

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“ ____ ” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**Програмне забезпечення системи керування параметрами
мікроклімату в транспортній техніці**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КІ-22-2
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Солонченко О.О.
« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Кислун О.А.
« ____ » _____ 2026 р.
Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Механіко-технологічний

Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення

Рівень вищої освіти бакалавр

Галузь знань 12 "Інформаційні технології"

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма "Комп'ютерна інженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., проф.

Олексій СМІРНОВ

" " 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Солонченку Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Програмне забезпечення системи керування параметрами мікроклімату в транспортній техніці

2. Керівник роботи Кислун Олег Андрійович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "27" лютого 2026 року №136-02

3. Строк подання роботи до захисту 10.06.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи управління мікрокліматом приміщень

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Призначення та область використання.

2. Перегляд аналогічних існуючих систем.

3. Опис і обґрунтування проектних рішень.

4. Етапи програмування системи.

5. Впровадження системи в промислову експлуатацію

6. Висновки.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема 1 аркуш

Функціональна схема 1 аркуш

Діаграма процесів 1 аркуш

Блок-схема алгоритму роботи 3 аркуші

7. Дата видачі завдання «27» лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем керування	10.03.2026	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2026	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026	
7.	Оформлення ПЗ	17.05.2026	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2026	

Дата видачі завдання
«__»_____2026р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«__»_____2026р.

Підпис здобувача

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Солонченко О.О. Програмне забезпечення системи керування параметрами мікроклімату в транспортній техніці. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі розглянуто розроблення програмного забезпечення системи керування параметрами мікроклімату в транспортній техніці. Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення комфортних умов для пасажирів і водія, підвищення енергоефективності транспортних засобів та оптимізації роботи кліматичних систем.

У роботі проведено аналіз існуючих методів і технічних рішень у сфері автоматизованого керування мікрокліматом, зокрема систем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря. Визначено основні параметри мікроклімату, такі як температура, вологість і якість повітря, та досліджено способи їх контролю і регулювання.

Особливу увагу приділено розробці програмного забезпечення, яке забезпечує збір даних із датчиків, їх обробку та формування керуючих сигналів для виконавчих пристроїв. Реалізовано алгоритми автоматичного підтримання заданих параметрів мікроклімату з урахуванням зовнішніх умов та режимів експлуатації транспортного засобу.

У роботі також розроблено структуру системи, визначено її основні компоненти та забезпечено взаємодію між апаратною і програмною частинами. Передбачено можливість моніторингу стану системи та налаштування параметрів через користувацький інтерфейс.

Отримані результати можуть бути використані при створенні сучасних інтелектуальних систем керування кліматом у транспортних засобах з метою підвищення комфорту, безпеки та ефективності їх експлуатації.

Ключові слова: мікроклімат, транспортна техніка, програмне забезпечення, автоматичне керування, датчики, кліматична система, енергоефективність.

ABSTRACT

Solonchenko.O. Software for microclimate control systems in transport equipment. 123 Computer engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

The qualification bachelor's thesis considers the development of software for a microclimate parameter control system in transport technology. The relevance of the topic is due to the need to ensure comfortable conditions for passengers and the driver, increase the energy efficiency of vehicles and optimize the operation of climate systems.

The paper analyzes existing methods and technical solutions in the field of automated microclimate control, in particular heating, ventilation and air conditioning systems. The main microclimate parameters, such as temperature, humidity and air quality, are determined, and methods for their control and regulation are investigated.

Special attention is paid to the development of software that provides data collection from sensors, their processing and the formation of control signals for actuators. Algorithms for automatically maintaining the specified microclimate parameters, taking into account external conditions and vehicle operating modes, are implemented.

The paper also develops the structure of the system, identifies its main components and ensures interaction between hardware and software parts. The possibility of monitoring the system status and setting parameters via the user interface is provided.

The results obtained can be used in the creation of modern intelligent climate control systems in vehicles in order to increase comfort, safety and efficiency of their operation.

Keywords: microclimate, transport equipment, software, automatic control, sensors, climate system, energy efficiency.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	3
1.1 Призначення системи.....	5
1.2 Область застосування.....	12
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	13
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським рівнем вищої освіти)	13
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	35
2.3 Розгорнута постановка завдання	37
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	38
3.1 Опис функціонування системи	38
3.2 Розробка структурної схеми.....	39
3.3 Розробка функціональної схеми	40
3.4 Розробка діаграми процесів.....	45
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	46
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	46
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	67
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	71
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Програмне забезпечення системи керування параметрами мікроклімату в транспортній техніці</i>	Лім.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Солонченко О.О.				Б		
Перев.		Кислун О.А					1	72
Н.контр.		Коваленко А.С				<i>ЦНТУ КІ-22-2</i>		
Затв.		Смірнов О.А.						

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

Wi-Fi	–	Wireless Fidelity
МК	–	мікроконтролер (microcontroller)
БС	–	дистанційне управління
Arduino Uno	–	апаратно-програмна платформа на МК ATmega328
AVR	–	лінійка мікроконтролерів фірми Atmel
LCD	–	рідкокристалічний індикатор/дисплей
RAM (ОЗП)	–	перативний запам'ятовуючий пристрій
ПДУ	–	пульти дистанційного управління
САПР	–	система автоматичного проектування
ПЛК	–	програмувальні логічні контролери
USART	–	універсальний синхронний/асинхронний приймач та передавач
ПД	–	пропорційно-інтегрально-диференційний

ВСТУП

На сьогодні існує значна кількість різноманітних систем контролю мікроклімату. Сфери їх застосування дуже широкі - від регулювання клімату в домашніх теплицях до підтримання необхідних кліматичних умов на великих промислових об'єктах. Практично всі сучасні автовиробники оснащують свою продукцію системами контролю мікроклімату.

