, тобто керувати скважністю сигналу.

В 8-бітному ШІМ використовується 8-бітне число для представлення рівня скважності. Це число може приймати значення від 0 до 255, де 0 відповідає 0% скважності (сигнал вимкнений), а 255 відповідає 100% скважності (сигнал повністю увімкнений).

Наприклад, якщо встановити значення ШІМ на 127, то це буде відповідати приблизно 50% скважності, тобто сигнал буде увімкнено половиною часу і вимкнено половиною часу.

8-бітне ШІМ забезпечує 256 рівнів скважності, що дозволяє здійснювати плавне керування аналоговими пристроями, такими як світлодіоди, мотори, сервоприводи і т. д. За допомогою ШІМ можна контролювати інтенсивність світла, швидкість обертання мотора або положення сервоприводу.

Загалом, 8-бітний ШІМ є досить поширеним і добре підходить для багатьох застосувань керування пристроями, де потрібна роздільна здатність у 256 рівнів.



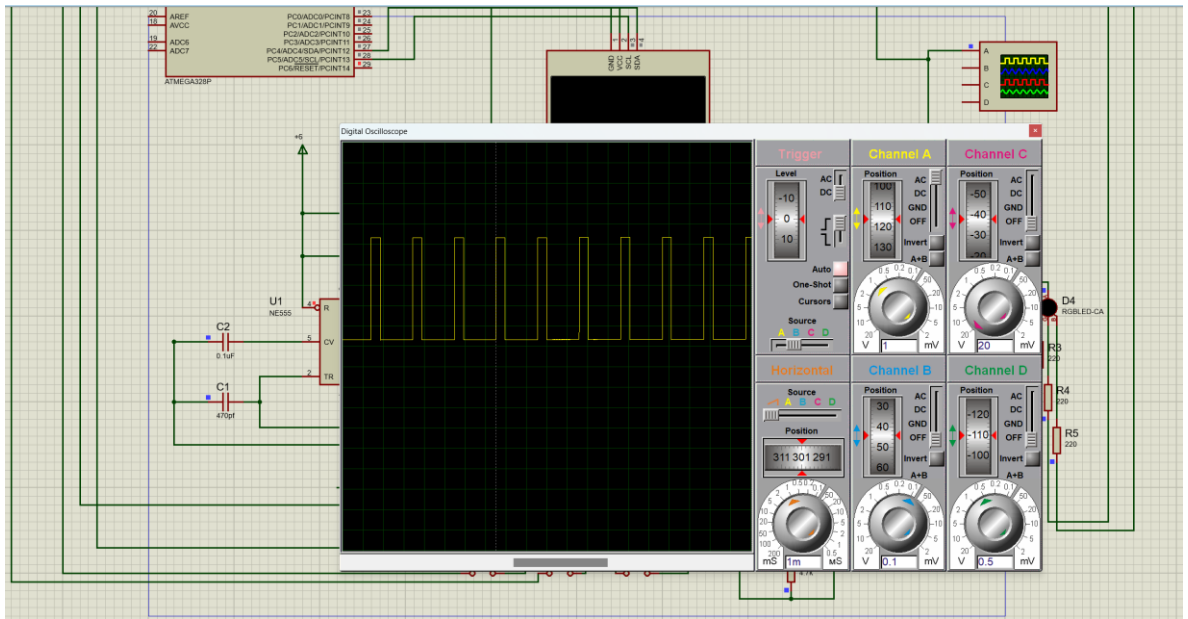


Рисунок 3.9 – Комп'ютерне моделювання ШІМ на осцилографі в програмі Proteus

Частоту ШІМ розраховуємо по формулі (3.4):

$$f = 1/T, \quad (3.4)$$

Підставивши значення в формулу маємо такий результат:

$$f = 1/(5/1000) = 5000 \text{ Гц},$$

Як наслідок, ми отримуємо частоту 5 кГц та скважність ШІМ 7,5%.

Під час комп'ютерного моделювання роботи приладу та процесу охолодження рідин в чашці було визначено, що схема та код приладу є оптимізованим та готовий до реалізації, адже поставленні задачі виконуються згідно виставлених користувачем параметрів. В результаті розробленого проекту був реалізований пристрій, який переміг на стартапі Сікорський челендж[21]

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

На самому початку формування системи безпеки праці, захист людського організму від впливу виробництва забезпечувався безпосередньо під час самого виробничого процесу. Однак, зі зростанням продуктивності та науково-технологічним прогресом, такий підхід виявився недостатнім для відповіді на сучасні виклики у технологічній сфері. Виникла необхідність детального вивчення біологічних, фізичних і хімічних аспектів впливу шкідливих та небезпечних факторів, прогнозування їх виникнення, щоб на основі фундаментальних, технічних і медичних наук розробляти та впроваджувати заходи безпеки ще на етапі проектування, будівництва та виробництва.

