

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації  
та мехатроніки  
(повна назва)

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА** **Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Розроблення інтелектуальної системи керування  
параметрами мікроклімату в транспортних засобах  
(тема)

Виконав:  
студент 2 курсу, групи ІТМРТМ-21-1

Зубенко В. О.

Спеціальність 172 Телекомунікації та  
радіотехніка

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма Інтелектуальні технології  
мікросистемної радіоелектронної техніки

Керівник Жарікова І. В.

Допускається до захисту  
Зав. кафедри КІТАМ

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Невлюдов І. Ш.  
(прізвище, ініціали)

Харків 2022 р.

# ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка  
Тип програми Освітньо-професійна  
Освітня програма Інтелектуальні технології  
мікросистемної радіоелектронної техніки  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАМ \_\_\_\_\_  
(підпис)

«24» жовтня 2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Зубенко Власу Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розроблення інтелектуальної системи керування параметрами мікроклімату в транспортних засобах»

Затверджена наказом по університету від 24.10.2022 р. № 1391 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 23.12.2022

3. Вихідні дані до роботи: 3.1 Плата Arduino nano;

3.2 Датчик температури та вологості DHT 22;

3.3 Програмне середовище моделювання корпусних елементів системи – SolidWorks;

3.4 Середовище для написання програми керування – Arduino IDE.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

4.1 Вступ;

4.2 Аналіз технічного завдання та предметної області;

4.3 Розробка апаратної частини, підбір електронних компонентів, обґрунтування вибору, розробка схеми електричної принципової;

4.4 Розробка корпусу системи контролю мікроклімату;

4.5 Розробка програмного забезпечення для системи керування мікрокліматом в салоні автомобіля;

4.6 Розробка заходів з охорони праці під час роботи з комп'ютером.

4.7 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій

Графічний демонстраційний матеріал у форматі Power Point

(\* .ppt) – 15 сторінок

#### 6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка керівника про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз вхідної інформації та вимог ТЗ	29. 09. 22 р.	Виконав
2	Аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи	05. 10. 22 р.	Виконав
3	Підбір розробка СЕП та підбір компонентів	15. 10. 22 р.	Виконав
4	Розробка механічної частини макета	20. 10. 22 р.	Виконав
5	Розробка програми для роботи макета	28. 10. 22 р.	Виконав
6	Складання та тестування макета	02. 11. 22 р.	Виконав
7	Оформлення пояснювальної записки	23. 11. 22 р.	Виконав
8	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichек	05. 12. 22 р.	
9	Подання роботи на рецензію	06. 12. 22 р.	
10	Подання роботи на підпис зав. кафедри	08. 12. 22 р.	
11	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	21. 12. 22 р.	

Дата видачі завдання 24.10.2022 р.

Студент \_\_\_\_\_ Зубенко В. О.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доцент Жарікова І. В.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 71 с., 15 табл., 37 рис., 2 дод., 23 джерел.

МІКРОКЛІМАТ, ТЕМПЕРАТУРА, ТИСК, ВОЛОГІСТЬ, ОЧИСНИК, ПОВІТРЯ, СИСТЕМА, ДАТЧИК, АВТОМОБІЛЬ, КОНТРОЛЬ.

Об'єкт дослідження – процес налаштування та автоматизація системи мікроклімату.

Предмет дослідження – система контролю мікроклімату у транспортних засобах.

Мета роботи – розроблення інтелектуальної системи для контролю параметрів мікроклімату у транспортних засобах.

Методи розробки та апаратне забезпечення: 3D-моделювання складових частин корпусу частин системи, дослідження параметрів апаратних компонентів системи, налагодження та калібрування датчиків вологості, температури та тиску повітря, модуль керування – плата для розробки Arduino nano на базі мікроконтролера ATmega 328, зв'язок модуля з користувачем за допомогою бездротового інтерфейсу Wi-Fi.

Області застосування – розроблений макет системи може бути використаний як додатковий модуль автоматичного контролю клімату у автотранспортних засобах які не мають вбудованого.

Також альтернативний варіант використання в якості пристрою контролю кліматичних умов у приміщенні. Також можливе використання в навчальному процесі як наглядного функціонуючого макета стеження за зміною показників температури, вологості та тиску повітря, а також практичне використання технології Wi-Fi для зв'язку з мікроконтролером системи та керування нею.

## ABSTRACT

The explanatory note contains: 71 p., 15 tabl., 37 fig., 2 app., 23 sources.

MICROCLIMATE, TEMPERATURE, PRESSURE, HUMIDITY, CLEANER, AIR, SYSTEM, SENSOR, VEHICLE, CONTROL.

The object of research – the process of setting up and automating the microclimate system.

The subject of research – the microclimate control system in vehicles.

The purpose of the work – develop a microclimate control system in vehicles.

Development methods and hardware: 3D modeling of the component parts of the body of the system parts, research of the parameters of the hardware components of the system, debugging and calibration of humidity, temperature and air pressure sensors, control module – an Arduino nano development board based on the ATmega 328 microcontroller, module communication with the user using a wireless Wi-Fi interface

Areas of application – the developed layout of the system can be used as an additional module for automatic climate control in motor vehicles that do not have a built-in one.

It is also an alternative option for use as a device for controlling indoor climate conditions. It is also possible to use it in the educational process as a visual functioning mock-up for monitoring changes in temperature, humidity and air pressure indicators, as well as practical use of Wi-Fi technology to communicate with the system microcontroller and control it.

## ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки .....	7
Вступ.....	8
1 Аналіз предметної області.....	10
1.1 Аналіз технічного завдання на кваліфікаційну роботу .....	10
1.2 Аналіз технічних засобів для системи керування параметрами мікроклімату.....	13
2 Розробка системи контролю мікроклімату в салоні автомобіля.....	16
2.1 Розробка структурної схеми пристрою .....	16
2.2 Обґрунтування вибору компонентів пристрою.....	17
2.3 Розробка джерела живлення модулів та мікроконтролера.....	24
2.4 Розрахунок вартості системи.....	26
2.5 Розробка схеми електричної принципової системи контролю мікроклімату.....	27
2.6 Вибір середовища проектування друкованої плати.....	29
2.7 Визначення масогабаритних параметрів компонування плати.....	30
2.8 Розробка корпусних частин системи клімат контролю.....	36
2.9 Висновки до розділу 2.....	38
3 Розробка програмного забезпечення та дослідна експлуатація системи...	39
3.1 Розробка алгоритму роботи системи контролю мікроклімату.....	39
3.2 Розробка програмного коду керування системою.....	43
3.3 Опис роботи системи.....	48
3.4 Налаштування системи контролю мікроклімату.....	50
3.5 Висновки до розділу 3.....	55
4 Технологічні розрахунки для системи контролю мікроклімату в салоні автомобіля.....	56
4.1 Розрахунок показників надійності модуля.....	56
4.2 Висновки до розділу 4.....	62
5 Охорона праці.....	63

5.1 Вимоги до обладнання робочого місця розробника.....	63
5.2 Охорона праці у процесі налаштування та калібрування макета...	63
5.3 Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.....	67
5.4 Висновки до розділу 5.....	68
Висновки.....	69
Перелік джерел посилання.....	70
Додаток А Лістинг програмного коду.....	72
Додаток Б Демонстраційний матеріал.....	79

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

МК – мікроконтролер;

ПІД – пропорційно-інтегрально-диференційний;

ПЗ – програмне забезпечення;

САПР – система автоматичного проектування;

СЕП – схема електрична принципова;

ЧПП – числовий програмний пристрій;

LCD – liquid crystal display;

Wi-Fi – Wireless Fidelity.

## ВСТУП

На сьогоднішній день існує досить велика кількість різноманітних систем контролю клімату. Галузі використання таких систем досить великі, починаючи від контролю клімату у домашній теплиці і закінчуючи контролем кліматичних умов на великому виробництві. Майже всі сьогоденні виробники автомобілів вбудовують такі системи в свою продукцію.

Розумні системи автомобілів сьогодні розвиваються стрімкими темпами, і з кожним роком автовиробники все більше намагаються вдосконалити існуючі технології. Однак використання складних та багатокомпонентних систем контролю клімату в автомобілі значно підвищує кінцеву вартість транспортного засобу для споживача. Так вартість автомобілю без автоматичної системи контролю клімату може суттєво відрізнятись від такого ж автомобіля, але з вбудованою автоматичною системою контролю клімату. Через це, попит на такі автомобілі у сучасному світі, а саме країнах які входять до спілки незалежних держав – досить малий, тому що не кожна людина із середньою заробітною платою може дозволити купити такий автомобіль.

Система що розроблюється містить у собі набір необхідних датчиків для контролю за основними показниками повітря, дисплей для наглядного контролю за показниками у салоні автомобілю, а також можливість підключення до вбудованих механічних регуляторів швидкості, температури та напрямку повітря. Пристрій що розроблюється має ряд переваг, а саме: компактність головного модулю, універсальність використання, легкість керування, а також можливість легкого розширення функціоналу.

Основна область застосування системи – контроль та керування параметрами мікроклімату у салоні автомобіля, або іншого транспортного засобу. Також можливі ще декілька галузей використання в якості системи контролю мікроклімату, а саме: контроль мікроклімату та параметрів повітря у приміщенні; створення на базі системи розумних теплиць для вирощування рослин і т. д. Альтернативним варіантом використання є створення на базі системи модулю

контролю за освітленням, або використання як складової частини системи розумного будинку Smart House. Також можливе використання в навчальному процесі як наглядного функціонуючого макета стеження за зміною показників температури, вологості та тиску повітря, а також практичне використання технології Wi-Fi для зв'язку з мікроконтролером системи та керування нею.

Інтелектуальна система керування параметрами мікроклімату в автомобілі має два режими: автоматичний та напівавтоматичний. При використанні автоматичного режиму система сама обирає необхідну швидкість та температуру повітря. У напівавтоматичному режимі участь людини у процесі роботи полягає в тому, що людина повинна обрати бажану температуру повітря, а система сама розрахує необхідну швидкість повітря та буде підтримувати задану.

Об'єкт дослідження – процес налаштування та автоматизація системи мікроклімату.

Предмет дослідження – система контролю мікроклімату у транспортних засобах.

Мета роботи – розроблення інтелектуальної системи для контролю параметрів мікроклімату у транспортних засобах.

Для досягнення мети кваліфікаційної роботи необхідно:

- проаналізувати різновиди готових інженерних рішень;
- проаналізувати необхідні вимоги для правильної роботи системи;
- провести розробку схеми електричної принципової та виконати підбір необхідних компонентів з детальним обґрунтуванням вибору;
- провести макетне складання та налаштування системи;
- розглянути питання ергономіки корпусу для забезпечення мінімізації габаритних розмірів та компактності пристрою;
- провести експериментальні дослідження, і згідно результатів експерименту провести калібрування датчиків;
- розглянути питання охорони праці;
- оформити пояснювальну записку згідно з рекомендаціями [1-2] та вимогами ДСТУ 3008:2015 [3].

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Аналіз технічного завдання на кваліфікаційну роботу

Розумні системи автомобілів сьогодні розвиваються стрімкими темпами, і з кожним роком автовиробники все більше намагаються вдосконалити існуючі технології. Очікується, що бортові системи стануть більш функціональними, і зможуть забезпечувати більший комфорт та більшу безпеку під час експлуатації транспортних засобів.

Високотехнологічні автомобілі розробляються для того, щоб звільнити автомобіліста від необхідності вирішувати численні завдання в процесі руху, зробити подорож більш комфортною та зменшити будь-які можливі ризики.

Параметри мікроклімату можуть суттєво впливати на стан водія та пасажирів, тому розробка інтелектуальних систем керування параметрами мікроклімату у транспортних засобах також є актуальним завданням.

Під мікрокліматом розуміють внутрішні метеорологічні умови, що діють на організм людини. Вони можуть бути оптимальними або допустимими. Перші не викликають у людини будь-якого дискомфорту, другі можуть призводити до невеликих збоїв у терморегуляції та зниження працездатності, але при цьому все одно не шкодять здоров'ю.

Автоматизовані системи вимірювання параметрів мікроклімату дозволяють отримувати точну та детальну інформацію про поточний стан повітря безпосередньо в місці їх розташування, окрема, у виробничих приміщеннях, транспортних засобах, житлових і офісних будівлях тощо [4-6].

Зокрема, використання подібних систем є затребуваним на промислових підприємствах [7-9], в лісничих господарствах, на рухомих об'єктах (кораблях, нафтових платформах), де вкрай важливою є точність вимірювання зазначених параметрів.

До основних функцій таких систем керування параметрами мікроклімату належать:

- вимірювання температури повітря, атмосферного тиску та вологості;
- визначення концентрації шкідливих речовин і небезпечних газів у повітрі, таких як:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , пари алкоголю, бензину, диму та  $\text{CO}_2$ ;
- передбачення зміни погодних умов на основі зміни атмосферного тиску;
- виведення на LCD-дисплей часу та дати;
- виведення на LCD-дисплей поточних показників датчиків;
- побудова графіків показників з датчиків за годину та добу;
- індикація концентрації  $\text{CO}_2$ .

Основними параметрами мікроклімату, які потребують контролю та регулювання всередині транспортних засобів – це температура повітря, вологість та чистота повітря, наприклад, у легковому чи вантажному автомобілі. Також важливою функцією у цьому випадку також є визначення концентрації шкідливих речовин і небезпечних газів у повітрі, наприклад, контроль продуктів випаровування бензину (у разі порушень цілісності паливної системи), диму або концентрації  $\text{CO}_2$ .

Умови, створені завдяки розроблюваній системі керування мікроклімату у транспортних засобах, дозволять водію комфортно себе почувати під час керування транспортним засобом та не відволікатися від подорожі, а також запобігти небезпечним ситуаціям за рахунок виведення на дисплей інформації для водія та пасажирів у разі підвищення концентрації шкідливих речовин у повітрі салону або кабіни транспортного засобу.

Тривалий час основним завданням системи опалення, вентиляції та кондиціонування була подача повітря комфортної для людини температури в салон автомобіля. Сьогодні автоматичні системи, що створюють комфортний мікроклімат для кожного пасажира, стають дедалі складнішими. З урахуванням поточних тенденцій розвитку електромобілів, важливість цих систем як частини силової установки постійно підвищується.

У двигуні внутрішнього згоряння контури кондиціонування та охолодження двигуна рознесені. Основне призначення системи охолодження двигуна – підтримання теплового режиму, необхідного для нормальної роботи.

Влітку охолодження двигуна здійснюється за допомогою потоку повітря яке проходить через основний радіатор системи охолодження. Влітку водій не використовує обігрів салону чи кабіни, а навпаки – охолодження. У транспортних засобах для охолодження салону використовується вбудований кондиціонер. Однак його використання має ряд недоліків, а саме підвищується навантаження на двигун, підвищується температура охолоджувальної рідини двигуна, а також збільшується витрата палива.

У зимовий період кількість тепла для обігріву салону практично необмежена, так як контур обігріву складає одне ціле з контуром охолодження двигуна, тому температура радіатору салонної пічки буде дуже близька до температури самого двигуна. Контур кондиціонування може включатися для видалення вологи та змащування системи.

Чотирьохзонний клімат-контроль дозволяє регулювати потік повітря окремо для кожного місця в салоні. Температура в області голови та ніг регулюється незалежно одна від одної. Продумана система повітроводів забезпечує акустичний комфорт та відсутність протягів. На рис. 1.1 наведено приклад розподілення повітря в автомобілі оснащеному двухзонним клімат-контролем.

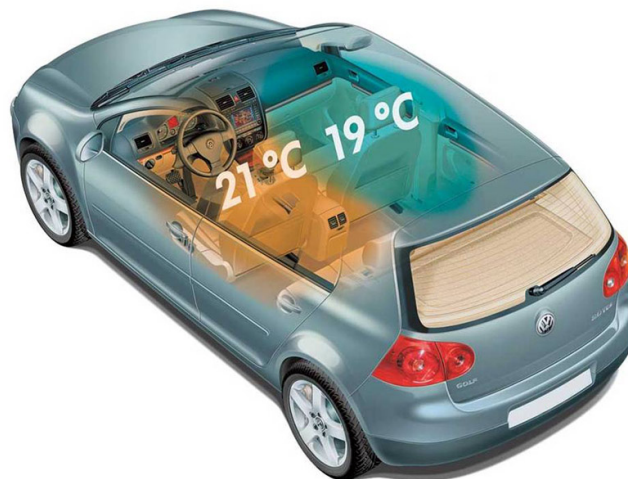


Рисунок 1.1 – Приклад роботи двухзонного клімат-контролю [10]

Зменшення робочого об'єму двигуна з одночасним використанням турбонаддуву забезпечує ефективне скорочення витрати палива. Для оптимізації

роботи такого двигуна потрібен охолоджувач наддувного повітря – інтеркулер. Охолодження двигуна впливає на ефективність робочого процесу, оскільки інтеркулер має власний низькотемпературний контур охолодження, терморегулювання необхідне у декількох контурах з різною температурою.