Інтелектуальні автомобільні системи стрімко розвиваються, і щороку виробники впроваджують нові технологічні рішення для їх удосконалення. Водночас застосування складних багатокomпонентних систем клімат-контролю суттєво збільшує кінцеву вартість автомобіля для споживача. Вартість транспортного засобу без автоматичної системи контролю мікроклімату може значно відрізнитися від вартості аналогічної моделі, оснащеної такою системою.

У зв'язку з цим попит на подібні автомобілі в країнах із середнім рівнем доходу населення залишається відносно невисоким, оскільки не кожен споживач може дозволити собі придбати автомобіль з автоматичною системою клімат-контролю.

Розроблювана система містить набір необхідних датчиків для контролю основних параметрів повітря, дисплей для візуального відображення показників у салоні автомобіля, а також передбачає можливість підключення до штатних механічних регуляторів швидкості потоку повітря, температури та напрямку обдуву. Запропонований пристрій має низку переваг, зокрема: компактність основного модуля, універсальність застосування, простоту керування та можливість подальшого розширення функціональних можливостей.

Основною сферою використання системи є контроль і керування параметрами мікроклімату в салоні автомобіля або іншого транспортного засобу. Додатково пристрій може застосовуватися для моніторингу кліматичних параметрів у приміщеннях, створення систем автоматизованих теплиць для

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

виращування рослин тощо. Альтернативним варіантом використання є побудова на основі системи модуля керування освітленням або інтеграція до складу системи «розумний будинок» (Smart House). Також пристрій може застосовуватися в навчальному процесі як наочний функціональний макет для спостереження за змінами температури, вологості та атмосферного тиску, а також для практичного вивчення використання технології Wi-Fi для зв'язку з мікроконтролером і керування системою.

Інтелектуальна система керування параметрами мікроклімату в автомобілі підтримує два режими роботи: автоматичний та напівавтоматичний. В автоматичному режимі система самостійно визначає необхідні значення температури та швидкості повітряного потоку. У напівавтоматичному режимі користувач задає бажану температуру, після чого система автоматично розраховує та підтримує оптимальну швидкість повітряного потоку.

Об'єкт дослідження - процес налаштування та автоматизації системи мікроклімату.

Предмет дослідження - система контролю мікроклімату в транспортних засобах.

Мета роботи - розроблення інтелектуальної системи контролю параметрів мікроклімату в транспортних засобах.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз існуючих інженерних рішень;
- визначити основні вимоги до функціонування системи;
- розробити електричну принципову схему та обґрунтовано підібрати необхідні компоненти;
- виконати макетне складання та налаштування системи;
- опрацювати питання ергономіки корпусу для забезпечення компактності пристрою;
- провести експериментальні дослідження та за їх результатами виконати калібрування датчиків.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Сучасні інтелектуальні автомобільні системи розвиваються надзвичайно швидкими темпами, і щороку виробники приділяють усе більше уваги вдосконаленню наявних технологічних рішень. Очікується, що бортові системи стануть ще більш функціональними, забезпечуючи підвищений рівень комфорту та безпеки під час експлуатації транспортних засобів.

Високотехнологічні автомобілі створюються з метою зменшення навантаження на водія під час керування, автоматизації виконання допоміжних завдань, підвищення зручності користування транспортним засобом і мінімізації можливих ризиків у процесі руху.

Параметри мікроклімату мають суттєвий вплив на фізичний стан водія та пасажирів, тому розроблення інтелектуальних систем керування мікрокліматом у транспортних засобах є актуальним і важливим завданням.

Під мікрокліматом розуміють сукупність внутрішніх метеорологічних умов, що впливають на організм людини. Вони можуть бути оптимальними або допустимими: оптимальні умови не спричиняють дискомфорту, тоді як допустимі можуть викликати незначні порушення терморегуляції та зниження працездатності, але не завдають шкоди здоров'ю.

Автоматизовані системи контролю параметрів мікроклімату забезпечують отримання точної та детальної інформації про стан повітря безпосередньо в місці їх встановлення, зокрема у виробничих приміщеннях, транспортних засобах, житлових та офісних будівлях тощо [4–6].

Використання подібних систем є особливо актуальним на промислових підприємствах [7–9], у лісовому господарстві, а також на рухомих об'єктах (суднах, нафтових платформах), де висока точність вимірювання параметрів мікроклімату має критично важливе значення.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

До основних функцій систем керування параметрами мікроклімату належать:

- вимірювання температури повітря, атмосферного тиску та відносної вологості;
- визначення концентрації шкідливих речовин і небезпечних газів у повітрі, зокрема NH_3 , NO_x , парів алкоголю, бензину, диму та CO ;
- прогнозування змін погодних умов на основі аналізу атмосферного тиску;
- відображення поточного часу та дати на LCD-дисплеї;
- виведення на дисплей поточних значень, отриманих із датчиків;
- побудова графіків зміни параметрів за певний проміжок часу (за годину та добу);
- індикація рівня концентрації CO .