На сьогоднішній день, питання охорони праці розглядаються на національному рівні, охоплюючи всю країну. Основний акцент ставиться на нейтралізацію шкідливого впливу технологічних процесів на людський організм шляхом поліпшення умов праці у виробничих зонах [22].

Розробка Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення проводилася в спеціальному приміщенні, обладнаному робочими місцями з персональними комп'ютерами та схожим обладнанням.

У робочому середовищі можуть впливати на здоров'я людини небезпечні фізичні фактори:

- 1) висока або низька температура повітря;
- 2) підвищена або понижена іонізація повітря;
- 3) недостатня або надмірна циркуляція повітря;
- 4) забруднення повітря пилом;
- 5) недостатня освітленість та відсутність природного освітлення;
- 6) ураження електричним струмом;
- 7) підвищений рівень шуму та вібрації;
- 8) висока або низька вологість повітря.

Також на працівників можуть впливати психофізіологічні фактори:

- 1) розумове перевантаження;

- 2) нервово-психічне напруження пов'язане з монотонністю роботи;
- 3) емоційний стрес;
- 4) надмірне навантаження.

#### 4.1 Технічні рішення безпечного виконання роботи

##### 4.1.1 Планування обладнання та організація робочого середовища

Робоча зона та розміщення її компонентів повинні враховувати антропометричні, фізіологічні та психологічні вимоги. Також важлива специфіка виконуваної роботи. Наприклад, при проектуванні простору для розробників необхідно враховувати раціональне розташування обладнання, що входить до складу робочої зони, та достатньо простору для виконання рухів та переміщень.

Приміщення, де розташоване робоче місце, має площу 30 м<sup>2</sup> та висоту стелі 3,2 м. У цьому просторі розміщено 4 робочі місця з комп'ютерним обладнанням. Кожна робоча станція оснащена робочим столом площею 1,2 м, кріслом, персональним комп'ютером, який складається з системного блоку, миші, клавіатури та монітора.

Площа приміщення, яка припадає на одного співробітника, становить 7,5 м<sup>2</sup>, а об'єм повітря в робочій зоні - 24 м<sup>3</sup>. Ці значення відповідають гігієнічно-санітарних вимогам ДСН 3.3.6.042-99, оскільки площа одного робочого місця працівника, який працює з ПК, не повинна бути меншою за 6 м<sup>2</sup>, а об'єм повітря - не менше 20 м<sup>3</sup>.

Ефективна система вентиляції забезпечить свіже повітря та комфортну температуру у приміщенні, запобігаючи перегріву комп'ютерної техніки та створюючи здорові умови праці [23].

Основними компонентами робочої зони розробника є стіл і крісло. Робота відбувається в сидячому положенні. Сидяча робота мінімізує втому працівника. Ефективне організування робочого простору передбачає чіткий порядок та постійне розташування інструментів, засобів праці та документації. Що більше

необхідно для виконання роботи, тим ближче розміщено до зони легкого доступу робочого простору.

Робочі місця слід розташовувати поруч із джерелом природного світла (вікна), так щоб світло падало збоку, переважно зліва. Крім того, робоче місце має відповідати сучасним вимогам ергономіки:

Для забезпечення безпеки приміщення у зв'язку з використанням комп'ютерів та електричних пристроїв, необхідно дотримуватись наступних вимог:

Розміри столу повинні бути в межах 680-800 мм висотою, 600-1400 мм шириною і 800-1000 мм глибиною, щоб забезпечити комфортну зону досяжності працівника.

Крісло має бути обладнане підлокітниками, напівм'яким нековзаючим сидінням, що не електризується, і можливістю регулювання висоти та повороту для забезпечення зручного сидіння.

Монітор комп'ютера повинен знаходитись на відстані від 600 до 700 мм (не менше 600 мм) від користувача, щоб забезпечити комфортне читання і перегляд екрану [24].

#### 4.1.2 Електробезпека приміщення

Робоча зона, де використовуються ПК, належать до приміщень без підвищеної небезпеки ураження людини електричним струмом. Всі електричні кабелі повинні відповідати нормам електробезпеки та бути обладнані захисними пристроями для уникнення короткого замикання.