Тож, машини оснащують кліматичними пристроями. Логічним продовженням стандартного кондиціонера стала система клімат-контролю, що поєднує складні технології для керування температурою всередині транспортного засобу.

Автомобільний клімат-контроль – це інженерне рішення, спрямоване на підтримання комфортного мікроклімату всередині машини, незалежно від параметрів навколишнього середовища. Стандартна система складається з таких елементів, як:

- кондиціонер для охолодження повітря;
- радіатор для обігріву;
- модуль HVAC;
- вентиляційні канали;
- електронний блок керування;
- різні типи датчиків.

## 1.2 Аналіз технічних засобів для системи керування параметрами мікроклімату

Кількість можливих функцій клімат-контролю залежить від моделі автомобіля, його типу та датчиків що використовуються. До списку можливостей входить [10]:

- підтримання потрібної температури;
- облік температури навколишнього середовища за допомогою сигналів від датчика аналізу сонячної радіації, що визначає вплив ультрафіолетового випромінювання, а також датчика температури повітря навколишньої середовища;
- рециркуляція та очищення повітря в салоні автомобіля;
- регулювання температури в різних зонах салону;

– профілактика запотівання скла в салоні в зимовий час завдяки якісному та рівномірному опаленню.

У деяких дорогих автомобілях передбачені додаткові опції, наприклад, іонізація повітря.

Для визначення вищенаведених параметрів використовують різноманітні датчики. Вони працюють в автоматичному режимі та виводять результати на дисплей. Компанія Аквааналітик займається реалізацією двох варіантів датчиків подібного призначення – EE210 (рис. 1.2) та EE220. Перший розроблений для вантажних автомобілів.



Рисунок 1.2 – Датчик EE210 [11]

Датчик вологості та температури повітря EE210 відповідає найвищим вимогам щодо контролю показників мікроклімату у різних напрямках. Другий датчик призначений для фармакології, біотехнологій, «чистих кімнат», інкубаторів, камер охолодження та зберігання.

На рис. 1.3 і рис. 1.4 наведено приклад сучасних автомобільних очисників повітря та виду їх монтажу у салоні транспортного засобу.



Рисунок 1.3 – Портативний автомобільний очисник повітря [12]



Рисунок 1.4 – Портативний очисник-іонізатор повітря автомобіля [12]

Розглянуті готові рішення не в повному об'ємі виконують функції контролю клімату, тому що не мають у складі модулів для керування. Крім цього вартість цих модулів досить велика, а строк служби малий.

## 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ В САЛОНІ АВТОМОБІЛЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми пристрою

Після проведення аналізу систем клімат-контролю у транспортних засобах було отримано необхідну інформацію, щодо конструкції та функціоналу майбутнього пристрою. На основі отриманої інформації розроблено структурну схему системи клімат-контролю в салоні транспортного засобу, в котрій наведено усі основні елементи, з яких буде складатися пристрій (рис. 2.1).

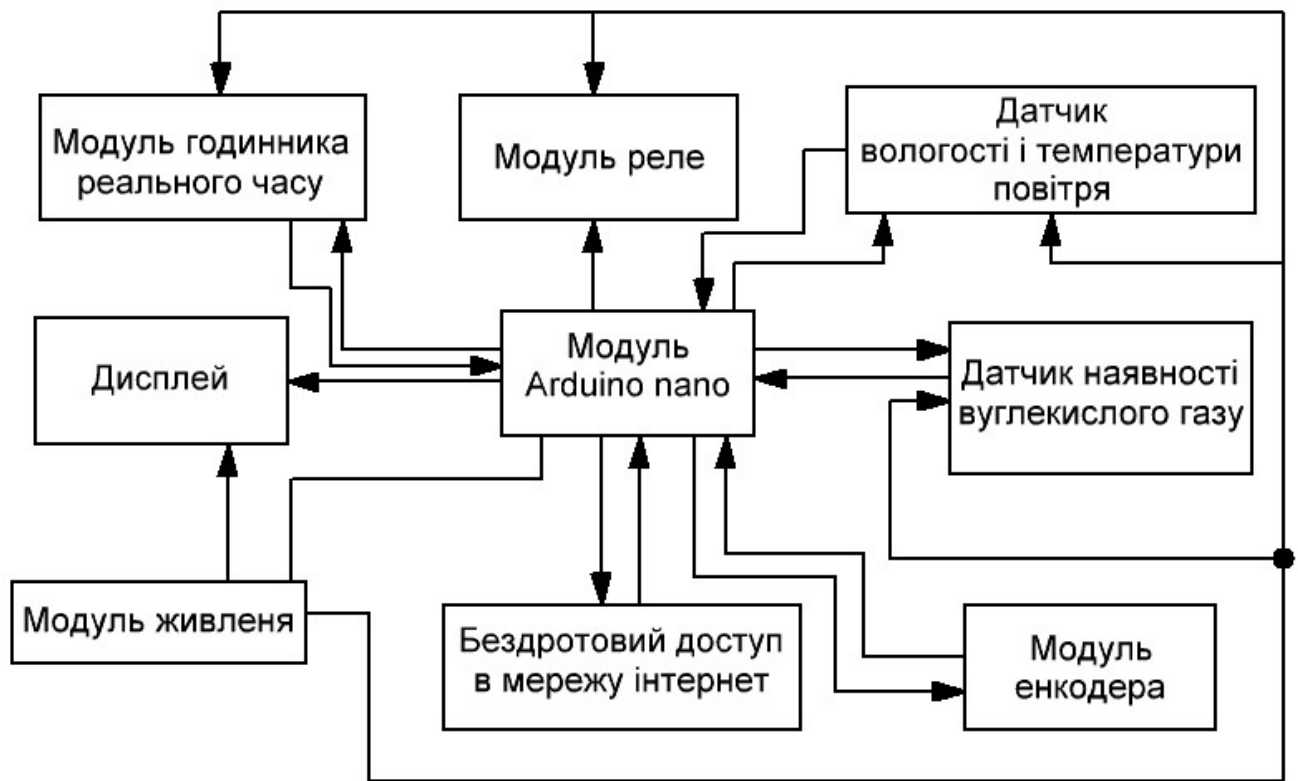


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи контролю мікроклімату в транспортному засобі

## 2.2 Обґрунтування вибору компонентів пристрою

За основу даного проекту взято платформу Arduino Nano на базі мікроконтролера ATmega328 (рис. 2.2).

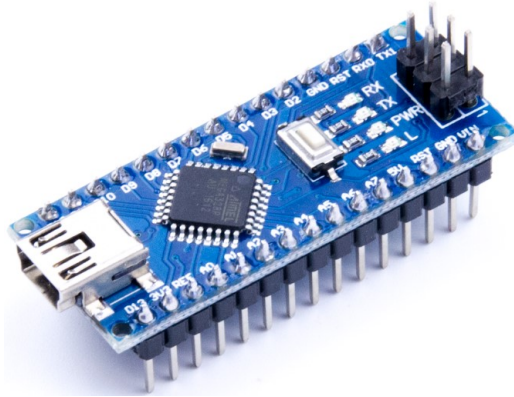


Рисунок 2.2 – Платформа Arduino Nano [13]

Платформа Arduino Nano – відкрита і компактна платформа з сімейства Arduino, побудована на мікроконтролері ATmega328. Великою перевагою є те, що у порівнянні із іншими моделями платформ даний МК має невеликі розміри та невелику вагу, що дає змогу змонтувати дану платформу у невеликий корпус та використовувати у салоні автомобілю і готовий пристрій не буде займати багато простору.

Платформа Arduino Nano має контакти у вигляді штирків, тому її легко встановлювати на макетну плату або запаювати у заздалегідь заготовлену друковану плату.

Основні технічні характеристики Arduino Nano представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики Arduino Nano [13]

№	Параметр	Значення
1	Мікроконтролер	ATmega328P
2	Робоча напруга	5 В
3	Напруга живлення	від 6 В до 20 В

Продовження таблиці 2.1

№	Параметр	Значення
4	Кількість аналогових входів	6
5	Кількість цифрових входів/виходів	14 (6 із них можуть використовуватись як виходи ШІМ)
6	Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
7	Постійний струм для виводу 3.3 В	50 мА
8	Flash-пам'ять	32 кБ
9	Розміри	45 мм × 18 мм
10	Вага	7 г
11	Вартість	299 грн

Arduino Nano може працювати з різних джерел живлення, його можна підключити як через mini-USB кабель, так і від звичайного нерегульованого джерела живлення постійної напруги в діапазоні 6 В – 20 В.

Для відображення значень вологості, температури, часу та обраної програми керування було обрано символічний дисплейний модуль моделі LCD 2004 з інтерфейсом I2C (рис. 2.3). Головна перевага такого інтерфейсу передачі інформації в тому, що потрібно використовувати лише два дроти, що дозволяє за необхідності замінити обраний дисплейний модуль на будь-який інший який підтримує інтерфейс I2C.

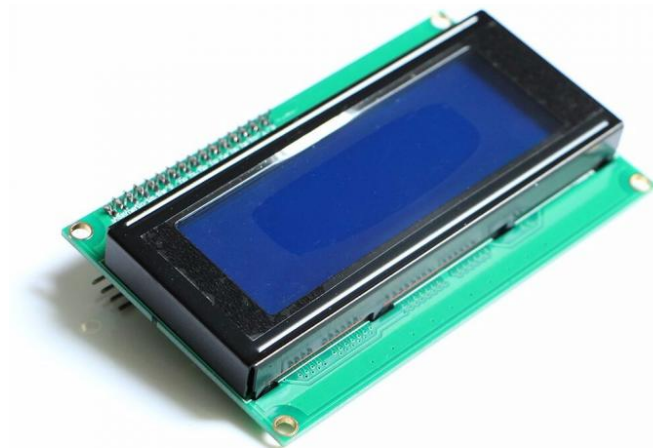


Рисунок 2.3 – LCD дисплей 2004 [14]

Основні характеристики дисплею представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні характеристики дисплею LCD 2004 I2C [14]

№	Параметр	Значення
1	Розмір дисплею	20 × 4
2	Кут огляду	>120°
3	Енергоспоживання	0,08 Вт при увімкненому дисплеї
4	Габаритні розміри	98 мм × 60 мм × 20 мм
5	Колір підсвічування	синій/білий
6	Робоча температура	від -30 °С до 70 °С
7	Напруга живлення	5 В
8	Вартість	200 грн

Для того, щоб дистанційно контролювати систему клімат-контролю на не великій відстані використовується модуль Wi-Fi, з його допомогою можна дистанційно змінювати задану температуру, вмикати або вимикати обдув повітрям, та відстежувати аварійні ситуації. В Wi-Fi модулю обрано ESP-01S на базі мікроконтролера ESP8266, зовнішній вигляд модулю наведений на рис. 2.4.

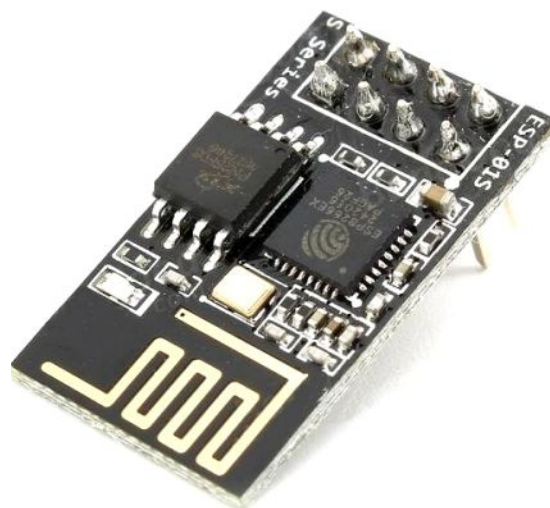


Рисунок 2.4 – Модуль Wi-Fi ESP-01S [15]

Основні технічні характеристики модулю наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики модулю ESP-01S [15]

№	Параметр	Значення
1	Протоколи Wi-Fi	802.11 b/g/n
2	Потужність сигналу	+19,5 дБм
3	Енергоспоживання	до 1,0 мВт у режимі Standby
4	Габаритні розміри	24,5 мм × 14 мм
5	Робоча температура	від -30 °С до 70 °С
6	Напруга живлення	3,3 В
7	Вартість	79 грн

В якості датчика температури та вологості обрано розповсюджений у макетування датчик DTH 22 (рис. 2.5). Цей датчик є цифровим і має підвищену точність. Датчик DHT22 має заводське калібрування і характеризується низьким енергоспоживанням.



Рисунок 2.5 – Датчик температури і вологості DTH 22 [16]

Основні технічні характеристики датчику наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики датчика DTH 22 [16]

№	Параметр	Значення
1	Частота опитування	$\leq 1$ Гц
2	Напруга живлення	3,6 В – 6 В

## Продовження таблиці 2.4

№	Параметр	Значення
3	Діапазон вимірювання вологості	від 0 % до 100 %
4	Діапазон вимірювання температури	від -40 °С до 80 °С
5	Точність вимірювання температури	0,1 °С
6	Вартість	158 грн

Для контролю за часом та відображення реального часу не залежно від стану акумулятора автомобіля буде використано модуль годинника реального часу на базі мікросхеми DS3231 (рис. 2.6). Модуль має відмінну точність ходу, так як кварцевий резонатор розміщений безпосередньо в корпусі мікросхеми і застосована цифрова корекція точності ходу годинника в залежності від температури навколишнього середовища. Також даний модуль має мініатюрні розміри, що дуже добре для компоновки та ергономіки майбутнього пристрою.



Рисунок 2.6 – Модуль годинника DS3231 [16]

Основні технічні характеристики модулю годинника реального часу наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристик модуля годинника реального часу [16]

№	Параметр	Значення
1	Інтерфейс	I2C
2	Точність годинника	$\pm 5$ ppm

## Продовження таблиці 2.5

№	Параметр	Значення
3	Резервне живлення	Li-Po акумулятор
4	Робоча температура	від -40 °C до 85 °C
5	Напруга живлення	від 2,3 В до 5,5 В
6	Вартість	125 грн

Під час подорожі в автомобілі варто слідкувати також за концентрацією вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) так як цей газ немає запаху, але може суттєво нашкодити здоров'ю та життю людини. Для вимірювання концентрації CO<sub>2</sub> було обрано модуль датчика якості повітря CCS811 (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Модуль датчика якості повітря CCS811 [16]

Модуль датчика CCS811 – мініатюрний цифровий газовий датчик для контролю якості повітря. Датчик на основі оксиду металу (МОКС) розроблений для вимірювання загального еквівалента летких органічних сполук eTVOCs та еквівалентного вмісту CO<sub>2</sub>. Мікроконтролер інтегрований усередині чіпа. Значення вмісту газу прочитуються за допомогою інтерфейсу I2C. Вбудований сенсор CCS811 підтримує кілька режимів вимірювання, які були оптимізовані для споживання малої потужності під час активного вимірювання датчика і режиму очікування, продовжуючи термін служби батареї в портативних пристроях. Для зручності роботи на платі виведені всі необхідні контакти для роботи датчика CCS811, а також додаткові, щоб додати термістор NTC, щоб

визначити температуру повітря, яка може використовуватися для компенсації показань.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні технічні характеристики датчику CCS811 [16]

№	Параметр	Значення
1	Інтерфейс	I2C
2	Діапазон виявлення CO <sub>2</sub>	від 400 ppm до 32768 ppm
3	Споживаюча потужність	60 мВт
4	Робоча температура	від -40 °C до 85 °C
5	Напруга живлення	3,3 В
6	Вартість	570 грн

Для керування та виставлення необхідних значень параметрів температури та вологості буде використано енкодер з кнопкою, а саме модуль KY-040 (рис. 2.8).