Основними параметрами мікроклімату, що потребують постійного контролю та регулювання всередині транспортних засобів, є температура повітря, рівень вологості та ступінь чистоти повітря, зокрема в салонах легкових і вантажних автомобілів. Важливою функцією також є визначення концентрації шкідливих речовин і небезпечних газів у повітрі, наприклад продуктів випаровування бензину у разі порушення герметичності паливної системи, диму або підвищеної концентрації CO .

Умови, що забезпечуються розроблюваною системою керування мікрокліматом у транспортних засобах, сприятимуть підвищенню комфорту водія під час керування, зменшенню відволікання від процесу руху, а також запобіганню потенційно небезпечним ситуаціям завдяки своєчасному відображенню на дисплеї інформації про перевищення допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі салону або кабіни.

Тривалий час основною функцією систем опалення, вентиляції та кондиціонування було забезпечення подачі повітря комфортної температури в салон автомобіля. Сучасні автоматизовані системи формування мікроклімату,

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

здатні створювати індивідуально комфортні умови для кожного пасажера, стають дедалі складнішими та функціональнішими. З огляду на сучасні тенденції розвитку електромобілів, значення таких систем як складової частини енергетичної установки транспортного засобу постійно зростає.

У двигунах внутрішнього згоряння контури кондиціювання повітря та охолодження двигуна є розділеними. Основне призначення системи охолодження двигуна полягає у підтриманні оптимального теплового режиму, необхідного для його стабільної та ефективної роботи.

У літній період охолодження двигуна здійснюється потоком повітря, що проходить через основний радіатор системи охолодження. У цей час обігрів салону або кабіни не використовується, натомість застосовується система охолодження повітря. Для зниження температури в салоні транспортних засобів використовується штатний кондиціонер. Водночас його робота має певні недоліки: збільшується навантаження на двигун, підвищується температура охолоджувальної рідини, а також зростає витрата палива.

У зимовий період кількість тепла для обігріву салону практично не обмежена, оскільки контур обігріву об'єднаний із контуром охолодження двигуна. У зв'язку з цим температура радіатора салонного обігрівача наближена до температури двигуна. Система кондиціювання при цьому може використовуватися для видалення надлишкової вологи з повітря та забезпечення змащування елементів системи.

Система чотирьохзонного клімат-контролю забезпечує можливість індивідуального регулювання повітряного потоку для кожного місця в салоні автомобіля. Температура в зоні голови та ніг може налаштовуватися незалежно. Рационально спроектована система повітроводів забезпечує акустичний комфорт і запобігає виникненню протягів. На рисунку. 1.1 наведено приклад розподілу повітря в автомобілі, оснащеному двозонною системою клімат-контролю.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



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

Зменшення робочого об'єму двигуна з одночасним застосуванням турбонаддуву дозволяє суттєво знизити витрату палива. Для забезпечення ефективної роботи такого двигуна використовується охолоджувач наддувного повітря - інтеркулер. Система охолодження безпосередньо впливає на ефективність робочого процесу, оскільки інтеркулер функціонує у власному низькотемпературному контурі. У зв'язку з цим виникає потреба в терморегулюванні одночасно в декількох контурах із різними температурними режимами.

Сучасні транспортні засоби оснащуються кліматичними системами. Подальшим розвитком традиційного кондиціонера стала система клімат-контролю, яка поєднує комплекс технічних рішень для автоматизованого керування температурними параметрами в салоні автомобіля.

Автомобільна система клімат-контролю - це інженерне рішення, призначене для підтримання комфортного мікроклімату всередині транспортного засобу незалежно від зовнішніх умов. Типова система містить такі основні складові:

- кондиціонер для охолодження повітря;
- радіатор обігрівача;
- модуль HVAC;

- систему вентиляційних каналів;
- електронний блок керування;
- набір різноманітних датчиків.

1.2 Область застосування

В даній випускні кваліфікаційній бакалаврській роботі буде розроблятися програмне забезпечення системи регулювання параметрів мікроклімату в автотранспорті та сама електронна система.

Розроблена інтелектуальна система керування параметрами мікроклімату може застосовуватися у транспортній техніці різного призначення, зокрема в легкових та вантажних автомобілях, автобусах, спеціалізованому транспорті, а також у мобільних технологічних установках. Основним призначенням системи є автоматичний контроль і підтримання оптимальних параметрів мікроклімату, таких як температура, відносна вологість та рівень загазованості повітря, що безпосередньо впливають на комфорт, безпеку та працездатність людей.

Система може використовуватися для підвищення безпеки пасажирів і водія шляхом своєчасного виявлення небезпечних концентрацій шкідливих газів, диму або відхилень температури від допустимих норм. У разі виникнення небезпечних умов система формує попереджувальні сигнали та може передавати інформацію до бортових комп'ютерних систем або зовнішніх пристроїв моніторингу.