Підключення комп'ютерів та електричних пристроїв до електромережі повинно здійснюватись за допомогою надійних штепсельних з'єднань та розеток. З'єднання та розетки повинні мати контакти для фазового та нульового провідників, а також спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника.

У приміщенні рекомендується встановити систему електромережі для комп'ютерів, яка включає фазовий, робочий нульовий та захисний нульовий

провідники (заземлення або занулення). Переріз робочого та захисного нульових провідників повинен бути не меншим за переріз фазового провідника. Напруга в цій мережі повинна становити 220 В.

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) проведення інструктажів з техніки безпеки;
- 2) захисне заземлення електроприладів;
- 3) правильна установка і обслуговування електрообладнання;
- 4) правильне використання розеток та електричних приладів;
- 5) правила особистої безпеки;
- 6) правильна організація робочого простору.

#### 4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

##### 4.2.1 Мікроклімат

Технічні норми (ДСН 3.3.6.042-99) визначають умови мікроклімату та внутрішнього середовища виробничих приміщень, які впливають на комфорт працівників. Ці умови охоплюють такі параметри, як температура, вологість, швидкість повітря, температура поверхонь та рівень опромінення.

Регулювання мікроклімату виробничих приміщень залежить від теплових характеристик приміщення, складності робіт і сезону. Воно враховується для забезпечення оптимальних умов роботи відповідно до стандарту [25].

Крім того, в рамках розробки Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення, відповідність вимогам категорії 1а.

Оптимальні параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні здійснюється за допомогою централізованої системи опалення, наявного кондиціонера та вентиляції. Крім того, один раз за зміну проводиться вологе прибирання та провітрювання приміщення через вікна та двері.

#### 4.2.2 Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини визначаються як матеріали, які при взаємодії з людським організмом внаслідок порушень технологічного процесу можуть призвести до професійних захворювань, виробничих ушкоджень або змін у стані здоров'я людини.

У сучасному обладнанні широко використовуються різноманітні матеріали, які, потрапивши в атмосферу, можуть призвести до захворювань працівників. Для оцінки ризику проводяться дослідження, що вивчають вплив цих матеріалів на організм людини, а також встановлюються безпечні концентрації матеріалів.

У робочій зоні, де відбувається розробка електронного пристрою для охолодження рідини побутового значення, може спостерігатися підвищена концентрація пилу та озону. У таблиці 4.2 наведені максимально допустимі концентрації шкідливих елементів, що використовуються для оцінки ступеня ризику (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [25]).

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Повітря має також іонний склад, і чим чистіше повітря, тим більше у ньому присутні легкі від'ємні іони. У робочому середовищі, де використовується

персональний комп'ютер, іонний склад повітря повинен відповідати нормам, які наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup>	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Чистота повітря в приміщенні забезпечується шляхом регулярного вологого прибирання, провітрювання та належної роботи системи вентиляції.

#### 4.2.3 Освітлення на робочому місці

Сучасні норми встановлюють мінімальний рівень освітлення на основі характеристик зорових завдань, таких як розмір об'єкта, контраст між об'єктом та фоном, а також властивості самого фону.

У приміщенні природне освітлення забезпечується бічним одностороннім випромінюванням [26].

Оцінкою природного освітлення є коефіцієнт природного освітлення, який залежить від типу виконуваних зорових завдань. Норми освітленості для штучного освітлення, природного освітлення та комбінованого освітлення наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, $e_n$ , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	г	великий	світлий	400	200	3	1	3	1,2

Для забезпечення відповідного освітлення використовуються такі заходи:

- 1) Використання світильників зі світлодіодними лампами для штучного освітлення приміщення.
- 2) Максимальне використання природного бічного освітлення.
- 3) Регулярне очищення скла від бруду.
- 4) Обслуговування системи освітлення.

#### 4.2.4 Шум на робочому місці

На робочому місці розробника Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення може виникати шум від роботи 3D-принтерів, системних блоків, принтерів, сканерів, вентиляторів систем охолодження, обладнання для кондиціонування повітря, трансформаторів.



Стандартом ДСН 3.3.6.037-99 встановлені норми виробничого шуму. Для забезпечення умов виконання роботи, допустимі рівні звукового тиску повинні відповідати граничним значенням, а рівні шуму не повинні перевищувати 50 дБ. Допустимі значення шуму наведені в таблиці 4.5 - "Допустимі рівні звукового тиску і шуму" [27].