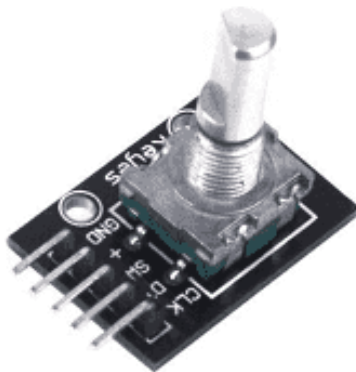


Рисунок 2.8 – Модуль енкодера KY-040 [16]

Модуль енкодера має 20 фіксованих позицій на один оборот валу. Сенсор кута повороту має 3 контакти, позначені буквами А, В і С. Принцип роботи енкодера ґрунтується на зміні положення перемикачів, один з яких відповідає за з'єднання контактів А і В, а другий – за В і С. Кожна зміна положення осі датчика

змінює стан перемикачів. Так само, енкодер має кнопку, що спрацьовує при натисканні на вал.

Низький TTL рівень на сенсорі з'являється, при замкнених контактах, тоді нуль подається на контакти CLK і DT. Високий логічний рівень генерується при подачі напруги живлення 5 В. Контакти CLK і DT передають дані про оберти осі енкодера в напрямку по або проти годинникової стрілки. Вартість модуля складає 33 грн.

### 2.3 Розробка джерела живлення модулів та мікроконтролера

Після того як усі компоненти було обрано необхідно розробити схему електричну принципову. Головними критеріями є забезпечення живлення усіх модулів та захист від перепадів напруги під час запуску двигуна та роботи автомобіля. Для вирішення цієї задачі потрібно використовувати імпульсні перетворювачі напруги. В системі що розроблюється потрібно бути три рівня напруги, а саме 3,3 В, 5 В, 12 В. Також необхідно брати до уваги той момент, що бортова мережа легкового автомобіля та вантажного відрізняється, а саме напруга в бортовій системі автомобіля складає від 12 В до 14 В, а у вантажному – від 23 В до 25 В. Виходячи з цього потрібно розробити джерело живлення, яке буде працювати при великому діапазоні вхідної напруги.

Проаналізувавши пропозиції виробників імпульсних перетворювачів напруги було обрано мікросхему ST1S14 (рис. 2.9). Обраний перетворювач має назву DC/DC перетворювач і досить розповсюджений у електронних пристроях.

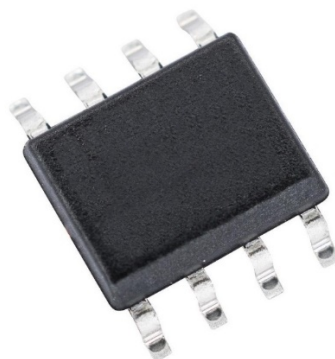


Рисунок 2.9 – DC/DC перетворювач ST1S14 [17]



системи. Так як не всі компоненти мають однаковий рівень рекомендованої вхідної напруги.

Вартість модуля перетворювача напруги буде складатися не тільки з вартості мікросхеми-перетворювача, але й з вартості усіх компонентів та друкованої плати. Перелік електронних компонентів модуля перетворювача напруги наведений у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Перелік електронних компонентів перетворювача напруги.

Позиційний номер	Назва компонента	Вартість, грн
R1 – R5	Резистор SMD 0805	25
C1, C2, C3, C4	Конденсатор SMD 0805	3
C5	Конденсатор SMD size B	15
VD1, VD2	Діод SMB	11
L1	Індуктивність SMD	45
U1	Мікросхема ST1S14	120
Всього		219

#### 2.4 Розрахунок вартості системи

Проведемо розрахунок вартості всіх необхідних елементів системи керування та контролю мікроклімату. Вартість кожного елемента наведена в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Вартість елементів системи

№	Назва елемента	Кількість, шт	Вартість, грн
1	Плата Arduino nano	1	300
2	Дисплей 2004 I2C	1	200
3	Модуль ESP-01S	1	79
4	Датчик DTH 22	1	158
5	Модуль годинника DS3231	1	125

## Продовження таблиці 2.9

№	Назва елемента	Кількість, шт	Вартість, грн
6	Датчик якості повітря CCS811	1	570
7	Модуль енкодера KY-040	1	33
8	Модулі живлення	3	657

Проведемо розрахунки вартості системи контролю доступу за формулою:

$$S = 300 + 200 + 79 + 158 + 125 + 570 + 33 + 657 = 2122 \text{ грн.}$$

Загальна вартість макету системи складає 2122 грн, за виключенням друкованих плат джерела живлення, які було замовлено на промисловому виробництві, а також дротів, припою та іншого.

## 2.5 Розробка схеми електричної принципової системи контролю мікроклімату

Для проектування схеми електричної принципової системи контролю мікроклімату було обрано програмне середовище Fritzing. На рис. 2.11 наведено головне вікно програмного забезпечення Fritzing.

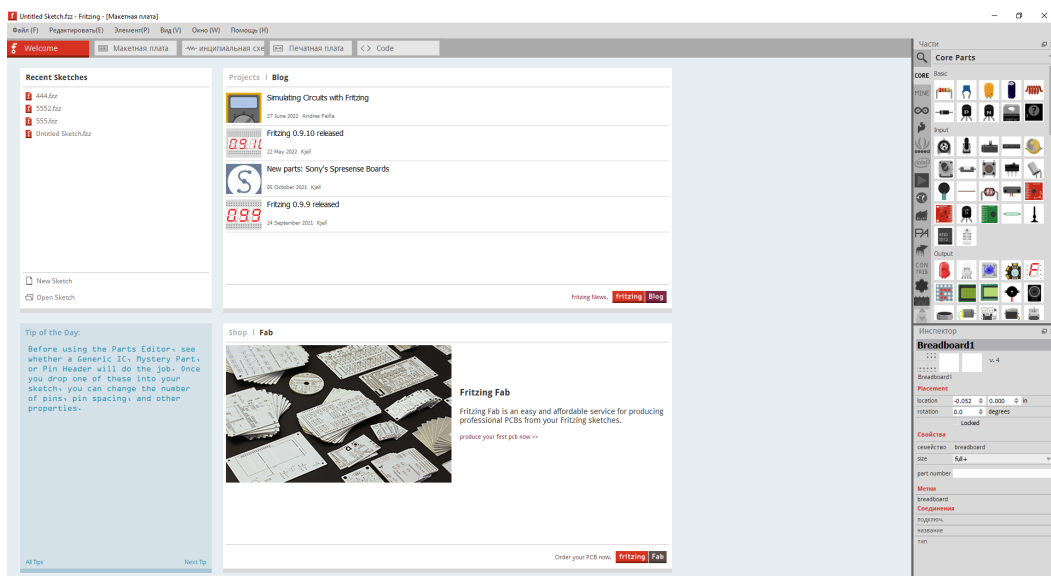


Рисунок 2.11 – Головне вікно Fritzing

Fritzing – це програма з відкритим кодом, розроблена для того, щоб полегшити процес прототипування та розробки проектів на базах популярних платформ таких як: Arduino, Raspberry Pi, ESP32 та багатьох інших. Для зручного відображення створені мініатюрні зображення реальних компонентів їх можливістю підключення дротів до їх виводів. Усі ці компоненти знаходяться у спеціалізованих бібліотеках. Базова версія програма має досить малий об'єм моделей у бібліотеці, тому необхідно завантажувати розширені з інтернет-ресурсів.

Обравши усі необхідні компоненти, потрібно розробити схему електричну принципову макету системи клімат контролю. Електрична принципова схема системи контролю доступу наведена на рис. 2.11.

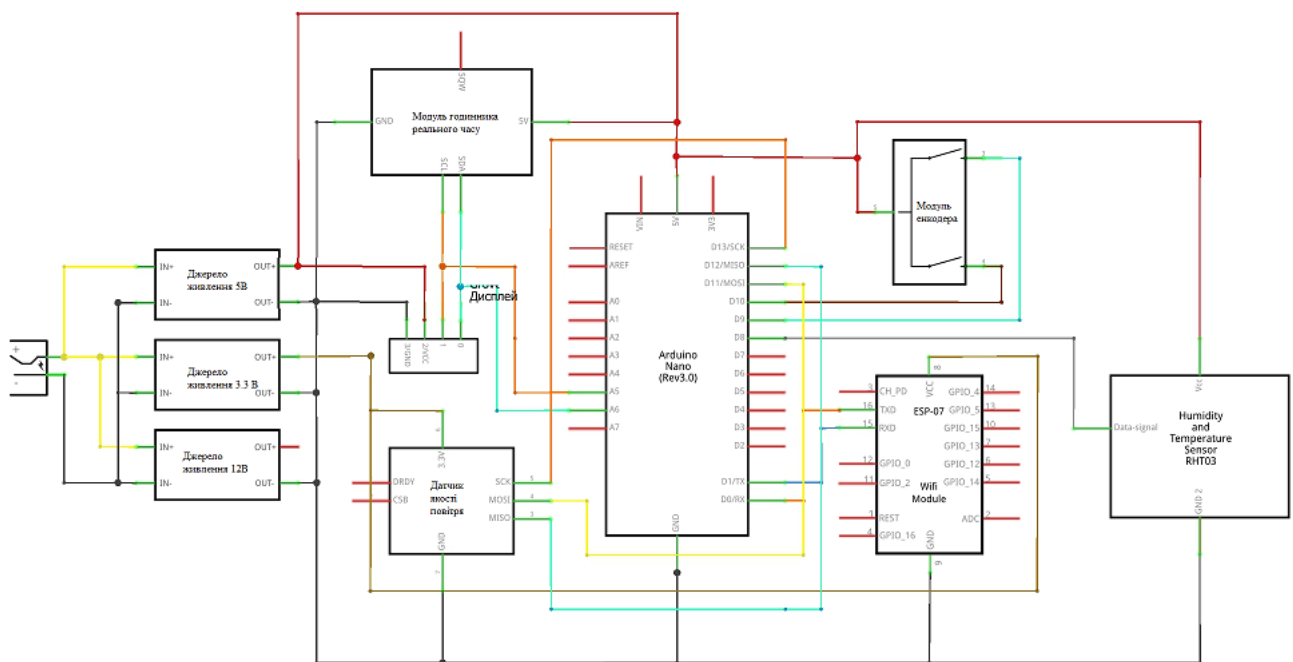


Рисунок 2.11 – Схема електрична принципова макету системи

Згідно розробленої схеми можна зробити висновок, що система вийде досить складною як з електричної точки зору так і з програмної.

На схемі третє джерело живлення не задіяно, воно потрібно для використання додаткових виконавчих модулів автомобіля, таких як: електромагнітні реле, двигуни та нагрівачі. У даній системі буде базовий варіант з можливістю розширення функціоналу.

Окрім схеми необхідно розробити друковану плату для модулів живлення, так як вони мають велику кількість компонентів, і використовувати навісний монтаж не досить зручно та практично.

## 2.6 Вибір середовища проектування друкованої плати

Для розробки та трасування друкованої плати модулів живлення використано пакет програмного забезпечення Diptrace.

DipTrace – багатофункціональна САПР з розробки електронних друкованих плат та схемотехнічної документації для проектів будь-якої складності, від ідеї до готового пристрою.

Дана програма автоматично проектує друковану і монтажну плату виробу за її електричною схемою, має великий вибір елементів близько 40 тисяч, можливість редагування елементів і корпусів; зручність і простота при її використанні значно економить час і кошти [18].

Програмний засіб включає в себе чотири програми:

- PCB Layout – засіб проектування плат зі зручним інтерактивним і автоматичним трасуванням;
- Schematic – програма створення принципівих схем з подальшою можливістю переведення їх в плати;
- ComEdit – редактор корпусів для друкованої плати;
- SchemEdit – редактор компонентів. Проектування символів схемотехніки і зв'язку їх з корпусами.

Робота супроводжується підсвічуванням редагованих об'єктів і пов'язаних з ними (в залежності від ситуації) для поліпшення наочного сприйняття плати або принципівих схеми. Редагування одного об'єкта веде за собою відповідні зміни пов'язаних з ним: система не допускає висячих в повітрі зв'язків або мереж, оскільки при побудові відразу створюється логічна структура принципівих схеми або плати, змінювати яку можна як в наочному режимі (малювання), так і вказуючи зв'язку в табличному вигляді.

Головною відмінністю цього ПЗ є простота та легкість у використанні, а також моделювання на рівні з професіональним ПЗ для розробки електроніки. Трасування друкованої плати виконано у розширені DipTrace PCB Layout. В результаті розробки отримано друковану плату з змішаним монтажем, а саме SMD.

## 2.7 Визначення масогабаритних параметрів компонування плати

Вихідними даними для розробки конструкції модуля з друкованим монтажем є:

- схема електрична принципова;
- умови експлуатації;
- геометричні розміри друкованої плати.

Усі вхідні дані елементів занесемо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Установлювальні характеристики конструктивних елементів модуля

Види елементів	Кількість елементів даного типу	Установлювальна площа елемента, мм <sup>2</sup>	Установлювальна площа всіх елементів, мм <sup>2</sup>	Маса одного елемента, г	Маса всіх елементів, г
Конденсатори C1-C4 (SMD)	4	15	60	2	8
Діоди VD1-VD2	2	24,5	49	10	20
Індуктивність L1	1	90	90	15	15
Резистори R2, R3	2	15	30	2	4
Резистор R1	1	22,2	22,2	5	5
Мікросхема U1	1	37	37	5	5
Конденсатор C5	1	26,6	26,6	8	8
Загалом	12	–	314,8	–	65

Розміщення усіх елементів виконано спираючись на те, що майже всі компоненти виконані в SMD корпусах типорозміру 0805, також розміщення

велосся таким чином, щоб розділити вхідний та вихідний контур. Плата розроблена двостороння, задля кращого відводу тепла від мікросхеми зроблено ряд перехідних отворів під нею.

Елементи розміщуються із застосуванням САПР таким чином, щоб забезпечити мінімальну довжину струмопровідних доріжок [19-20].

Площу плати  $S_n$  ми можемо визначити за формулою

$$S_n = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{K_n}, \quad (2.1)$$

де  $S_i$  – установлювальна площа елемента;

$K_n$  – коефіцієнт заповнення площі плати;

$n$  – кількість елементів  $i$ -го типу.

Коефіцієнт заповнення плати вибирається з таблиці 2.11, для нашого випадку він буде дорівнює 0.6 так як цей коефіцієнт вибирається з умов ТЗ, і в залежності від складу елементної бази, проаналізувавши яку, вибираємо дане значення. Вибір ще ґрунтується на мінімізації витраченого місця в модулі.

Таблиця 2.11 – Значення коефіцієнта заповнення площини друкованої плати

Характеристика елементної бази	3-го покоління	4-го покоління	5-го покоління	6-го покоління
Коефіцієнт заповнення	0,4...0,6	0,5...0,75	0,6...0,85	0,65...0,9

Підставимо відомі значення та обчислимо площину необхідну для модуля друкованої плати:

$$S_n = \frac{314,8}{0,6} = 524 \text{ мм}^2.$$

За результатом розрахунку формули (2.1) вибираємо розміри сторін плати, виходячи з рекомендацій нормативних документів, згідно з якими відношення розмірів сторін необхідне бути не більше 3:1, величина кожної сторони має бути кратною:

- 2,5 мм при довжині сторони до 100 мм;
- 5,0 мм при довжині сторони до 350 мм;
- 10 мм при довжині сторони понад 350 мм.

Товщину друкованого модуля вибираємо 1,5 мм. Вибір товщини ґрунтується на мінімізації та зміцнення друкованого модуля.

Розроблюваний друкований модуль буде мати наступні розміри: 60 мм × 22 мм × 1,5 мм.

В якості матеріалу для друкованого модуля було обрано склотекстоліт марки СФ-2-35Г-1,5.

Наступним кроком необхідно визначити вагу друкованої плати, за наступною формулою:

$$m_n = a \cdot b \cdot \Delta \cdot p, \quad (2.2)$$

де  $a, b, \Delta$  – довжина, ширина та товщина плати відповідно, м;

$p$  – густина матеріалу плати (для склотекстоліту  $p = 1,8 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$ ).