Крім транспортної техніки, система може бути застосована у мобільних лабораторіях, спеціалізованих контейнерах, холодильних установках, сільськогосподарській техніці, а також у автономних або віддалених об'єктах, де необхідний постійний контроль параметрів навколишнього середовища. Використання сучасної елементної бази, мікроконтролерної платформи та цифрових сенсорів забезпечує високу точність вимірювань, надійність роботи та можливість подальшого розширення функціональних можливостей системи.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Таким чином, розроблена система є універсальним технічним рішенням для моніторингу та керування параметрами мікроклімату, що може ефективно застосовуватися у транспортній та мобільній техніці з метою підвищення безпеки, комфорту та енергоефективності.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

Кількість доступних функцій системи клімат-контролю залежить від моделі транспортного засобу, його класу та типів застосованих датчиків. До основних можливостей таких систем належать [10]:

- підтримання заданої температури повітря;
- урахування температури навколишнього середовища на основі сигналів від датчика сонячної радіації, який визначає вплив ультрафіолетового випромінювання, а також від датчика температури зовнішнього повітря;
- забезпечення рециркуляції та очищення повітря в салоні автомобіля;
- регулювання температури в окремих зонах салону;
- запобігання запотіванню скла в холодний період завдяки ефективному та рівномірному обігріву.

У деяких автомобілях преміум-класу передбачені додаткові функції, зокрема іонізація повітря.

Для вимірювання зазначених параметрів застосовуються різні типи датчиків, які працюють в автоматичному режимі та передають результати вимірювань на дисплей. Компанія «Аквааналітик» пропонує два варіанти датчиків такого призначення - EE210 (рис. 2.1) та EE220, причому перша модель орієнтована на використання у вантажних автомобілях.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Рисунок 2.1 – Датчик EE210

Датчик температури та відносної вологості повітря EE210 відповідає підвищеним вимогам до точності та надійності контролю параметрів мікроклімату в різних сферах застосування. Інша модель датчика призначена для використання у фармацевтичній та біотехнологічній галузях, «чистих кімнатах», інкубаторах, а також у системах охолодження та зберігання.

На рисунку 2.2 та рисунку 2.3 наведено приклади сучасних автомобільних очисників повітря, а також варіанти їх встановлення в салоні транспортного засобу.



Рисунок 2.2 – Портативний автомобільний очисник повітря

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рисунок 2.3 – Портативний очисник-іонізатор повітря автомобіля [12]

Розглянуті готові рішення не забезпечують повноцінної реалізації функцій контролю мікроклімату, оскільки не містять у своєму складі модулів керування. Крім того, такі модулі характеризуються відносно високою вартістю та обмеженим терміном експлуатації.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Для реалізації системи моніторингу параметрів мікроклімату було обрано мікроконтролерну платформу Arduino Uno, що базується на мікроконтролері AVR ATmega328P. Вибір цієї платформи обумовлений її доступністю, простотою використання, широкою підтримкою апаратних і програмних засобів, а також достатніми обчислювальними ресурсами для обробки даних із датчиків температури, вологості та загазованості. Arduino Uno має необхідну кількість аналогових і цифрових входів/виходів, апаратний послідовний інтерфейс, підтримку бібліотек для роботи з периферійними пристроями та високу надійність у вбудованих системах.

Як первинні перетворювачі обрано цифровий датчик температури і

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

вологості серії SHTxx та газові сенсори серії MQ. Датчики SHTxx забезпечують високу точність вимірювань, цифровий інтерфейс обміну даними та заводське калібрування, що значно спрощує їх інтеграцію у систему. Газові сенсори MQ характеризуються доступністю, універсальністю та можливістю виявлення широкого спектра шкідливих і горючих газів, що робить їх доцільними для застосування у системах екологічного моніторингу. Для відображення інформації використано рідкокристалічний дисплей, який забезпечує наочне відображення поточних параметрів системи, а також засоби світлової та звукової сигналізації для оперативного інформування про небезпечні ситуації.

Як середовище розробки програмного забезпечення обрано Arduino IDE, що забезпечує зручне написання, компіляцію та завантаження програм у мікроконтролер. Програмна реалізація виконана мовою C/C++, яка є стандартною для програмування мікроконтролерів сімейства AVR. Використання цієї мови дозволяє ефективно працювати з апаратними ресурсами, забезпечує високу швидкодію та компактність програмного коду, а також надає можливість використання готових бібліотек для роботи з датчиками, дисплеями та інтерфейсами обміну даними.

Таким чином, обрані апаратні та програмні засоби забезпечують оптимальне поєднання вартості, функціональності, надійності та простоти реалізації, що робить їх доцільними для побудови системи моніторингу параметрів мікроклімату.

В основі даного проєкту використано платформу Arduino Nano, побудовану на базі мікроконтролера ATmega328 (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Платформа Arduino Nano [13]

Платформа Arduino Nano - це відкрита компактна апаратна платформа сімейства Arduino, побудована на базі мікроконтролера ATmega328. Однією з її основних переваг є малі габаритні розміри та незначна маса, що, порівняно з іншими платами, дозволяє розміщувати її у компактному корпусі та використовувати в салоні автомобіля без зайвого зайняття простору.

Плата Arduino Nano оснащена контактними виводами у вигляді штирьових роз'ємів, що забезпечує зручність встановлення на макетну плату або монтажу на попередньо розроблену друковану плату.