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні звукового тиску та звуку

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструювання та проєктування	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимого рівня шуму рекомендується використовувати комп'ютери з тихими кулерами або радіаторами для охолодження [28].

#### 4.2.5 Виробничі випромінювання

Під час роботи персонального комп'ютера виникає електромагнітне випромінювання, яке може впливати на розробника через високочастотні електромагнітні поля. Сила електромагнітного поля регулюється і вимірюється на робочому місці за допомогою інтенсивності електричного поля (у В/м) для електричної складової та напруженості магнітного поля (у А/м) для магнітної складової. Допустимі значення цих параметрів для випромінювання монітору комп'ютера наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Значення електромагнітних випромінювань монітору

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні монітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні монітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Відповідно до вимог щодо захисту від електромагнітних полів, рекомендується застосовувати екранні фільтри та інші засоби індивідуального захисту, такі як захисні окуляри, які мають відповідні гігієнічні сертифікати. Крім того, важливо дотримуватися рекомендованого режиму роботи за комп'ютером.

#### 4.3 Пожежна безпека

Уникнення пожеж і їх запобігання є пріоритетним завданням на будь-якому підприємстві. Метою пожежної безпеки є запобігання виникненню пожеж. Це досягається шляхом виключення можливості утворення горючих або вибухонебезпечних середовищ та джерел запалювання.

Забезпечення пожежної безпеки об'єкта вимагає системи запобігання пожеж, системи протипожежного захисту і системи організаційно-технічних заходів. Зазначене приміщення класифікується як категорія "Д".

Слід зазначити, що пожежна безпека має важливе значення для забезпечення безпеки на робочому місці, і її необхідно ретельно перевірити та врахувати в усіх аспектах діяльності підприємства [29].

#### 4.3.1. Технічні рішення для запобігання пожежі

Спричинити пожежу в приміщенні можуть такі дії:

- 1) коротке замикання;
- 2) порушення правил техніки безпеки;
- 3) куріння не встановленому місці місцем;
- 4) неправильна експлуатація електричних приладів.

Для запобігання пожежі проводяться такі заходи:

1) Перевірка ізоляції електроприладів і мереж для уникнення короткого замикання.

2) Наявність спеціально відведених місць для куріння, щоб уникнути пожежі внаслідок неправильного розпалювання сигарет або паління у неналежних місцях.

3) Проведення інструктажу з питань протипожежної безпеки, щоб персонал був ознайомлений з правилами та процедурами у разі виникнення пожежі.

4) Проведення інструктажу з правильної експлуатації електроприладів, щоб уникнути неправильного використання, яке може спричинити пожежу.

#### 4.3.2. Технічні рішення для протипожежного захисту включають:

1) Розміщення вогнегасників на видних та доступних місцях, а також у зонах з високим ризиком пожежі, де ймовірність виникнення вогню найбільша.

2) Захист вогнегасників від прямого сонячного випромінювання та непрямого впливу опалювальних та нагрівальних пристроїв, щоб забезпечити їх ефективність.

3) Після закінчення роботи всі електроприлади та їх живлення повинні бути вимкнені, за винятком протипожежних та охоронних систем. Це допомагає запобігти пожежі, спричинені перегрівом та коротким замиканням електрообладнання.

Додатковим заходом безпеки є прокладання електропроводів для підключення комп'ютерів та інших пристроїв по негорючих конструктивних

елементах. Це допомагає запобігти поширенню пожежі, оскільки негорючі матеріали мають меншу вразливість до вогню.

Відповідно до норм, у приміщеннях зазначених категорій, класу пожежної та вибухової небезпеки, а також можливих класів пожеж (А, В і Е), на кожні 20 м<sup>2</sup> площі має бути розміщений один вогнегасник з порошком або вуглекислотою масою заряду від 3 до 5 кг. Крім того, на кожному поверсі, де розташоване приміщення, повинні бути два вогнегасники з порошком масою заряду 10 кг [30].

## ВИСНОВКИ

У цій бакалаврській дипломній роботі була розглянута актуальна проблема здорового харчування та безпеки їжі, що є однією з найважливіших проблем суспільства. В контексті зростання захворювань на харчові токсинфекції та проблем з екологією, з'явилася необхідність у розробці пристроїв, які б допомагали контролювати температуру страви та забезпечували безпеку вживання їжі.