Підставимо значення:

$$m_n = 0,06 \cdot 0,022 \cdot 0,0015 \cdot 1,8 \cdot 10^3 = 0,003564 \text{ кг} = 3,5 \text{ г.}$$

Знаходимо масу модуля за формулою:

$$M_M = \sum_{i=1}^n m_{ie} + m_n, \quad (2.3)$$

де  $m_{ie}$  – загальна вага елементів встановлених на модулі;

$m_n$  – вага друкованої плати.

Підставляємо дані у формулу (2.3):

$$M_M = 65 + 3,5 = 68,5 \text{ г.}$$

Таким чином було визначено масогабаритні розміри друкованого модуля.

Установлювальний об'єм друкованого модуля обчислюється за формулою:

$$V_{ni} = S_{ni} \cdot (h_{0i} + h_i), \quad (2.4)$$

де  $S_{ni}$  – площа друкованої плати,  $\text{мм}^2$ ;

$h_i$  – найбільша висота елемента, встановленого на платі,  $\text{мм}$ ;

$h_{0i}$  – найбільший розмір обрізки елемента, встановленого на платі,  $\text{мм}$ .

Найбільшим елементом із-за своїх конструктивних особливостей є конденсатор С5.

Підставив данні отримаємо:

$$V_{ni} = 524 \cdot (0 + 18) = 9432 \text{ мм}^3.$$

Після отриманих розрахунків маємо характеристики розроблювального модуля, які представлені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Характеристики розроблювального модуля

Найменування вузла	Габаритні розміри, мм	Установлювальний об'єм, $\text{мм}^3$	Маса, г
Друкований модуль	$60 \times 22 \times 1,5$	9432	68,5

У результаті проектування та розрахунків було розроблену друковану плату, яка наведена на рис. 2.12.

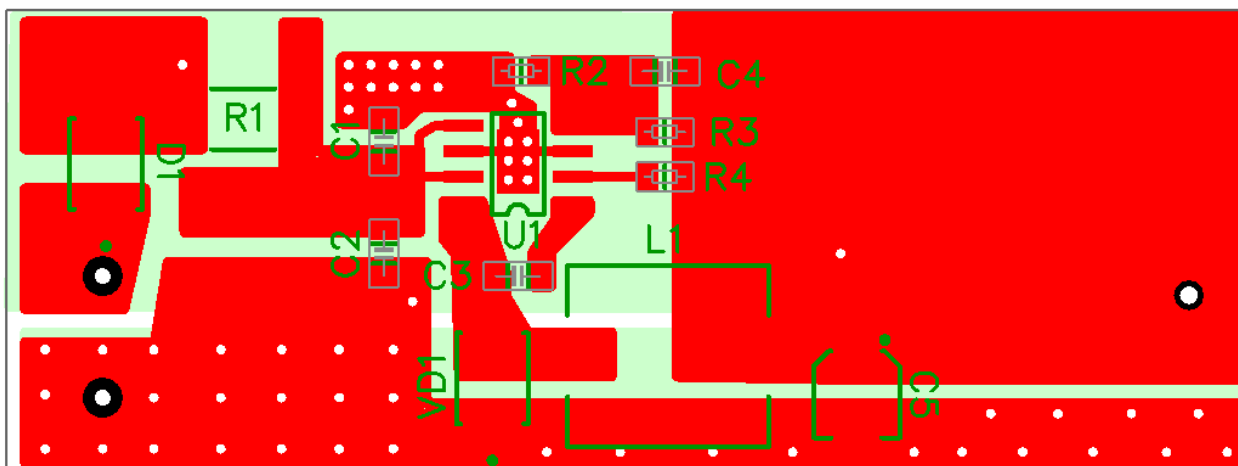


Рисунок 2.12 – Трасування друкованої плати модулю живлення

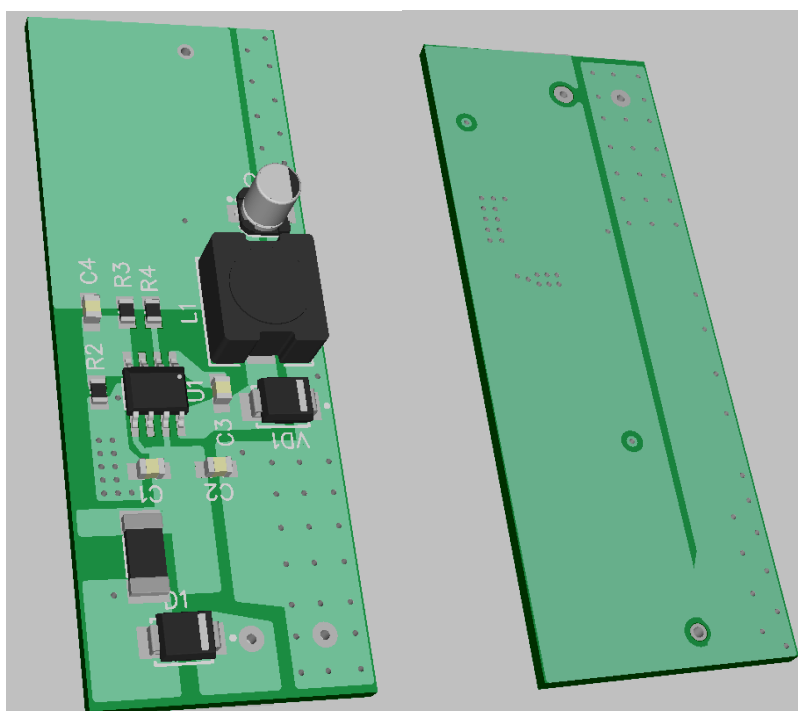


Рисунок 2.13 – 3D вигляд друкованого модулю

Друкована плата модулю виконана із склотекстоліту з одностороннім шаром провідника (міді). Такий вибір було зроблено для того, аби спростити виготовлення друкованої плати її монтаж та загальну ціну виробу [21].

Плата виготовляється з фольгованого склотекстоліту марки СФ-2-35Г-1. Даний матеріал має наступні характеристики:

- питомий поверхневий опір;

- міцність відділення смужки 3 мм фольги від діелектричної основи  $\sigma = 4,01 \text{ Н}$ ;
- діапазон робочих температур  $t = -60 \text{ }^\circ\text{C} - 120 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- коефіцієнт теплопровідності  $0,25 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ;
- температурний коефіцієнт лінійного розширення  $1/\text{К}$ .

Для виготовлення друкованої плати використовується хімічний метод за субтрактивною технологією. Сутність цього методу полягає у виборчому травленні незахищених ділянок фольги.

Перевагою цього методу є доступність механізації і автоматизації виробництва і високу якість отримуваної друкованої плати [24]. Параметри провідного рисунку друкованої плати:

- ширина провідника –  $0,45 \text{ мм}$ ;
- відстань між провідниками –  $0,2 \text{ мм}$ ;

З огляду на середню щільність рисунка друкована плата виготовляється за 2 класом точності і характеризується наступними параметрами рисунка:

- мінімальна ширина провідника  $0,45 \text{ мм}$ ;
- мінімальна відстань між провідниками  $0,2 \text{ мм}$ .

Внаслідок середньої щільності малюнка друкованої плати і виготовлення її по 2 класу точності, крок координатної сітки вибираємо рівним  $2,5 \text{ мм}$ .

## 2.8 Розробка корпусних частин системи клімат контролю

Для забезпечення захисту від зовнішніх впливів, а також для зручного користування було розроблено корпус у якому поміщено усі складові компоненти.

Для створення 3D-моделей і проектування деталей корпусної частини макета було обрано САПР SolidWorks 2017. Ця конструкторська система твердотільного параметричного моделювання машинобудівних конструкцій спеціально розроблена для використання на персональних комп'ютерах під управлінням операційної системи Windows. Дана програма дуже зручна та зрозуміла у використанні, стандартний графічний користувальницький інтерфейс Windows і засоби твердотільного параметричного моделювання

дозволяють створювати тривимірні моделі деталей, складальні одиниці, генерувати кресленики, значно знижуючи терміни проектування та зменшуючи час усієї роботи.

Усі деталі, що будуть спроектовані, будуть друкуватися на 3D-принтері пластиком ABS. Розроблена модель корпусу для виконавчого модулю наведена на рис. 2.13 – рис. 2.15.



Рисунок 2.13 – Передня панель пристрою

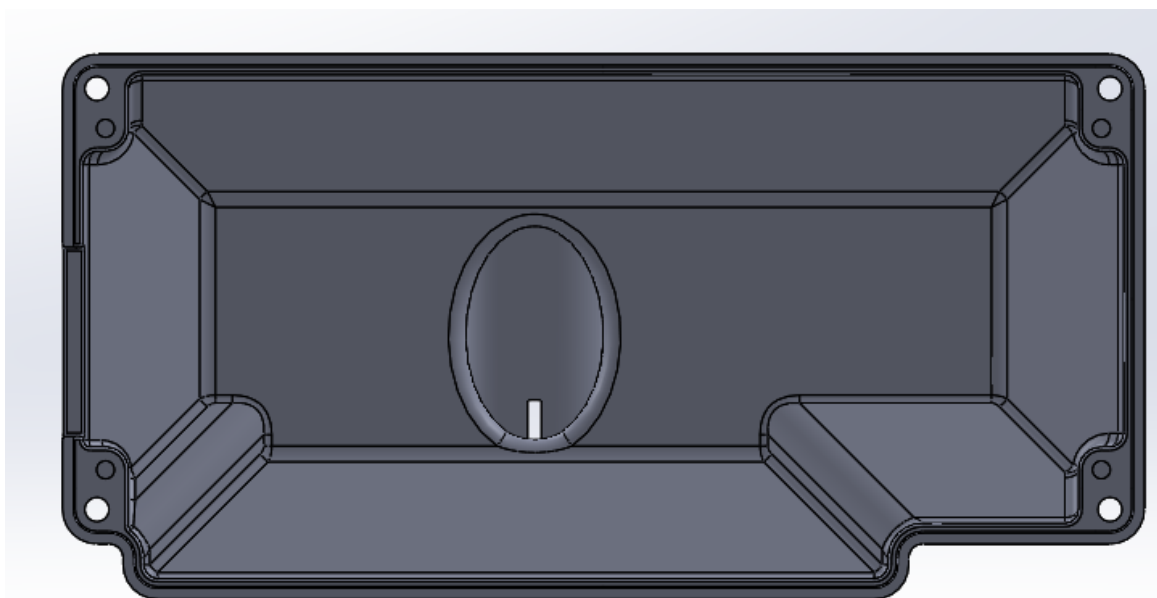


Рисунок 2.14 – Задня частина корпусу (кришка)

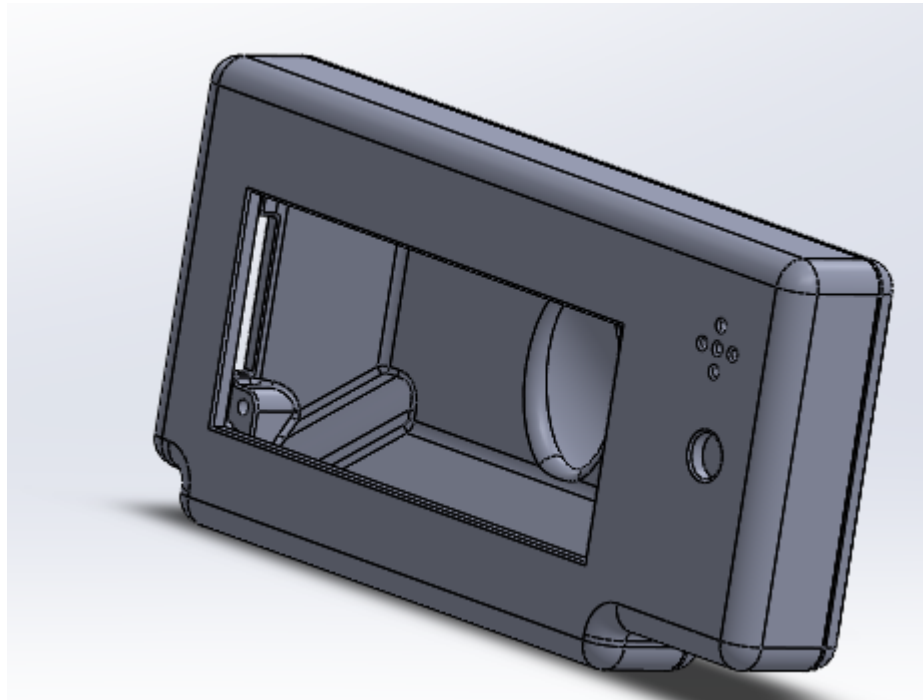


Рисунок 2.15 – 3D модель зібраного корпусу

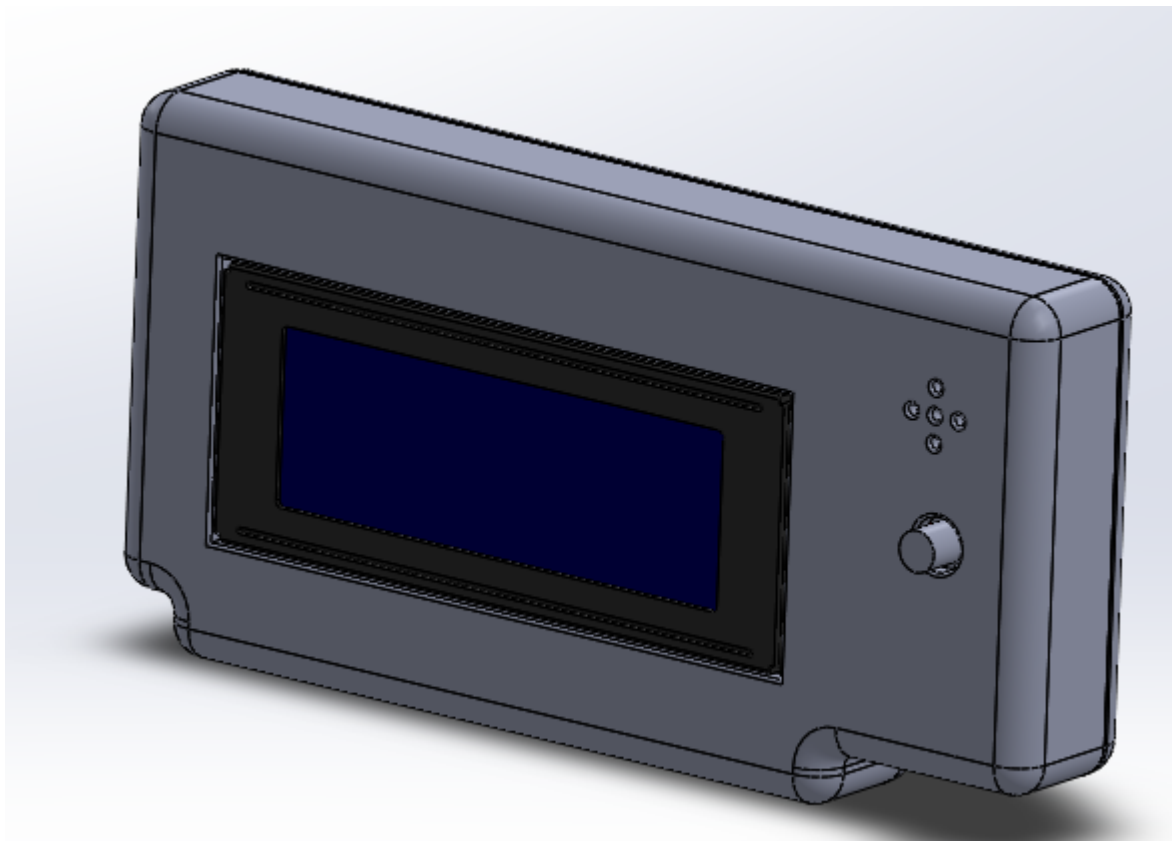


Рисунок 2.16 – 3D модель зібраного корпусу з встановленою електронікою

## 2.9 Висновки до розділу 2

У другому розділі обґрунтовано вибір електронних компонентів та розраховано вартість компонентної частини. Проведено розробку схеми електричної принципової всієї системи, а також модулів живлення.

Розроблено друковану плату модулів живлення та розраховано основні параметри.

Розроблено корпусні елементи пристрою, з урахуванням ергономіки та зручності використання готової системи.

## **3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ДОСЛІДНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СИСТЕМИ**

### **3.1 Розробка алгоритму роботи системи контролю мікроклімату**

Перед початком розробки програми керування необхідно розробити алгоритм роботи усієї системи.