Основні технічні характеристики Arduino Nano наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики Arduino Nano [13]

№	Параметри	Значення
1	Кількість аналогових входів	6
2	Кількість цифрових входів/виходів	14 (6 із них можуть використовуватись як виходи ШІМ)
3	Постійний струм через вхід/вихід	40 Ма
4	Постійний струм для виводу 3,3В	50 Ма
5	Flash-пам'ять	32 Кб
6	Розміри	45 мм x 18 мм
7	Вага	7 г
8	Вартість	299 грн

Плата Arduino Nano може функціонувати від різних джерел живлення: її можна підключати через mini-USB-кабель або жити від зовнішнього нерегульованого джерела постійної напруги в діапазоні 6–20 В.

Для відображення значень температури, вологості, поточного часу та вибраного режиму керування було обрано символічний дисплейний модуль LCD 2004 з інтерфейсом I2C (рис. 2.5). Основною перевагою цього інтерфейсу є використання лише двох сигнальних ліній, що спрощує підключення та, за потреби, дозволяє замінити дисплей на інший сумісний модуль із підтримкою інтерфейсу I2C.

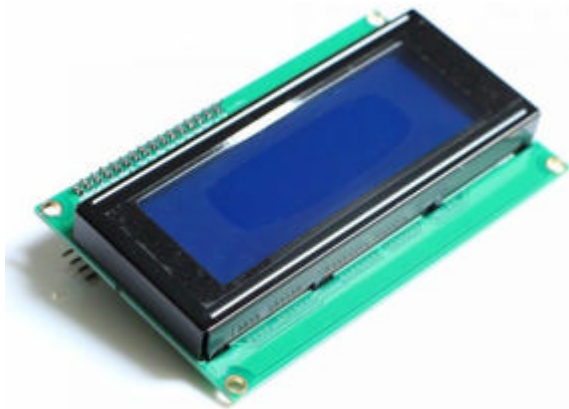


Рисунок 2.5 – LCD дисплей

Для дистанційного контролю системи клімат-контролю на невеликій відстані застосовується модуль бездротового зв'язку Wi-Fi. Його використання дає змогу віддалено змінювати задану температуру, вмикати або вимикати обдув повітря, а також контролювати виникнення аварійних ситуацій.

Як Wi-Fi-модуль обрано ESP-01S, побудований на базі мікроконтролера ESP8266. Зовнішній вигляд модуля наведено на рисунку 2.6.

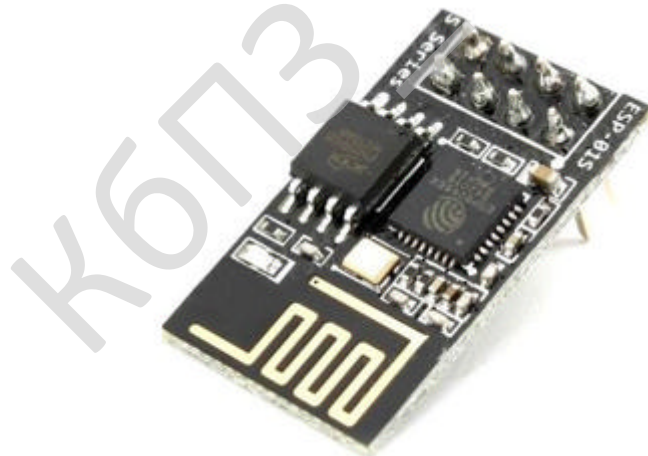


Рисунок 2.6 – Модуль Wi-Fi ESP-01S

Таблиця 2.2 – 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°C до 70°C
6	Напруга живлення	3,3 В
7	Вартість	79 грн

Для вимірювання температури та відносної вологості обрано поширений у прототипуванні цифровий датчик DHT22 (рис. 2.7). Даний датчик відзначається підвищеною точністю вимірювань, має заводське калібрування та характеризується низьким енергоспоживанням.



Рисунок 2.7 – Датчик температури і вологості DTH 22

Основні технічні характеристики датчику наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики датчика DTH 22

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

Для забезпечення відліку та відображення поточного часу незалежно від стану акумулятора транспортного засобу використовується модуль годинника реального часу на базі мікросхеми DS3231 (рис. 2.8). Даний модуль відзначається високою точністю ходу, оскільки кварцовий резонатор інтегрований

безпосередньо в корпус мікросхеми, а також застосовується цифрова температурна компенсація, що коригує точність роботи годинника залежно від температури навколишнього середовища. Крім того, модуль має компактні габаритні розміри, що є важливим для зручного компонування та забезпечення ергономічності майбутнього пристрою.



Рисунок 2.8 – Модуль годинника DS3231

Під час подорожі в автомобілі варто слідкувати також за концентрацією.

Контроль концентрації чадного газу (CO) є важливим, оскільки цей газ не має запаху, проте становить серйозну загрозу для здоров'я та життя людини. Для вимірювання рівня CO було обрано модуль датчика якості повітря CCS811 (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Модуль датчика якості повітря CCS811 [16]

Модуль датчика CCS811 - це компактний цифровий газовий сенсор, призначений для моніторингу якості повітря. Датчик побудований на основі метал-оксидної (MOX) технології та забезпечує вимірювання сумарного еквівалента

летких органічних сполук (eTVOC), а також еквівалентної концентрації CO₂. У середині мікросхеми інтегровано мікроконтролер, а зчитування даних здійснюється через інтерфейс I2C.

Сенсор CCS811 підтримує декілька режимів роботи, оптимізованих з точки зору енергоспоживання: режим активного вимірювання та режим очікування, що дозволяє зменшити споживання енергії і продовжити термін служби джерела живлення в портативних пристроях.