Метою було проведення досліджень та розробка прототипу приладу під назвою UnWave, який забезпечує контроль температури страви та безпеку вживання її людиною. Цей пристрій дозволяє користувачеві контролювати температуру страви та переконатися, що вона безпечна для споживання, що особливо актуально для тих, хто стежить за своїм здоров'ям. Крім того, UnWave економить час та зусилля при приготуванні їжі, що важливо для сучасних людей, які живуть швидким темпом життя.

В рамках дослідження було проведено аналіз ринку та існуючих рішень у галузі громадського харчування та домашнього приготування їжі. Також були вивчені технології контролю температури страв та їх безпеки. На основі проведених досліджень була розроблена концепція прототипу UnWave, включаючи визначення технічних параметрів та плану роботи.

Далі було проведено розробку самого прототипу, його тестування на ефективність та функціональність.

Отримані результати та розроблений прототип UnWave мають великий практичний потенціал. Вони можуть бути корисними для науково-дослідницьких інститутів, закладів громадського харчування та приватних осіб, які прагнуть контролювати якість та безпеку їжі. В результаті проведеної роботи був реалізований пристрій, який став переможцем на конкурсі стартапів Sikorski challenge.

Також було проведено розрахунки з розділи, охорону праці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Heat: Adventures in the World's Fiery Places / Bill Stuhl, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006. - 327p.
2. "Правильне охолодження страв: важливі правила та поради." – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hydor>
3. The Hot Zone: A Terrifying True Story / Richard Preston, New York, 1995. - 214p.
4. Eating on the Wild Side: The Missing Link to Optimum Health / Joe Robinet, New York, 2013. - 127p.
5. "Як не зіпсувати їжу: правила охолодження страв" – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hydrv>
6. The Man Who Fed the World: Nobel Peace Prize Laureate Norman Borlaug and His Battle to End World Hunger / Leon Hesser, Penguin Books, New York, 2006. - 302p.
7. Heat: How to Stop the Planet Burning / George Monbiot, Penguin Books, London, 2006. - 189 p.
8. USB міні вентилятор – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hxufh>
9. Міні-холодильник Xbox Series X – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hxuim>
10. Компресорний автохолодильник Alpicool G22 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hxujw>
11. Snowflake fan – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hxulq>
12. Arduino Nano – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hylbt>
13. MLX90614 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hylci>
14. TTP223 Touch button Module – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hylco>
15. 0.96 OLED I2C – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hyldf>
16. NCR18650B – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hyldn>

17. TP4056 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hylef>
18. IRF520 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hyleo>
19. MT3608 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hylew>
20. AVC 4028 DBTV0428B2G – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/hylfj>
21. "Із життя стартапів: Вінниця. Створити «скорпіона» і санінструктора" – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/gznpt>
22. НАКАЗ 21.05.2007 N 246 Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-07#Text>
23. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>
24. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://sop.zp.ua/norm\\_npaop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php)
25. Правила улаштування електроустановок – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
26. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
27. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
28. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
29. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями – [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://sop.zp.ua/norm\\_npaop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php)

30. ДСТУБ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

31. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек – [Електронний ресурс] – Режим доступу:

[https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759)

32. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>



Додаток А  
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ)  
ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ**

**ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ РІДИН  
ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення»

Тип роботи: БДР  
(БДР, МКР)

Підрозділ ІРТС, ІЕС  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 89,4% Схожість 10,6%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

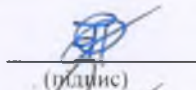
Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Олександр ЗВ'ЯГІН  
(прізвище, ініціали)

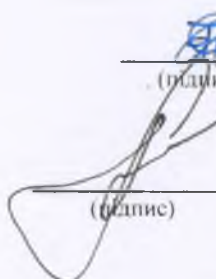
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

  
(підпис)

Владислав ПРИСЯЖНИЙ  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Олександр ПАСТУШЕНКО  
(прізвище, ініціали)

Додаток Б  
(обов'язковий)

## ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

### ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ РІДИН ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Виконав: студент 2(4)-го курсу, групи ТКР-21 мс  
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Присяжний В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: асистент каф. ІРТС

Пастушенко О.Л.

(прізвище та ініціали)

« 15 »

06

2023 р.