Перший алгоритм описує роботу системи в автоматичному режимі, а саме завантаження мікроконтролера, ініціалізація датчиків та дисплею, отримання поточної інформації, керування мікрокліматом.

На рис. 3.1 наведена схема алгоритму ініціалізації системи та подальших процесів в автоматичному режимі.

Цей алгоритм має одне розгалуження, яке дозволяє розділяти програму на дві лінії, а саме автоматичний режим роботи та ручний. На цьому алгоритми показано як працює пристрій в режимі очікування, тобто коли опалення чи охолодження салону автомобіля вимкнено.

Другий алгоритм описує режим автоматичної роботи системи, а саме отримання даних с датчиків, порівняння інформації із запрограмованими уставками та керування заслінками та електродвигуном вентилятора. Цей алгоритм циклічний.

Третій алгоритм описує «ручний» режим роботи системи, а саме отримання даних с датчиків, порівняння інформації із тими які задав користувач або водій та керування заслінками та електродвигуном вентилятора. Цей алгоритм циклічний.

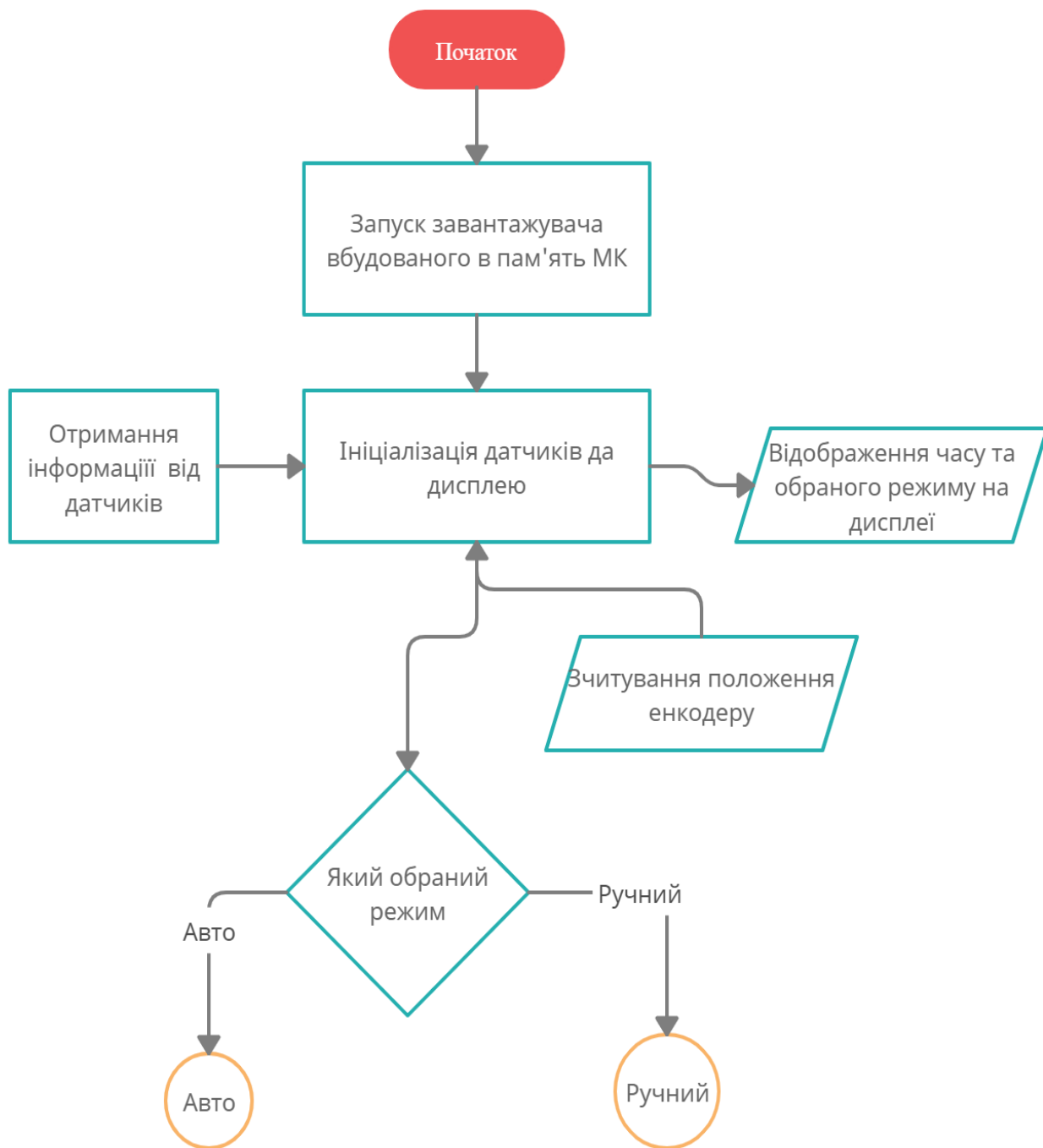


Рисунок 3.1 – Алгоритм роботи системи в режимі очікування

На рис. 3.2 наведена схема алгоритму автоматичного режиму роботи.

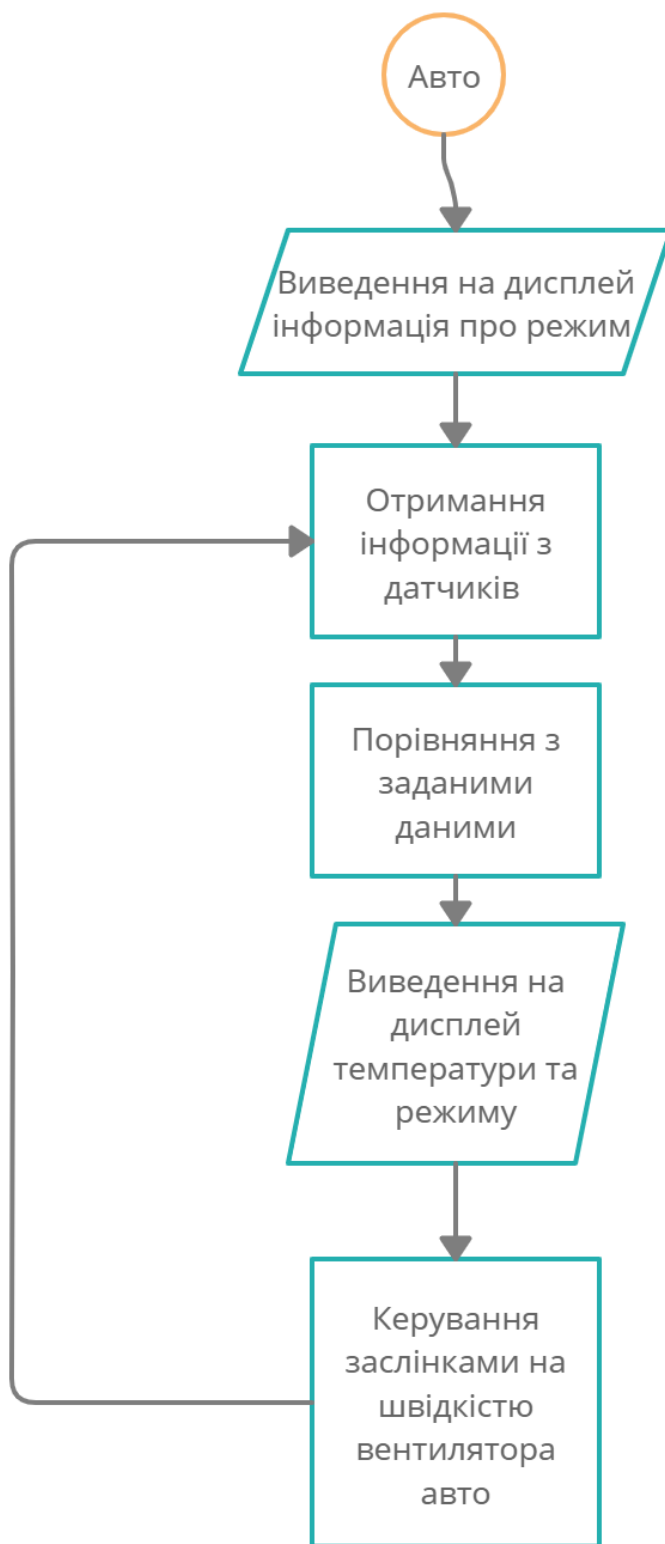


Рисунок 3.2 – Короткий алгоритм роботи режиму «авто»

На рис. 3.3 наведена схема алгоритму ручного режиму роботи.

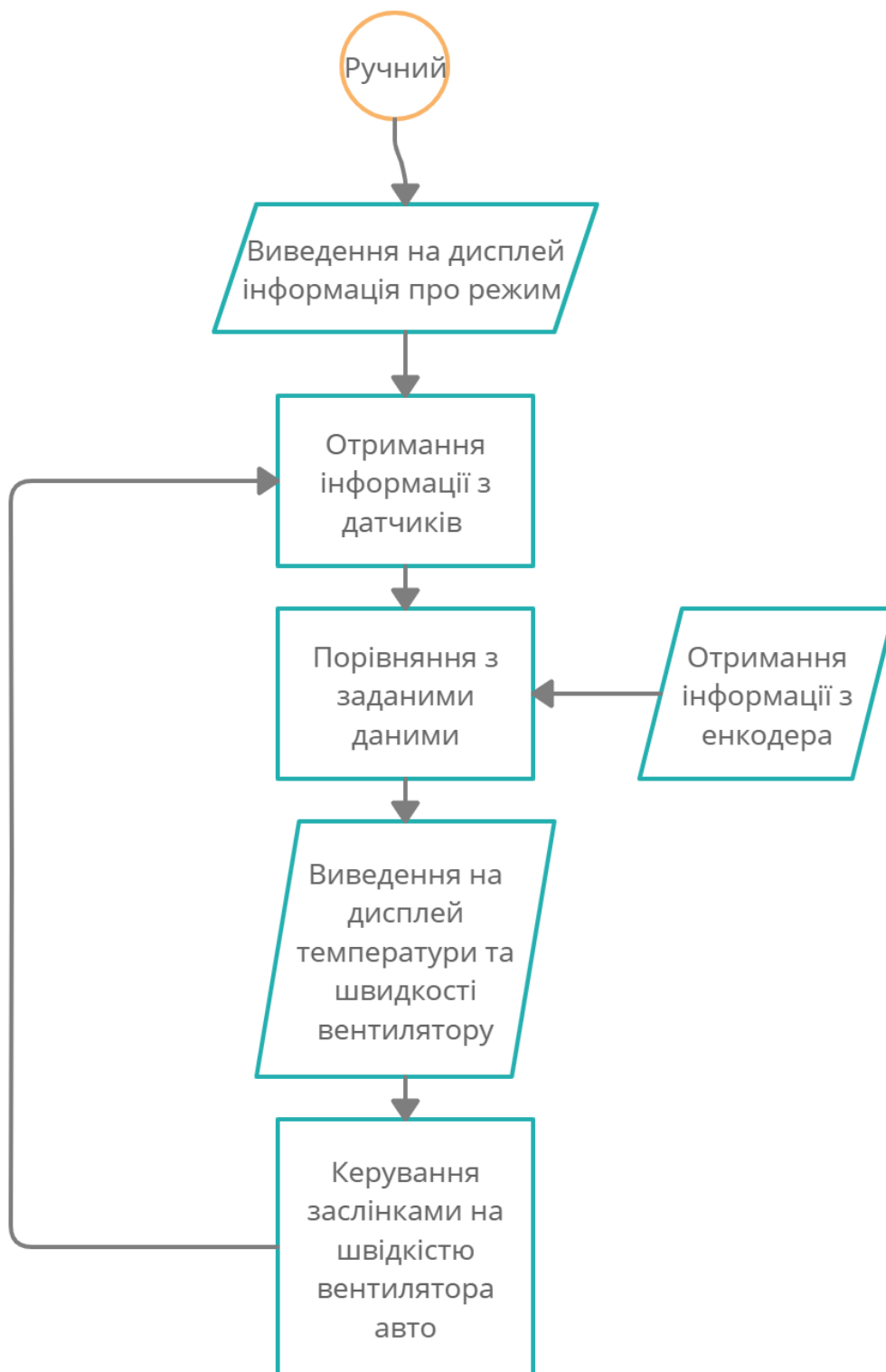


Рисунок 3.3 – Короткий алгоритм роботи режиму «ручний»

### 3.2 Розробка програмного коду керування системою

Плата Arduino nano є частиною сімейства плат Arduino, тому для спрощення задачі написання програми керування було обрано середовище розробки Arduino IDE (рис. 3.4). Середовище розробки Arduino складається з вбудованого текстового редактора програмного коду, області повідомлень, вікна виведення потокової (консолі), панелі інструментів з кнопками часто використовуваних команд і декількох меню.

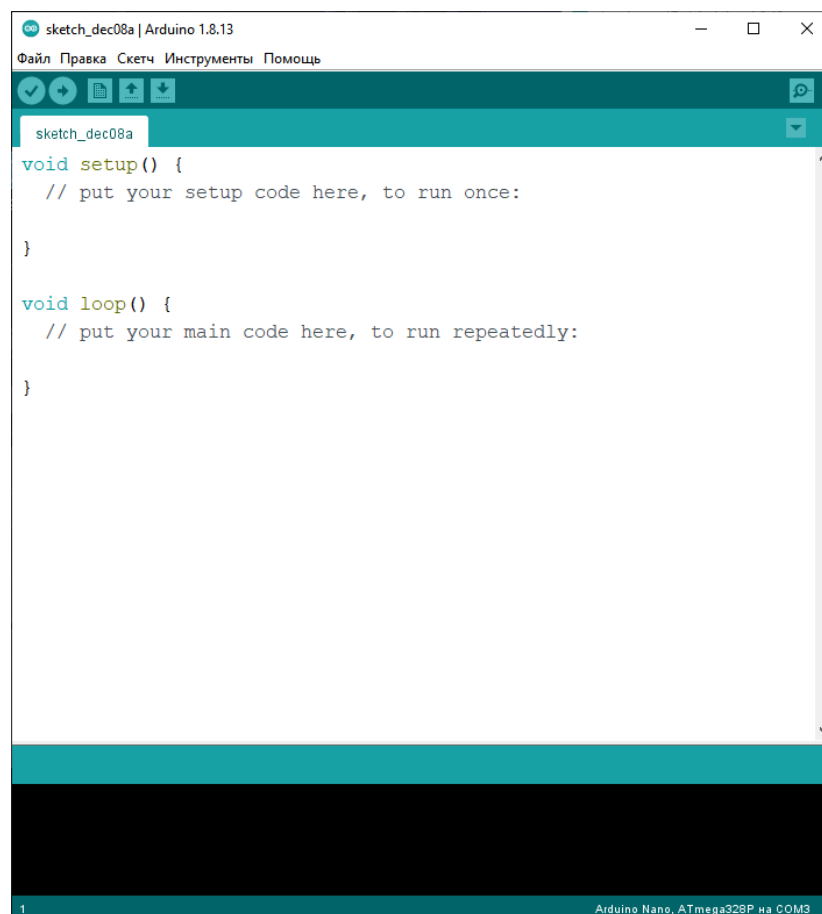


Рисунок 3.4 – Головне вікно середовища програмування Arduino IDE

Програма, яка є написана в середовищі програмування Arduino IDE, називається скетчем. Скетч пишеться в текстовому редакторі, що має інструменти стандартні інструменти навігації по тексту. Під час збереження та експорту проекту в області повідомлень з'являються пояснення, є можливість відображення помилок в програмному кодї. А також можливих варіантів вирішення. Кнопки панелі інструментів дозволяють перевірити і записати

програму, створити, відкрити або зберегти скетч, відкрити моніторинг послідовної шини:

- Verify/Compile – перевірка програмного коду на помилки, проведення компіляції;
- Stop – зупинка моніторингу послідовної шини;
- Open – відкриття меню доступу до всіх скетчей в записнику;
- Upload to I/O Board – компіляція програмного коду, завантаження його в пристрій МК.

Середовище програмування дозволяє працювати з декількома файлами скетчів (кожен відкривається в окремій закладці). Файли коду можуть бути стандартними Arduino (без розширення), файлами C (розширення \*.c), файлами c++ (\*.cpp) або головними файлами (.h).