Для зручності використання на платі модуля виведені всі необхідні контакти для підключення датчика, а також передбачено можливість підключення термістора типу NTC для вимірювання температури повітря, що може застосовуватися для температурної компенсації показань

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні технічні характеристики датчику CCS811 [16]

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

Для керування системою та встановлення необхідних значень температури і вологості використовується енкодер із вбудованою кнопкою - модуль KY-040 (рис. 2.10).

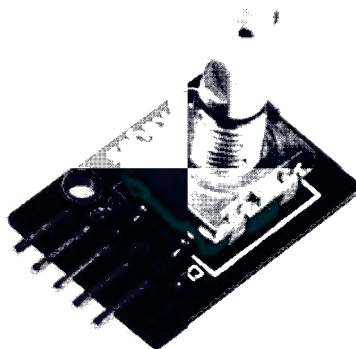


Рисунок 2.10 – Модуль енкодера KY-040 [16]

Модуль енкодера має 20 фіксованих положень на один оберт вала. Датчик кута повороту оснащений трьома контактами, позначеними А, В і С. Принцип роботи енкодера базується на зміні стану внутрішніх перемикачів: один з них з'єднує контакти А і В, інший - В і С. Під час обертання вала змінюється стан цих перемикачів, що дозволяє визначити напрямок і кількість кроків повороту. Крім того, енкодер обладнаний кнопкою, яка спрацьовує при натисканні на вал.

Низький логічний рівень (TTL) формується при замиканні контактів, у результаті чого на виводи CLK і DT подається логічний нуль. Високий логічний рівень відповідає подачі напруги живлення 5В. Виводи CLK і DT передають інформацію про обертання вала енкодера за або проти годинникової стрілки. Орієнтовна вартість модуля становить 33 грн.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на кваліфікаційну роботу, реалізації розробка програмного забезпечення для управління мікрокліматом. В процесі розробки кваліфікаційної роботи необхідно виконати наступний обсяг проекту:

- а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;
- б) вибрати та обґрунтувати методику розробки відповідної системи та програмного забезпечення. Розробити функціональну та структурну схеми системи;
- в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;
- г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран результатів аналізу та тестування;
- д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

успішну експлуатацію;

е) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Програмне забезпечення системи керування параметрами мікроклімату в транспортній техніці виконує ключову роль у забезпеченні комфортних умов перебування людей у салоні транспортного засобу, а також у підвищенні загальної ефективності експлуатації техніки. Основним призначенням системи є автоматизоване регулювання параметрів внутрішнього середовища, таких як температура, відносна вологість повітря, швидкість його руху та якість повітряного середовища. Забезпечення оптимального мікроклімату сприяє не лише комфорту пасажирів, але й підвищенню концентрації водія, що безпосередньо впливає на безпеку руху.

Функціонування програмного забезпечення базується на принципі безперервного моніторингу параметрів середовища та оперативного реагування на їх зміну. На початковому етапі роботи системи виконується процедура ініціалізації, під час якої відбувається перевірка доступності та працездатності всіх підключених компонентів. Зокрема, здійснюється опитування датчиків температури, вологості, а також інших сенсорів, які можуть використовуватися для оцінки якості повітря, наприклад, датчиків вмісту вуглекислого газу або летких органічних сполук. Одночасно перевіряється готовність виконавчих пристроїв, до яких належать вентилятори, нагрівальні елементи, компресори кондиціонера та керовані заслінки.

Після завершення ініціалізації система переходить у робочий режим, у якому всі процеси відбуваються циклічно. Програмне забезпечення з певною періодичністю виконує зчитування даних із датчиків. Частота опитування визначається вимогами до точності регулювання та обмеженнями апаратної платформи. Отримані дані надходять до модуля обробки, де проходять кілька

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

етапів підготовки перед використанням у керуючих алгоритмах. До таких етапів належить фільтрація випадкових шумів, усереднення значень за певний проміжок часу, а також перевірка на допустимість отриманих значень. Це дозволяє уникнути впливу короточасних коливань і підвищити стабільність роботи системи.

Подальший етап полягає у порівнянні фактичних значень параметрів із заданими користувачем або встановленими за замовчуванням. У разі виявлення відхилення від оптимального діапазону система формує керуючі впливи, спрямовані на нормалізацію умов у салоні. Наприклад, якщо температура перевищує заданий рівень, активується система охолодження, тоді як при її зниженні запускається обігрів. Одночасно може змінюватися швидкість роботи вентиляторів, що забезпечує більш ефективний розподіл повітря.

Алгоритми керування можуть бути реалізовані з використанням різних підходів, серед яких найбільш поширеними є порогові алгоритми, пропорційно-інтегрально-диференціальні регулятори, а також адаптивні методи керування. Вибір конкретного алгоритму залежить від вимог до точності, швидкодії та складності системи. У простіших випадках достатньо використання порогового керування, тоді як більш складні системи потребують застосування регуляторів, які дозволяють уникнути різких коливань параметрів.

Особливістю функціонування системи є її здатність адаптуватися до змін зовнішніх умов. Програмне забезпечення враховує температуру зовнішнього повітря, інтенсивність сонячного випромінювання, кількість людей у салоні та інші фактори, що можуть впливати на мікроклімат. Наприклад, при різкому підвищенні температури зовнішнього середовища система може заздалегідь активувати охолодження, щоб запобігти перегріву салону. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність роботи та зменшити енергоспоживання.