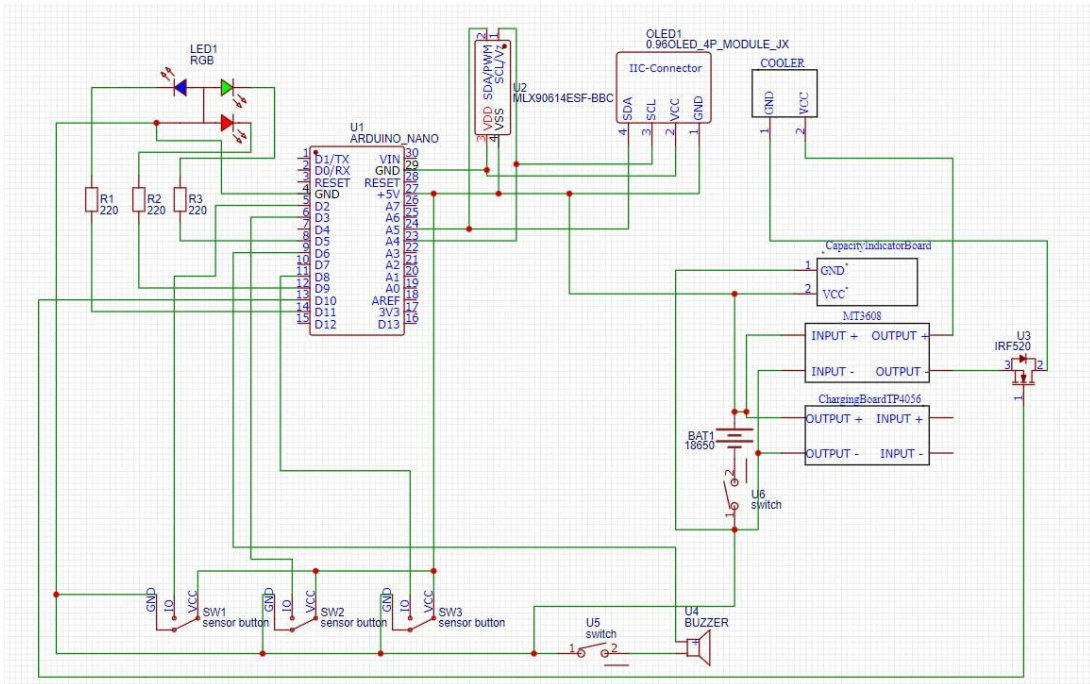


Рисунок 1 – Схема електрична принципова «Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення UnWave»

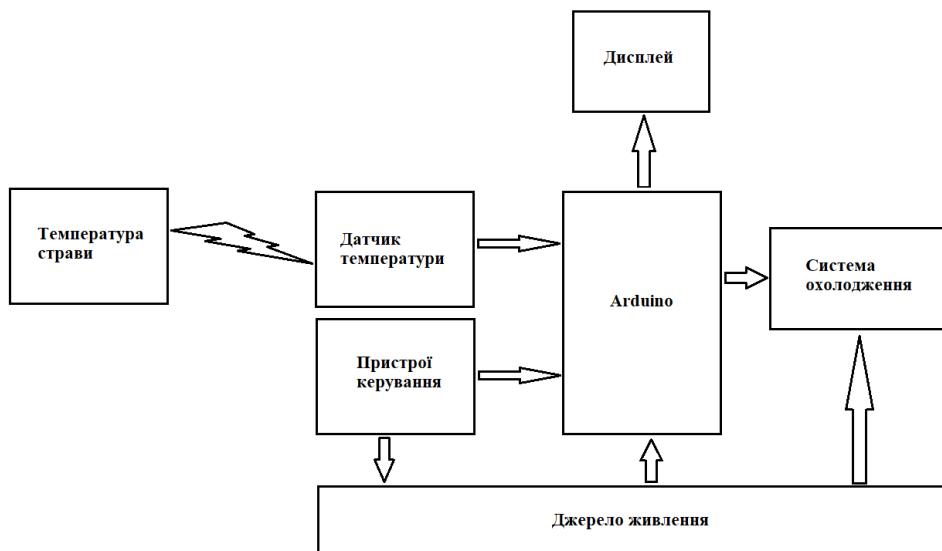


Рисунок 2 – Структурна схема пристрою «UnWave»