Для того, щоб завантажити написаний програмний код до мікроконтролера необхідно під'єднати плату до комп'ютера за допомогою USB-шнура, вибрати необхідну модель та конфігурацію плати (рис. 3.5), обрати активний COM-порт та натиснути кнопку завантаження.

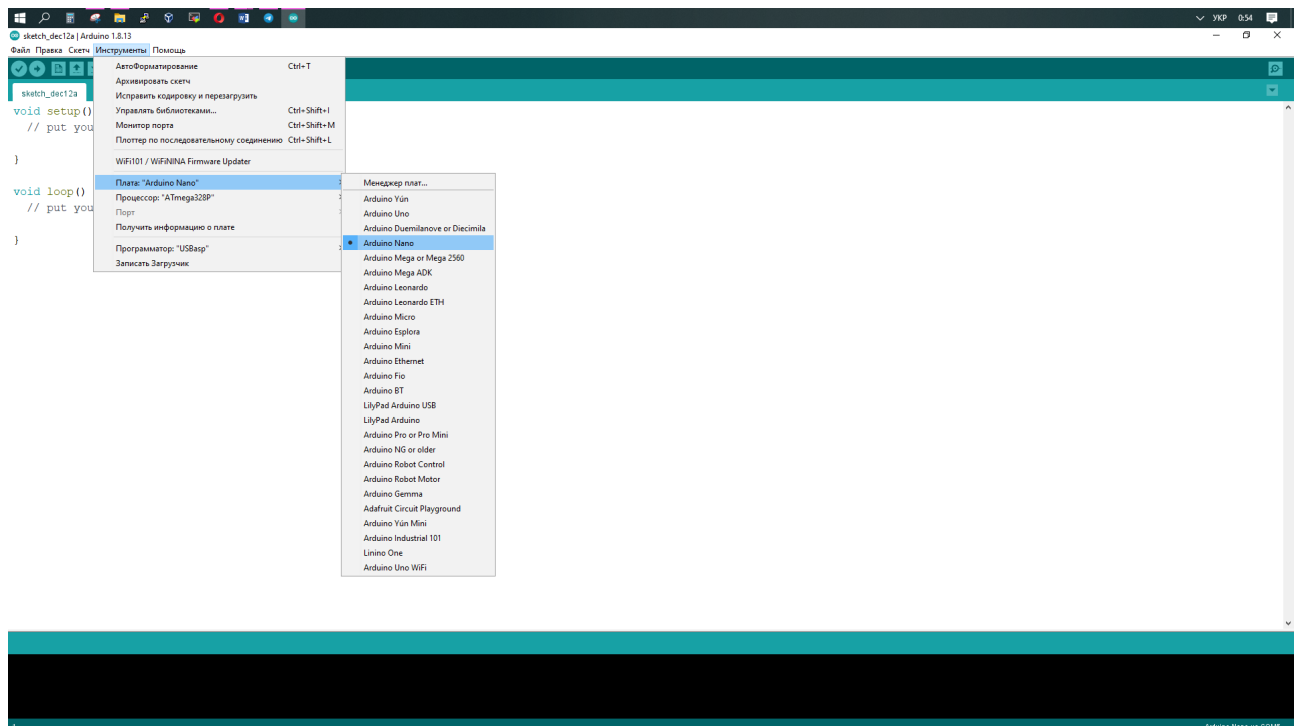


Рисунок 3.5 – Налаштування моделі та конфігурації плати

Сучасні платформи Arduino перезавантажуються автоматично після завантаження. На старих платформах необхідно натиснути кнопку перезавантаження, що знаходить на самій друкованій платі. На більшості плат під час процесу будуть миготіти світлодіоди RX і TX. Середовище розробки Arduino виведе повідомлення про закінчення завантаження або про помилки.

При завантаженні скетчу використовується завантажувач (Bootloader) Arduino, невелика програма, що завантажується в мікроконтролер на платі. Вона дозволяє завантажувати програмний код без використання додаткових апаратних засобів. Завантажувач (Bootloader) активний протягом декількох секунд при перезавантаженні платформи і при завантаженні будь-якого з скетчів в мікроконтролер. Робота завантажувача (Bootloader) розпізнається по миготінню вбудованого світлодіоду. Через використання завантажувача плати Arduino мають один суттєвий недолік – основна програма запускається після завантажувача, що робить використання Arduino не дуже популярним у промислових проектах.

Однак існує спосіб використання Arduino без завантажувача. Для цього потрібно мати спеціальний пристрій – програматор. Це пристрій, який записує машинний код у пам'ять мікроконтролера.

В середовищі ArduinoIDE можна отримати машинний код написаної програми, в такому випадку середовище буде відігравати роль компілятора та перетворювати зрозумілий людині програмний код на послідовність нулів та одиниць.

Після написання коду необхідно провести його перевірку, а потім натиснути кнопку «Експорт бінарного файлу» (рис. 3.6) і в результаті отримаємо два файли (рис. 3.6), один із них містить завантажувач, а другий – «чистий» машинний код.

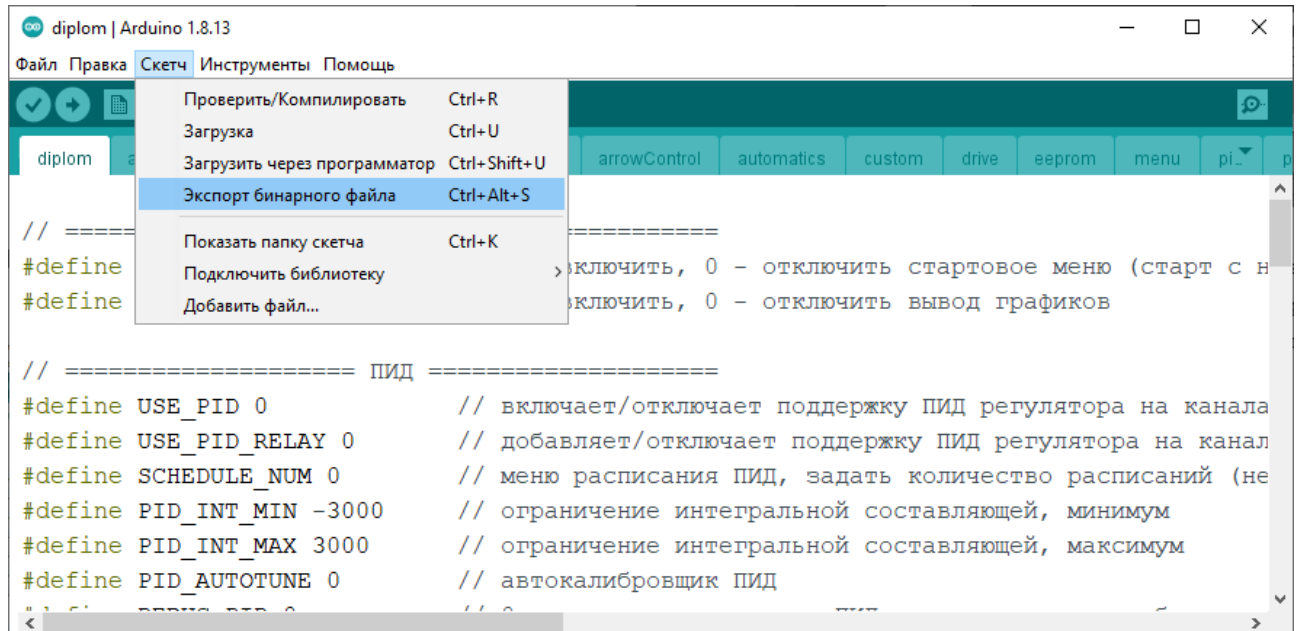


Рисунок 3.6 – Контекстне меню програми

Розробивши алгоритм роботи системи маємо уявлення про роботу усього пристрою. Так як було розроблено три алгоритми, можна зробити висновок, що програма буде складатися як мінімум із трьох частин, але в нашому випадку частин буде значно більше, через те що потрібно правильно описати процес регулювання температури та обертів вентилятора, а також зробити гарний зовнішній вигляд.

За допомогою директиви `#define` створюємо змінні, які будуть використовуватися протягом усього програмного коду.

```
#define START_MENU
#define USE_PLOTS 0
#define USE_PID 1
#define USE_PID_RELAY
#define PID_INT_MIN -3000
#define PID_INT_MAX 3000
#define PID_AUTOTUNE 0
#define DEBUG_PID 0
#define SHOW_INTEGRAL 1
#define ENCODER_TYPE 1
#define ENC_REVERSE 1
```

```
#define CONTROL_TYPE 1
#define FAST_TURN 1
#define FAST_TURN_STEP 10
```

У наведених директивах збережені усі основні змінні для налаштування роботи макету, такі як: увімкнення ПІД регулятора, налаштування контактів до яких підключений енкодер, максимальне та мінімальне значення інтегруючої складової ПІД регулятора, і т. д. Наступний фрагмент програного коду наведено нижче:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_ADDR, 20, 4);
```

У даному фрагменті відбувається підключення бібліотек Wire.h, LiquidCrystal\_I2C.h, та створення об'єкту дисплею з відповідним адресом. Наступ етапом програми є функція void setup(), у ній описуються необхідні порти та змінні. Після неї йде функція void loop(), яка являє собою нескінченний цикл. Фрагмент програмного коду наведено нижче:

```
backlTick();
controlTick();
plotTick();
readAllSensors();
driveTick();
```

У цій частині програмного коду відбувається виклик створених функцій, які дозволяють злагоджено працювати системі.

```
#if (USE_PID_DRIVE == 1)
void tickPWM(byte ch, bool &flag, uint32_t &tmr) {
    activeChannel = loadChannel(ch);
    if (activeChannel.mode == 4 && !serviceFlag) {
        if (millis() - tmr >= (flag ? PWMactive[ch] : (PWMperiod - PWMactive[ch])))
    {
        tmr = millis();
        flag = !flag;
```

```

    digitalWrite(relayPins[ch], flag ^ activeChannel.direction);
  }
}
}
#endif

```

У цьому відрізку програмного коду описується процес керування виконавчим пристроєм за допомогою ШІМ сигналу який побудований на основі обчислених даних ПІД регулятора.

### 3.3 Опис роботи системи

Система після ініціалізації знаходиться в режимі очікування, на дисплей виведено поточний час та надпис «вимкнено». Після того як користувач почне обертати ручку енкодера у будь-яку сторону, на екрані з'явиться перелік режимів, які можна вибирати за допомогою обертання ручки енкодера. Якщо режим не було обрано то через 10 секунд систему знову повертається до режиму очікування.

Підтвердження вибору режиму здійснюється за допомогою натискання на ручку енкодера, так як він має вбудовану кнопку. Окрім режимів роботи системи також присутні наступні пункти меню:

- налаштування дати та часу;
- налаштування коефіцієнту плавності корегування в режимі «авто»;
- відображення поточних значень вологості повітря;
- відображення поточного значення концентрації шкідливих речовин у повітрі;
- налаштування аварійної сигналізації у разі перевищення вмісту шкідливих речовин;
- очистити пам'ять EEPROM.

У пам'яті пристрою будуть зберігатись усі налаштування які зробив користувач, а при скиданні – пристрій повертається до початкових налаштувань, які були задані під час програмування.

Під час вибору цього режиму «авто» система стає повністю автоматичною. Спочатку відбувається отримання даних від датчиків, інформація аналізується, проходить фільтрацію задля зменшення шуму та помилкових значень. Наступним етапом отримана інформація порівнюється із запрограмованою та передає рішення на модуль ПД-регулятора. Модуль ПД-регулятора на основі отриманих даних регулює положення заслінок пічки або кондиціонера автомобіля, а також плавно змінює оберти вентилятору. Ще одним із головних датчиків є датчик температури охолоджувальної рідини, на основі даних отриманих з нього система розуміє на скільки сильно потрібно відкривати заслінки та яку кількість обертів встановити. Якщо температура охолоджувальної рідини більше за 60 °С, то ПД-регулятор включає максимальне відкриття заслінок та максимальну швидкість вентилятору, задля того щоб швидше нагріти повітря в середині автомобіля. Після того як температура в салоні почала підійматись, ПД-регулятор поступово зменшує оберти вентилятора та підтримує комфортну температуру в салоні авто. У літній період часу все відбувається так само окрім того, що система керує блоком кондиціонера автомобіля, якщо він є, а також працює в оберненому вигляді – на зменшення температури повітря в салоні автомобіля.

Якщо обрано режим ручний, то система виводить на екран значення температури та швидкості вентилятору. Початкове значення зберігається з моменту останнього користування. Існують обмеження стосовно температури, а саме: температура не може бути менше 17 °С та не вище ніж 30 °С. Такі границі задані базуючись на комфортну для людини температуру. При обертанні ручки енкодера починає змінюватись температура, обертання праворуч – підвищення температури, обертання вліво – зменшення. Якщо натиснути на ручну енкодера та почати його обертати, то почне змінюватись швидкість вентилятора. Значення швидкості наведені у відсотках, 0 % – зупинка вентилятору, а 100 % – повна потужність. Регулювання відбувається плавно, ПД-регулятор отримує поточно інформацію з датчика температури та плавно регулює величину відкриття заслінки для підтримання заданої температури.

### 3.4 Налаштування системи контролю мікроклімату

Після того, як було проведено розробку програмного забезпечення необхідно зробити калібрування датчика температури, а також датчику концентрації шкідливих речовин.

Обраний тип датчику температури та вологості має заводське калібрування, але через низьку якість збірки досить часто виходить так що інформація про температуру може бути не вірною. Для того щоб перевірити правильність вимірюваних даних необхідно зібрати наступний макет рис. 3.7.

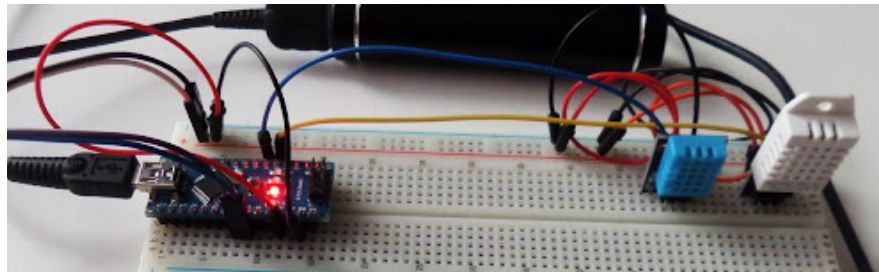


Рисунок 3.7 – Макет для тестування датчику вологості і температури.

На рисунку два датчики, це дуже схожі за конструкцією датчики, але мають різні вимірювальні елементи у своїй будові. Для перевірки та калібрування було написано простий програмний код який наведено нижче.