Користувацький інтерфейс системи відіграє важливу роль у забезпеченні зручності її використання. Він дозволяє встановлювати бажані параметри мікроклімату, обирати режими роботи та отримувати інформацію про поточний

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

стан системи. Інтерфейс може бути реалізований у вигляді фізичних елементів керування або програмного додатка, що взаємодіє із системою через мережеві протоколи. У сучасних реалізаціях передбачається можливість дистанційного керування, що дозволяє змінювати параметри ще до початку поїздки.

Важливою складовою програмного забезпечення є модуль діагностики, який забезпечує контроль справності системи. У разі виявлення несправностей система формує повідомлення для користувача та може переходити у режим обмеженої функціональності. Наприклад, при відмові датчика температури система може використовувати резервні значення або перейти в безпечний режим, що запобігає пошкодженню обладнання.

Значна увага приділяється збереженню даних про функціонування системи. Інформація про зміни параметрів мікроклімату, режими роботи та події записується у пам'ять або передається на сервер. Це дозволяє здійснювати подальший аналіз, виявляти закономірності та вдосконалювати алгоритми керування. Зібрані дані можуть бути використані для прогнозування умов і підвищення ефективності системи.

Енергоефективність є одним із ключових критеріїв функціонування системи. Програмне забезпечення оптимізує роботу виконавчих пристроїв, мінімізуючи витрати енергії при збереженні необхідного рівня комфорту. Це досягається за рахунок використання адаптивних алгоритмів, які враховують поточний стан системи та прогнозовані зміни умов.

У процесі функціонування система також враховує режими експлуатації транспортного засобу. Наприклад, під час стоянки може використовуватися економний режим, тоді як під час руху забезпечується більш інтенсивне регулювання параметрів. Це дозволяє ефективно використовувати ресурси та продовжити термін служби обладнання.

Таким чином, програмне забезпечення системи керування мікрокліматом забезпечує комплексне управління параметрами середовища в транспортному засобі. Воно об'єднує функції збору даних, їх обробки, прийняття рішень і

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

керування виконавчими пристроями. Завдяки цьому досягається високий рівень комфорту, безпеки та ефективності експлуатації транспортної техніки. Система є гнучкою та масштабованою, що дозволяє адаптувати її до різних типів транспортних засобів і умов використання.

Додатково варто зазначити, що програмне забезпечення може підтримувати інтеграцію з іншими системами транспортного засобу, такими як системи навігації, інформаційно-розважальні комплекси або системи безпеки. Така інтеграція дозволяє розширити функціональні можливості та забезпечити більш високий рівень автоматизації.

Перспективним напрямком розвитку є використання інтелектуальних алгоритмів, зокрема методів машинного навчання, які дозволяють системі самостійно адаптуватися до звичок користувачів і змін умов експлуатації. Це відкриває нові можливості для підвищення ефективності та зручності використання систем керування мікрокліматом.

Після вибору всіх компонентів необхідно виконати розробку електричної принципової схеми. Основними вимогами є забезпечення стабільного живлення всіх модулів системи, а також захист від перепадів напруги, що виникають під час запуску двигуна та в процесі роботи автомобіля. Для реалізації цих вимог доцільно застосувати імпульсні перетворювачі напруги.

У розроблюваній системі передбачено використання трьох рівнів напруги живлення: 3,3В, 5В і 12В. Водночас необхідно враховувати відмінності параметрів бортової мережі легкових і вантажних автомобілів: у легкових автомобілях напруга становить приблизно 12–14В, тоді як у вантажних - 23–25В. З огляду на це, джерело живлення повинно забезпечувати стабільну роботу в широкому діапазоні вхідної напруги.

Після аналізу технічних рішень виробників імпульсних перетворювачів було обрано мікросхему ST1S14 (рисунок. 3.1). Даний пристрій є понижувальним DC/DC-перетворювачем, який широко застосовується в сучасних електронних системах.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

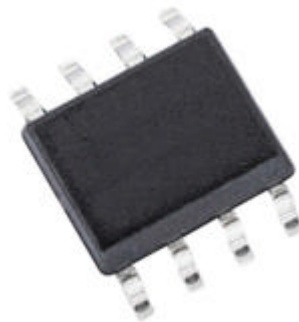


Рисунок 3.1 – DC/DC перетворювач ST1S14 [17]

Основні характеристики перетворювача наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики DC/DC перетворювача

№	Параметр	Значення
1	Діапазон вхідної напруги	від 5,5 В до 48 В
2	Діапазон вихідної напруги	від 1,22 В
3	Максимальний вихідний струм	3 А
4	Робоча температура	від -40°C до 80°C
5	Кількість виходів	1
6	Вартість	120 грн

Після вибору базового елемента перетворювача необхідно розробити електричну принципову схему відповідно до вимог технічної документації. На рисунку 3.2 наведено електричну принципову схему модуля перетворювача напруги.