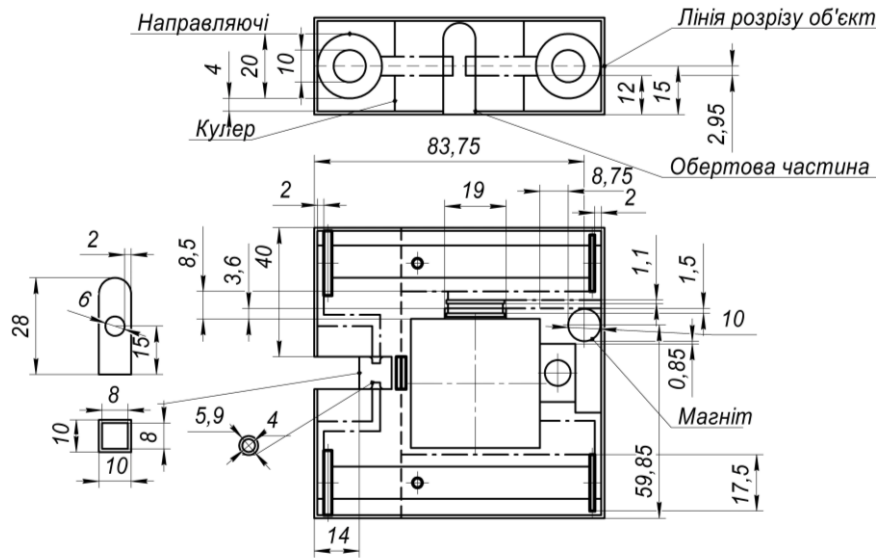


Рисунок 3 – Корпусне креслення приладу UnWave, каретка в розрізі

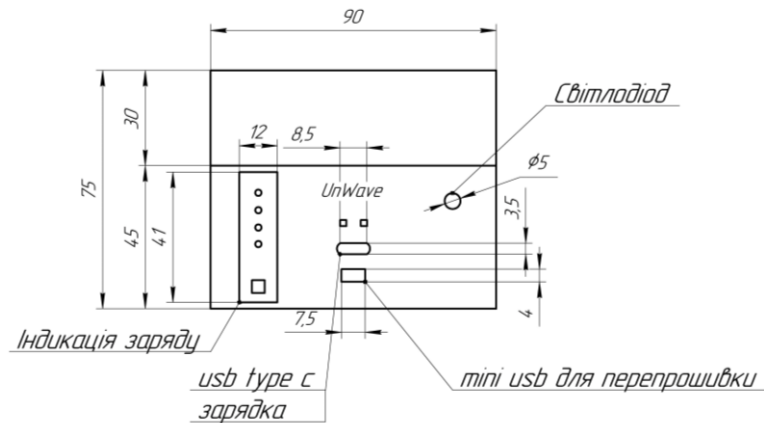


Рисунок 4 – Корпусне креслення приладу UnWave, вид збоку



Рисунок 5 – 3Д модель корпусу приладу UnWave



Рисунок 6 – Фотографія діючого приладу UnWave, вид зверху

## Додаток В (довідниковий)

### Електронний пристрій для охолодження рідин побутового призначення

```

#include <Arduino.h>
#include <GyverButton.h>
#include <GyverTimer.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

void Shim();
void myInterrupt();
void color (uint8_t red, uint8_t green, uint8_t blue);

    const int BTN1 = 8;        // сенсорна кнопка підключена ось так
(VCC --- I/O --- GND) (+)
    const int BTN2 = 2;        // сенсорна кнопка підключена ось так
(VCC --- I/O --- GND) (-)
    const int BTN3 = 3;        // сенсорна кнопка підключена ось так
(VCC --- I/O --- GND) (OK)
    const int OLED_RESET = 4;
    const int ONE_WIRE_BUS = 7;
// піни світлодіода
    const int redPin = 5;
    const int greenPin = 9;
    const int bluePin = 11;
    int16_t buzzerPin = 6; // пін динаміка
// флагові значення
    boolean butt_flag = 0;
    boolean butt = 0;
    boolean mosfet = false; //Значення режиму охолодження
    uint8_t cooler = 10; // пін кулера
    uint16_t i; // лічильник шим
    GTimer myTimer(MS); // таймер в мілісекундах
    Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);
    GButton butt1(BTN1); // збільшення температури
    GButton butt2(BTN2); // зменшення температури
    int8_t TempC; // температура об'єкта
    int8_t TempA; // температура довкола
    int8_t TempE; // значення температури об'єкта
    int8_t value; // дисплейне значення
    uint8_t Diod; // змінна діода

// Ініціалізуємо OneWire та DallasTemperature бібліотеки
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