```
#include "DHT.h"
#define DHT1PIN 2
#define DHT2PIN 4
#define DHT1TYPE DHT11
#define DHT2TYPE DHT22
DHT1 dht(DHT1PIN, DHT1TYPE);
DHT2 dht(DHT2PIN, DHT2TYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("DHTxx test!");
  dht.begin();
```

```

}
void loop() {
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    return;
  }
  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" *C ");
  Serial.print(f);
  Serial.print(" *F\t");
}

```

Цей програмний код дозволяє отримувати інформацію з датчиків та виводити її у монітор порту. На рис. 3.8 наведено результат роботи програмного коду та отримані дані.

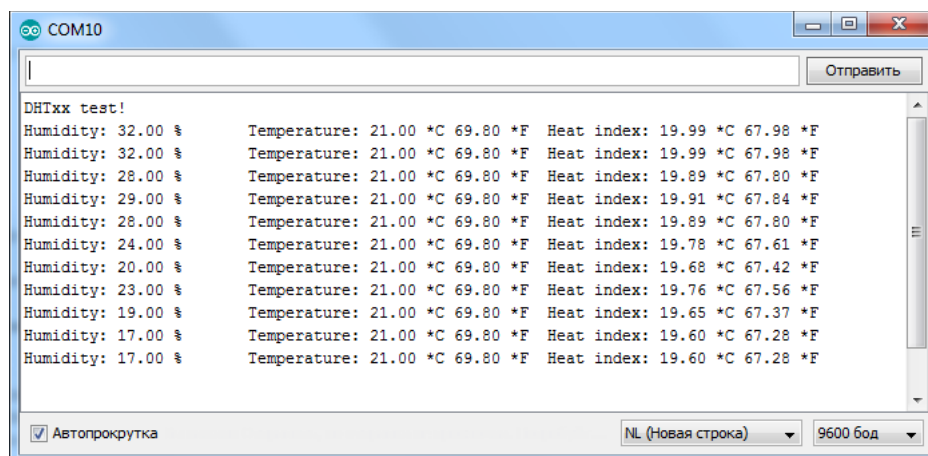


Рисунок 3.8 – Вікно порту

Такий спосіб дозволяє отримувати інформацію у реальному часі, але зчитування її не дуже зручне. Додаємо дисплей для зручного виводу інформації. На рис. 3.9 наведено результат роботи.

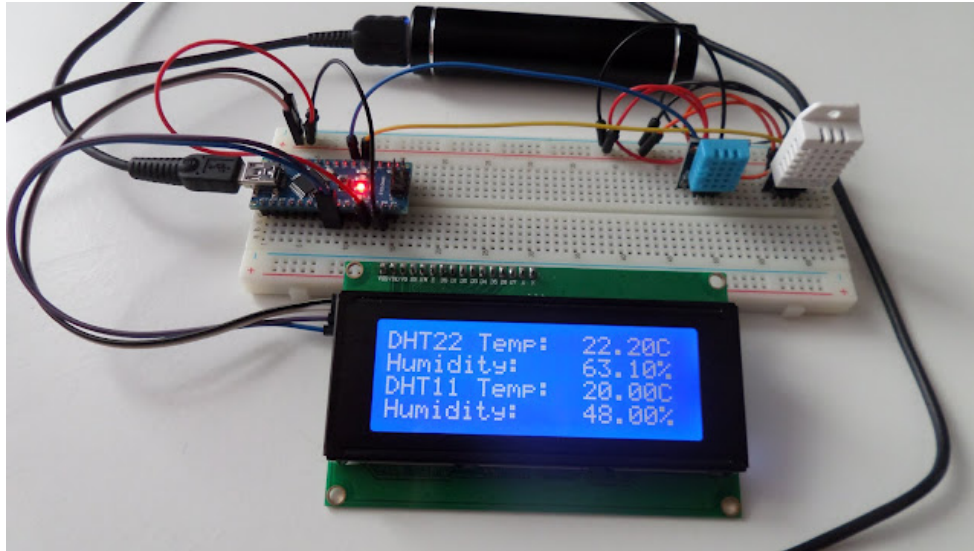


Рисунок 3.9 – Результат роботи стенда тестування датчиків

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що температура та вологість відрізняються у обох датчиків. Порівнявши із портативним гігрометром стало зрозуміло, що більш правильним буде датчик DHT 22, але його данні мають деяку не точність. Через це необхідно враховувати це при остаточному програмуванні системи, необхідно додати коригувальний коефіцієнт до значень, які надходять із датчика.

Під час проведення експериментів із датчиком температури також було проведення налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора, а саме коефіцієнтів P, I та D. На рис. 3.10 наведено графік температури при не налаштованому регуляторі.

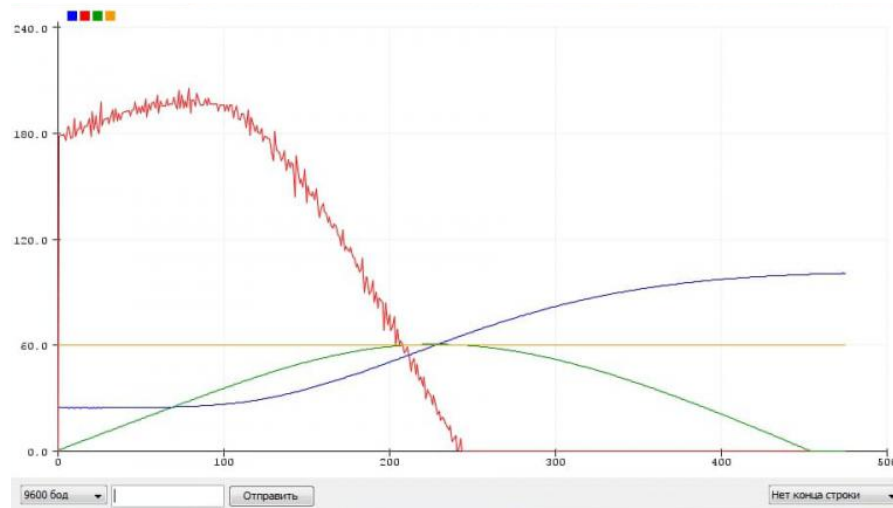


Рисунок 3.10 – Графік роботи не налаштованого ПІД-регулятора

На цьому графіку: червона лінія – це величина відкриття заслінки гарячого повітря, графік не рівномірний через те, що на привід відкриття подається ШІМ-сигнал; жовта лінія – температура яка задана; синя лінія – реальна температура, зелена лінія – показання датчику у вигляді терморезистора. Як видно з графіку такий процес регулювання буде нагрівати повітря в салоні авто, але через інерційність датчику та не конструкційні особливості системи опалювання в салоні авто – заслінка швидко відкрилась і швидко закрилась, а температура нерівномірно підвищилась та перевищили заданий рівень.

Проаналізувавши отримані результати було зроблено корегування коефіцієнтів ПІД-регулятора, отримано нові графіки роботи системи контролю мікроклімату під час нагрівання повітря (рис. 3.11 – рис. 3.15).

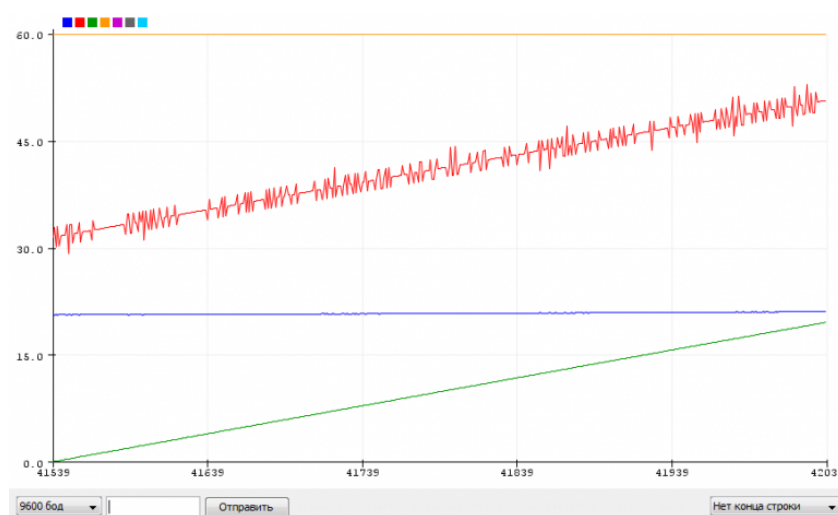


Рисунок 3.11 – Початок роботи системи

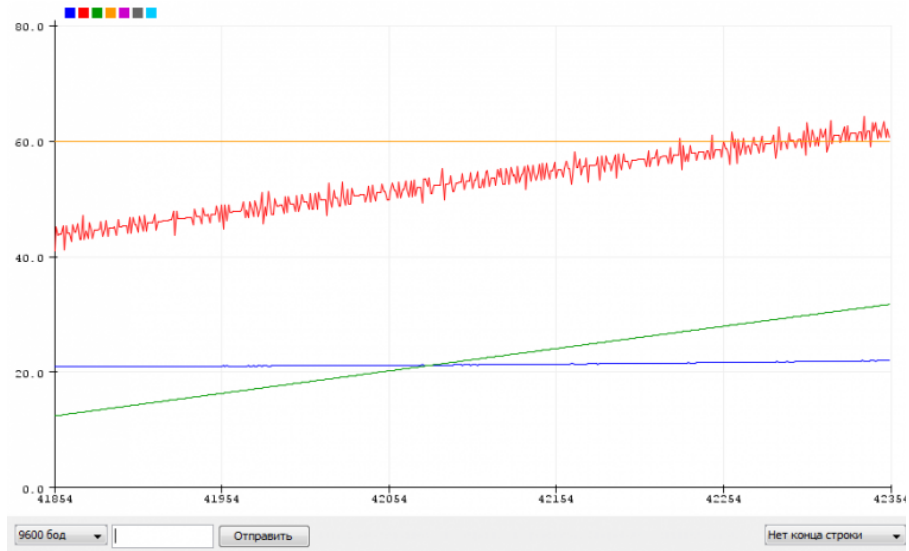


Рисунок 3.12 – Поступове підймання температури

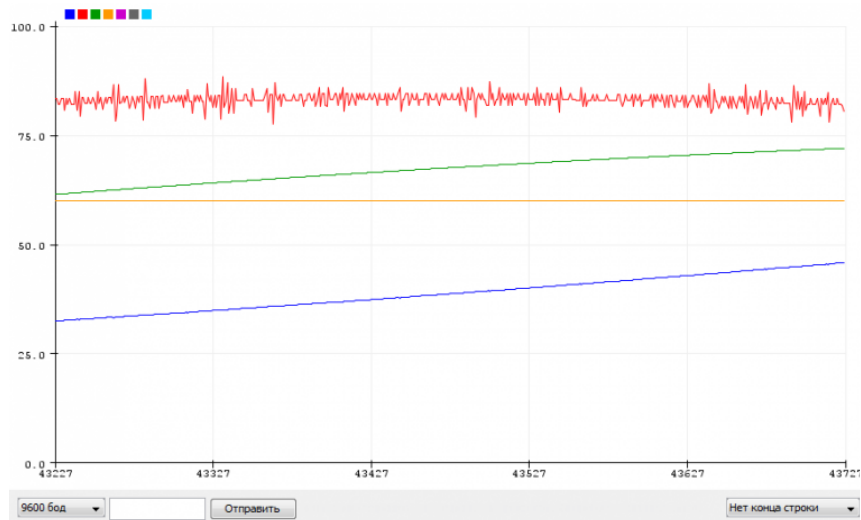


Рисунок 3.13 – Початок роботи ПД-регулятора

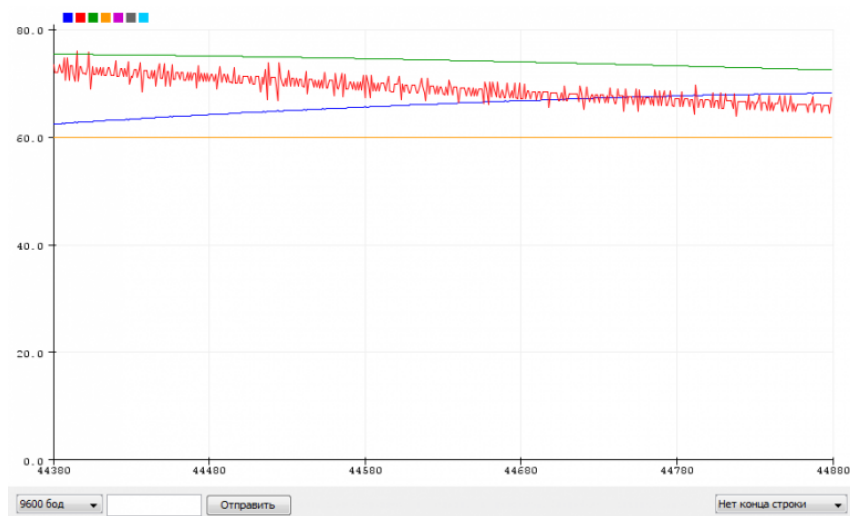


Рисунок 3.14 – Регулювання ШІМ-сигналу керування заслінкою

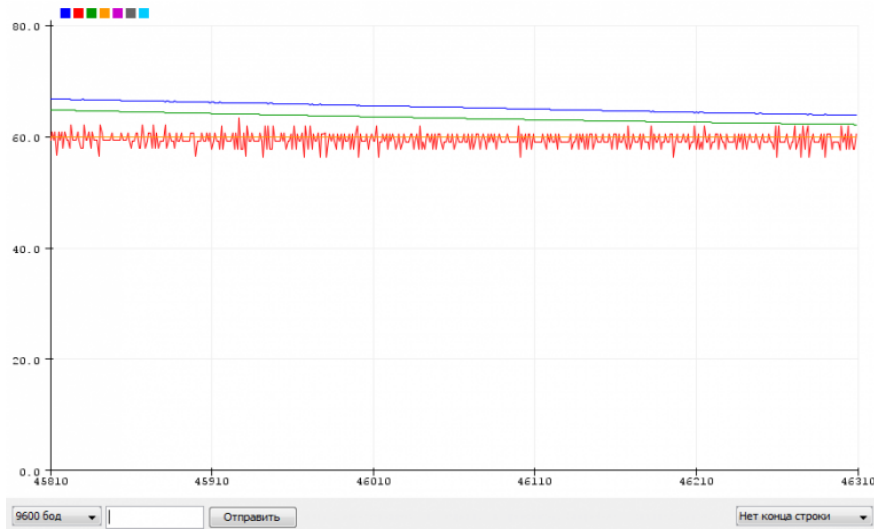


Рисунок 3.15 – Стабілізація температури ПІД-регулятором

### 3.5 Висновки до розділу 3

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було побудовано алгоритми роботи системи, а саме алгоритми в режимі очікування, в режимі «авто» та в режимі «ручний».

Обрано середовище програмування та описано його можливості. Розроблено програмний код керування системою контролю доступу. Описано деякі ключові моменти у програмному коді.

Проведено експериментальне дослідження, у якому виявлено, що датчики температури та вологості мають суттєві відмінності у показаннях, а також визначено необхідність використання коригуючого коефіцієнту для визначення точної температури та вологості повітря.

Детально описано роботу системи, описано усі пункти меню та їх можливості. Описано процес роботи ПІД-регулятора та отримання ним даних. Окрім цього проведено експериментальне дослідження з визначення коефіцієнтів та налаштування ПІД-регулятора, наведені графіки до налаштування та після.

## 4 КОНСТРУКЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ В САЛОНІ АВТОМОБІЛЯ

### 4.1 Розрахунок показників надійності модуля

Надійність модулю для системи контролю мікроклімату є:

- безвідмовність;
- довговічність;
- стійкість до температур;
- вібростійкість;
- ремонтпридатність.

Дані вимоги висуваються ще на стадії розробки технічного завдання модулю.

На стадії технічного проектування на основі вибору апаратних комплектуючих, аналізу електрично принципової схеми, заданих умов експлуатації, а також прийнятих конструкторських вирішень, конструктор модулю повинен провести оцінку показників безвідмовності та відновлення конструктивних елементів.

Для модулю системи контролю мікроклімату необхідно розрахувати наступні показники:

- середній час напрацювання на відмову;
- ймовірність безвідмовної роботи за заданий час;
- коефіцієнт готовності.

Розрахунок сумарної інтенсивності відмов модулю розраховується наступним чином:

$$\lambda_{\sum i} = \sum j \lambda_j^{(i)} n_j^{(i)} k_1 k_2 \dots k_p, \quad (4.1)$$

де  $\lambda_j^{(i)}$  – середнє значення інтенсивності відмов  $j$ -го елемента, що міститься в  $i$ -ому модулі;

$n_j^{(i)}$  – кількість елементів даного типу, що входять до складу  $i$ -ого модуля;

$k_1, k_2 \dots k_p$  – коефіцієнти навантажень, які враховують електричні, кліматичні та механічні фактори експлуатації елементів.

Представимо інтенсивність відмов кожного апаратного компоненту модулю в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані інтенсивності відмов компонентів модуля

№	Компонент	Кількість	Інтенсивність відмов, $\lambda, \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$
1	Плата Arduino nano	1	0,8
2	Дисплей 2004 LCD	1	0,5
3	Модуль живлення	3	1,2
4	Датчики	2	3,3
5	Енкодер	1	2

Проведемо розрахунок інтенсивності відмов модулю:

$$\lambda_{\sum_i} = 10^{-6} \cdot (0,8 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1 + 1,2 \cdot 3 + 3,3 \cdot 2 + 2 \cdot 1) = 13,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Час відновлення кожного із вузлів розраховується наступним чином:

$$T_{Vi} = T_H + T_T + T_{Zi} + T_{Yi} + T_{Pi}, \quad (4.2)$$

де  $T_H$  – час, необхідний для встановлення факту несправності, год.;

$T_T$  – час, необхідний для локалізації несправності, тобто встановлення, який з модулів вийшов з ладу, год;

$T_{Zi}$  – час демонтажу зламаного модуля, год;

$T_{Yi}$  – час для встановлення та електромонтажу справного модуля, год;

$T_{Pi}$  – час, необхідний для можливого регулювання ЕА після встановлення справного модуля, год.

Виконуємо розрахунок часу відновлення:

$$T_{Bi} = 0,1 + 0,3 + 0,2 + 0,4 + 0,1 = 1,1 \text{ год.}$$

Розраховуємо середній час відновлення модулю:

$$T_B = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k T_{Bi} = \frac{1}{1} 1,1 = 1,1 \text{ год.}$$

Розрахуємо середній час напрацювання до першої відмови без урахування відновлення, год:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\sum i}} = \frac{1}{13,5 \cdot 10^{-6}} = 74074 \text{ год.}$$

Розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи без врахування відновлення за час  $t$ :

$$P_0(t) = e^{-\frac{t}{T_0}}, \quad (4.3)$$

– при  $t = 1000$  год:

$$P_0(1000) = e^{-\frac{1000}{74074}} = 0,013,$$

– при  $t = 16000$  год:

$$P_0(16000) = e^{-\frac{16000}{74074}} = 0,216.$$

Ймовірність відновлення модулю розпакування за допустимий час  $t_D$  знаходимо як:

$$P_B = 1 - \left(1 + 2 \cdot \frac{t_D}{T_B}\right) \cdot e^{-\frac{2 \cdot t_D}{T_B}}, \quad (4.4)$$

$$P_B = 1 - \left(1 + 2 \cdot \frac{0,8}{1,1}\right) \cdot e^{-\frac{2 \cdot 0,8}{1,1}} = 0,425.$$

де  $t_D$  – випадковий час відновлення модулю.

Розрахунок середнього напрацювання на відмову із врахуванням відновлення, год:

$$T_{0B} = \frac{T_0}{1 - \left(1 + 2 \cdot \frac{t_D}{T_B}\right) \cdot e^{-\frac{2 \cdot t_D}{T_B}}}, \quad (4.5)$$

$$T_{0B} = \frac{74074}{1 - \left(1 + 2 \cdot \frac{0,8}{1,1}\right) \cdot e^{-\frac{2 \cdot 0,8}{1,1}}} = 174261 \text{ год.}$$

Розрахунок ймовірності відмовної роботи із врахуванням попередніх відмов та відновлення за будь-який час  $t$ :

$$P(t) = e^{-\frac{1-P_B}{T_0} \cdot t}, \quad (4.6)$$

– при  $t = 1000$  год:

$$P(1000) = e^{-\frac{1-0,424}{74074} \cdot 1000} = 0,99,$$

– при  $t = 16000$  год:

$$P(16000) = e^{-\frac{1-0,424}{74074} \cdot 16000} = 1,01.$$

З отриманих результатів, робимо висновок, що даний модуль системи контролю мікроклімату в салоні автомобілю відповідає технічному завданню.

#### 4.2 Висновки до розділу 4

У четвертому розділі було розраховано надійність модуля, інтенсивність відмов, середнє напрацювання на відмову, а також середній час відновлення. Проаналізувавши результати було зроблено висновок про те, що модуль відповідає наведеним вимогам та може використовуватись у салоні автомобіля.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Вимоги до обладнання робочого місця розробника

На робочому місці користувача ПК повинні бути передбачені заходи захисту від можливого впливу небезпечних та шкідливих факторів виробництва. Рівні цих факторів не повинні перевищувати граничних значень, обумовлених правовими, технічними і санітарно-технічними нормами. Ці нормативні документи зобов'язують до створення на робочому місці умов праці, при яких вплив небезпечних і шкідливих факторів на працюючих або усунуто зовсім, або знаходиться в допустимих межах.

Джерела світла, такі як світильники і вікна, які дають відображення від поверхні екрану, значно погіршують точність знаків і тягнуть за собою перешкоди фізіологічного характеру, які можуть виразитися в значній напрузі, особливо при тривалій роботі. Відбиття, включаючи відбиття від вторинних джерел світла, мають бути зведені до мінімуму. Для захисту від надмірної яскравості вікон можуть бути застосовані штори і екрани.

Правильно спроектоване і виконане виробниче освітлення покращує умови зорової роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці, благотворно впливає на виробниче середовище, надаючи позитивний психологічний вплив на працюючого, підвищує безпеку праці і знижує травматизм [18].

### 5.2 Охорона праці у процесі налаштування та калібрування макета

Самопочуття та працездатність людини залежить від метеорологічних умов, які складають виробничий клімат. Діючими нормативними документами, що регламентують мікроклімат, є ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [22]. Під час роботи за комп'ютером на

користувача впливає багато небезпечних і шкідливих факторів відповідно до ДСТУ 12.0.003-94 [19], які занесені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів у приміщенні лабораторії з обчислювальною технікою [22]

Найменування факторів	Джерело виникнення шкідливого фактора	Нормований параметр і нормативне значення	Характер впливу на людину	Засоби зниження впливу на людину
1	2	3	4	5
Підвищений рівень шуму	Освітлювальна і вентиляційна система	$L_p = 50$ дБА	Загальне стомлення	Шумопоглинальні покриття, облицювання звукобірними плитами, підвісні звукобірні стелі
Підвищена іонізація повітря	Комп'ютер	Кількість іонів у $1 \text{ см}^3$ $n^+$ від 1500 до 3000 $n^-$ – від 3000 до 5000	Опромінення	Захисні екрани, вдосконалена техніка
Напруга в електромережі	Проводка, штучне освітлення	$U_{np}$ від 12 В до 24 В	Поразка електричним струмом	Занулення корпусів ПЕОМ, заземлення корпусів блоків живлення
Напруженість електромагнітного поля	Компоненти ЕОМ	По електричній складовій $E = 5$ В/м	Порушення фізико-хімічних процесів організму	Скляні фільтри

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
Рентгенівське випромінювання	Монітор ЕОМ	$D_{екс} = 100$ мкР/год	Променева хвороба, захворювання зору	Захисний екран на дисплеї монітора

Робота з комп'ютером характеризується значною розумовою напругою і нервово-емоційним навантаженням операторів, високою напруженістю зорової роботи і досить великим навантаженням на м'язи рук при роботі з клавіатурою ПЕОМ. Велике значення має раціональна конструкція і розташування елементів робочого місця, що важливо для підтримки оптимальної робочої пози людини-оператора.

В процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримуватися правильного режиму праці і відпочинку. В іншому випадку у персоналу відзначаються значне напруження зорового апарату з появою скарг на незадоволеність роботою, головні болі, дратівливість, порушення сну, втома і хворобливі відчуття в очах, в області шиї і руках.

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, послаблює увагу, призводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працівника. Всі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювання, тому настільки важливий правильний розрахунок освітленості.

Обчислювальна техніка є джерелом істотних тепловиділень, що може привести до підвищення температури і зниження відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися визначення параметрів мікроклімату. У санітарних нормах встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми

встановлюються в залежності від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення [23].

Робоче місце і взаємне розташування всіх його елементів має відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике пізнання має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця програміста повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення обладнання, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення.

Головними елементами робочого місця програміста є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи.

Метеорологічні умови роботи оцінюються згідно ДСТУ 12.1.005-96 [23] – категорія робіт оператора з ПЕОМ за енерговитратами легка – 1а. У приміщенні лабораторії з ПЕОМ передбачені оптимальні параметри мікроклімату, наведені в табл. 5.2 відповідно ДСТУ 12.1.005-96 [23].

Таблиця 5.2 – Оптимальні норми температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в приміщенні лабораторії з ПЕОМ [23]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
Холодний	Легка – 1а	від 22 до 24	від 40 до 60	0,1
Теплий	Легка – 1а	від 23 до 25	від 40 до 60	0,1

При розміщенні робочих місць, відстань між робочими столами з моніторами, має бути не менше 2,0 м, а відстань між бічними поверхнями моніторів – не менше 1,2 м. Екран монітора повинен знаходитися від очей користувача на відстані від 600 мм до 700 мм, але не ближче 500 мм з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків і символів;

Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення програміста. Рациональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці та документації. Те, що потрібно для

виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору. Конструкція робочого столу повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання. Поверхня робочого столу повинна мати коефіцієнт відбиття від 0,5 до 0,7.

Конструкція робочого стільця (крісла) повинна забезпечувати підтримку раціональної робочої пози під час роботи з комп'ютером. робочий стілець (крісло) повинен бути підйомно-поворотним, регульованим по висоті і кутам нахилу сидіння і спинки. Поверхня сидіння, спинки та інших елементів стільця (крісла) повинна бути напівм'якою, слабо електризуватися і мати повітропроникне покриття, що забезпечує легке очищення від забруднень.

У приміщенні, де буде знаходитись макет, існують можливі наступні джерела шуму: вентилятори, витяжки, трансформатори. Відповідно до ДСТУ 12.1.003-96 [17] у приміщенні рівень звуку не повинний перевищувати 50 дБА.

Для забезпечення нормованого рівня шуму у приміщенні роботи макета мають бути використані відповідно ДСТУ 12.1.029-63 [17] шумопоглинальні засоби (перфоровані плити, панелі), перегородки, раціональне розміщення устаткування, засоби самозахисту у операторів макета.

Також одним із факторів ризику є ураження електричним струмом, для цього на блоці живлення та його клемах нанесені застережливі написи та знаки, що нагадують про небезпеку згідно ДСТУ 12.1.030.98 [22].

### 5.3 Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці

Самопочуття та працездатність людини залежить від метеорологічних умов, які складають виробничий клімат. Діючими нормативними документами, що регламентують мікроклімат, є ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [22].

Під час експлуатації системи екран модулю не повинен відволікати водія від дорожньої ситуації та управлінням транспортним засобом. Миготіння екрану або яскраве підсвічування в темну пору дня буде дуже сильно порушувати концентрацію водія. Окрім відволікання від керування через миготіння дисплею

може виникати головний біль та погане самочуття, і навіть психічні розлади у схильних до цього людей.

#### 5.4 Висновки до розділу 5

У п'ятому розділі опрацьовано питання вимог до приміщення у лабораторії з програмування. Встановлено необхідну температуру, вологість повітря та швидкість руху повітря у теплий та холодний період року. Встановлено параметри лабораторії, а саме площу приміщення, висоту, кількість робочих місць.

Розглянуто вимоги до ергономіки робочого місця програміста та користувача персонального комп'ютеру.

Розглянуто можливі шкідливі фактори при роботі з персональним комп'ютером та у не обладнаному приміщенні.

Також розглянуто можливі ризики для водія, що буде відволікати від керування транспортним засобом і може привести до аварії.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено систему керування мікрокліматом у салоні автомобіля, було проведено експериментальні дослідження та виявлено шляхи покращення конструкції. У ході виконання роботи виконані наступні завдання:

- проведено аналіз готових видів інженерних рішень;
- проаналізовано параметри які необхідно контролювати у салоні авто;
- розроблено функціональну схему та описано кожен її компонент;
- обрано електронні комплектуючі для створення макету системи;
- обґрунтовано вибір компонентів з урахуванням вартості;
- розроблено корпусні елементи з урахуванням зручності керування та ергономіки готового виробу;
- розроблено схему електричну принципову макету;
- розроблено схему електричну принципову модуля живлення;
- створено усі корпусні компоненти за допомогою ABS пластика методом адитивного 3D-друку;
- розраховано вартість конструкції;
- розроблено ПЗ для злагодженої роботи пристрою;
- проведено експериментальне дослідження з визначення коефіцієнтів та налаштування ПД-регулятора;
- розраховано вірогідність відмов системи;
- проведено огляд заходів з охорони праці для лабораторії та умов в яких буде використовуватися пристрій;
- проведено огляд питань охорони праці під час налаштування пристрою.

За результатами роботи опубліковано статтю в збірнику студентських робіт [24].

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. – Введ. 2015-06-22. – К. Держстандарт України, 2017. – 29 с.
2. Положення про організацію проведення практики здобувачів вищої освіти Харківського національного університету радіоелектроніки. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 13 с.
3. Невлюдов І. Ш. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти, спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка, освітньо-професійної програми «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки». / І. Ш. Невлюдов, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, Ю. М. Олександров, Р. В. Артюх, Є. А. Разумов-Фризюк, О. О. Чала – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 51 с.
4. Невлюдов, І. Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.
5. Ігнатенко Д. В., Боцман І. В. Розробка автоматизованої системи вимірювання параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. – К.: НУХТ, 2020. – С. 93-94.
6. Боцман І. В. Автоматизація контролю концентрації двоокису вуглецю на виробництві // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції, 16-22 березня 2020 р., м. Черкаси. – Черкаси, 2020. – С. 17-19.
7. Боцман І. В. Розробка макета автоматизованої системи контролю параметрів деталей на виробництві // Матеріали Всеукраїнської науково-

практичної конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку», Черкаси, 11-17 березня 2019 року. – С. 38-40.

8. Андрусевич А. А., Невлюдов И. Ш., Жарикова И. В. Методы мониторинга технологического оборудования при производстве радиоэлектронных средств // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. – 2012. – № 9. – С. 44-52.

9. Filipenko, O., Chala, O., Bortnikova, V., Sychova, O., & Botsman, I. (2019, September). Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation. In 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL) (pp. 371-374). IEEE.

10. Система клімат-контролю в автомобілі [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://techautoport.ua/elektrooborudovanie-i-elektronika/upravlenie-klimatom/klimat-kontrol.html>– 10.09.2022 р. – Загол. з екрану.

11. EE210 Промисловий датчик вологості та температури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://poltraf.ua/vlazhnost/datchiki\\_vlazhnosti\\_vozdukha\\_gazov/ee210\\_promyshlennyy\\_datch/](https://poltraf.ua/vlazhnost/datchiki_vlazhnosti_vozdukha_gazov/ee210_promyshlennyy_datch/)– 11.09.2022 р. – Загол. з екрану.

12. Портативний автомобільний очисник повітря [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://rozetka.com.ua/ua/321167101/p321167101/?gclid=Cj0KCQjwnbmaBhD-TU01Y4aAh9tEALw\\_wcB](https://rozetka.com.ua/ua/321167101/p321167101/?gclid=Cj0KCQjwnbmaBhD-TU01Y4aAh9tEALw_wcB) – 11.09.2022 р. – Загол. з екрану.

13. Плата розробника Arduino Nano [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod4316-plata-razrabotchika-arduino-nano-v3-nrf24>– 18.09.2022 р. – Загол. з екрану.

14. LCD 2004 I2C символний дисплей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod663-lcd-2004-i2c-simvolnii-displei-20x4-sinii>– 20.09.2022 р. – Загол. з екрану.

15. Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01S [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod4216-Wi-Fi-modul-esp8266-esp-01s>. – 05.10.2022 р. – Загол. з екрану.

16. Електронні компоненти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua> – 10.10.2022 р. – Загол. з екрану.

17. ST1S14PHR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=ST1S14PHR> – 20.10.2022 р. – Загол. з екрану.
18. Diptrace [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://diptrace.com/ua/> 23.10.2022 р. – Загол. з екрану.
19. Невлюдов И.Ш. Технологии микросистемной техники (I часть) / И. Ш. Невлюдов, В. А. Палагин, Е. А. Чалая, И. Ш. Невлюдов // НТЖ «Технология приборостроения». – 2014. – X. № 3. – С. 8–12.
20. Невлюдов И.Ш. Технологии микросистемной техники (II часть) / И.Ш. Невлюдов, В. А. Палагин, Е.А. Чалая, И. Ш. Невлюдов // НТЖ «Технология приборостроения». – 2015. – X. № 2. – С. 3–10.
21. Боцман I. В. Розробка автоматизованої системи контролю друкованих плат із використанням методів машинного навчання / I. В. Боцман, О. О. Чала, В. А. Васильєв // The 2nd International scientific and practical conference —Achievements and prospects of modern scientific researchI (January 11-13, 2021) Editorial EDULCP, Buenos Aires, Argentina. – 2018. – № 2. – С. 177-184.
22. Дзюндзюк Б. В. Охорона праці. Збірник задач: навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2006. – 236 с.
23. ДСТУ 12.1.005-96. ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. – Прийнято з 01.01.96.
24. Жарікова Ірина, Зубенко Влас. Аналіз технічних засобів для автоматизованої системи керування параметрами мікроклімату в транспортних засобах // Виробництво & Мехатронні Системи 2022: матеріали VI-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2022 р. – С. 19-21.