```

```

void setup() {
  pinMode(BTN3, INPUT_PULLUP); // кнопка для переходу в режим
  охолодження і навпаки
  pinMode(cooler, OUTPUT); // пін мосфета для запуску охолодження
  attachInterrupt(1, myInterrupt, FALLING); //Підключення
  преривання
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(value); // кероване значення, що виводиться на
  дисплей в якості температури для встановлення
  sensors.begin();// запуск зчитування на датчику температури
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // запуск виведення
  інформації на дисплей
  butt1.setStepTimeout(1);
  butt2.setStepTimeout(1);
  //світлодіод
  pinMode(redPin, OUTPUT);
  pinMode(greenPin, OUTPUT);
  pinMode(bluePin, OUTPUT);
  // пін динаміка
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  myTimer.setTimeout(1000);// запуск таймера
  // зняття обмежень з шима
  TCCR1B = (TCCR1B & 0xF8) | 1;
}
void loop() {
  sensors.requestTemperatures();
  butt1.setDebounce(10); // налаштування часу затримки на натиск
  кнопки
  butt2.setDebounce(10); // налаштування часу затримки на натиск
  кнопки
  butt1.tick(); // обов'язкова функція обробки натиску на кнопку.
  Має постійно опитуватись
  butt2.tick(); // обов'язкова функція обробки натиску на кнопку.
  Має постійно опитуватись
  TempA = 20;
  TempA -= 0.5; // похибка температури довколишнього середовища

  if(TempE == value){
    if(mosfet == false){ // звичайна затримка при зчитування
    температури довколишнього середовища
    // Зчитуємо температуру з датчика
    float TempC = sensors.getTempCByIndex(0);
    //TempE = TempC;
    if(TempC >= 55){
      TempE = TempC + 25;
    }if(TempC >= 50){
      TempE = TempC + 15;
    }if(TempC >= 40){
      TempE = TempC + 10;
    }if(TempC >= 30){
      TempE = TempC + 6; // похибка температури об'єкта
    }if(TempC > 0 && TempC < 30 ){

```



```

    TempE = TempC;
  }
  value = TempE; //прирівняння значень
  }
}
else{
  if(mosfet == false){ // звичайна затримка при зчитуванні
температури об'єкта
    static uint32_t timer = millis();
    if(TempC >= 55){
      TempE = TempC + 25;
    }if(TempC >= 50){
      TempE = TempC + 15;
    }if(TempC >= 40){
      TempE = TempC + 10;
    }if(TempC >= 30){
      TempE = TempC + 6; // похибка температури об'єкта
    }if(TempC > 0 && TempC < 30 ){
      TempE = TempC;
    }
  }
}
  if(mosfet == true){ // збільшена затримка на вимірювання
температури об'єкта після переходу в режим охолодження

if(TempC >= 55){
  TempE = TempC + 25;
}if(TempC >= 50){
  TempE = TempC + 15;
}if(TempC >= 40){
  TempE = TempC + 10;
}if(TempC >= 30){
  TempE = TempC + 6; // похибка температури об'єкта
}if(TempC > 0 && TempC < 30 ){
  TempE = TempC;
}
}
  if(TempE > 0){
    if(mosfet == false){ // зменшити температуру в режимі її
встановлення
      if(TempA > value){
        value = TempA - 1;
      }
      if(value >= TempA){
        if (butt2.isClick()) { // одиничний натиск
          value--; // декремент
          Serial.println(value); // для прикладу виведемо в порт
        }
        if (butt2.isStep()) { // обробник утримання з кроками
          value--; // збільшити/зменшити змінну
          value з кроком і інтервалом!
          Serial.println(value); // для прикладу виведемо в порт
        }
      }
    }
  }
}

```



```

}
// вітальний текст(вмкається при першому замірі температури)
else{
if(TempE == 0){
display.clearDisplay();
display.setTextSize(7);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0,5);
display.print("Hi!");
display.display();
}
// захсит роботи приладу, в разі увімкнення при мінусовій
температурі
if(TempA < 0){
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0,5);
display.print("It's too cold, coolsmt hot :)");
display.display();
}
}
//! RGB світлодіод
if(TempE > 0 && TempE < 35){
color(0,50,60); //блакитний
}else if(TempE >= 35 && TempE < 40){
color(11,59,0); //зелений
}else if(TempE >= 40 && TempE < 44){
color(80,32,0); //жовтий
}else if(TempE >= 44 && TempE < 55){
color(85,17,0); //помаранчевий
}else if(TempE >= 55){
color(85,0,0); //червоний
}else{
color(78,4,55); //фіолетовий
}
//! увімкнення кулера при натисканні на кнопку
if(TempE > 0 ){
butt = !digitalRead(BTN3); // прочитати теперішнє положення
кнопки
if(butt == 1 && butt_flag == 0){
if(mosfet == false){
if(TempE != value){
butt_flag = 1;
mosfet = true;
i = 0;
if(mosfet == true){
Shim();
}
}
}
}
}
}
}

```