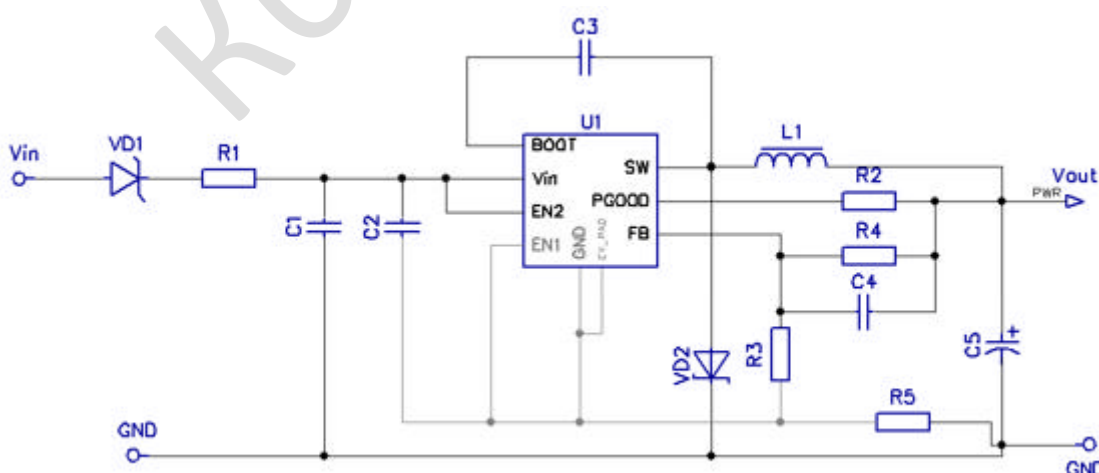


Рисунок 3.2 – Схема електрична принципова модуля перетворювача напруги

У готовому проєкті передбачено використання трьох однакових за структурою модулів перетворювача напруги, розрахованих на формування трьох різних рівнів живлення: 3,3В, 5В і 12В. Основні відмінності між ними полягають у номіналах окремих електронних компонентів, що забезпечує отримання необхідної вихідної напруги.

Наявність трьох рівнів напруги є необхідною умовою для коректної роботи датчиків та інших складових системи, оскільки різні компоненти мають різні вимоги до живлення.

Вартість модуля перетворювача напруги визначається не лише ціною мікросхеми-перетворювача, але й сумарною вартістю всіх електронних компонентів, а також друкованої плати. Перелік елементів, що входять до складу модуля перетворювача напруги, наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Перелік електронних компонентів перетворювача напруги

Позиційний номер	Параметр	Значення
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

Розробка схеми електричної принципової системи контролю мікроклімату

Для розробки електричної принципової схеми системи контролю мікроклімату було використано програмне середовище Fritzing. На рисунку 3.3 зображено головне вікно програмного забезпечення Fritzing.

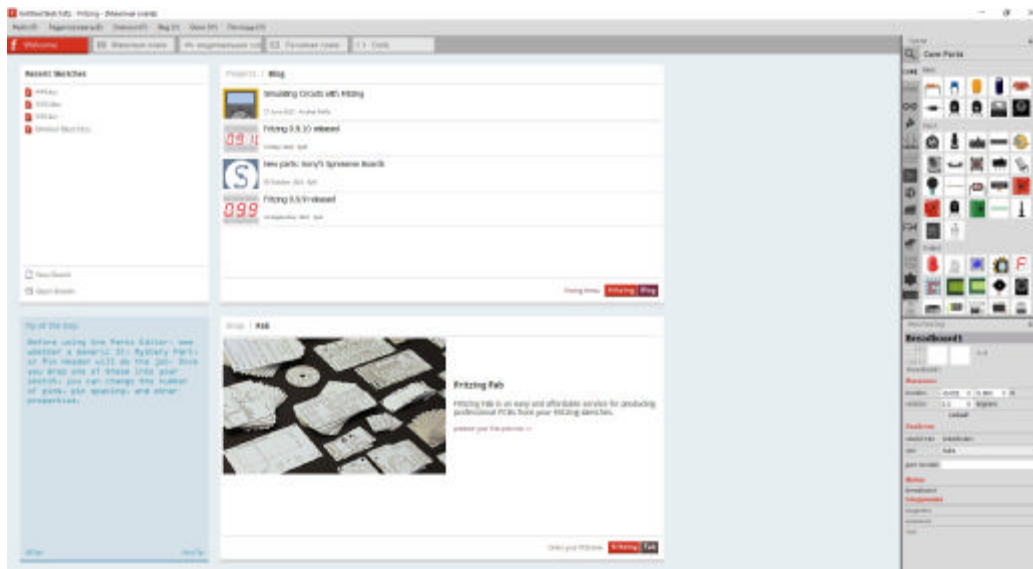


Рисунок 3.3 – Головне вікно Fritzting

Fritzing - це програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, призначене для спрощення процесу прототипування та розробки електронних проєктів на базі популярних платформ, таких як Arduino, Raspberry Pi, ESP32 та інших. Для наочності в програмі використовуються графічні зображення реальних електронних компонентів із можливістю підключення провідників до їхніх виводів. Усі елементи зберігаються у спеціалізованих бібліотеках компонентів.

Стандартна версія програми містить обмежену кількість моделей, тому для роботи з розширеним переліком компонентів часто необхідно додатково завантажувати бібліотеки з мережі Інтернет.

Після вибору всіх необхідних елементів було розроблено електричну принципову схему макета системи клімат-контролю. Електричну принципову схему системи наведено на рисунку 3.4.

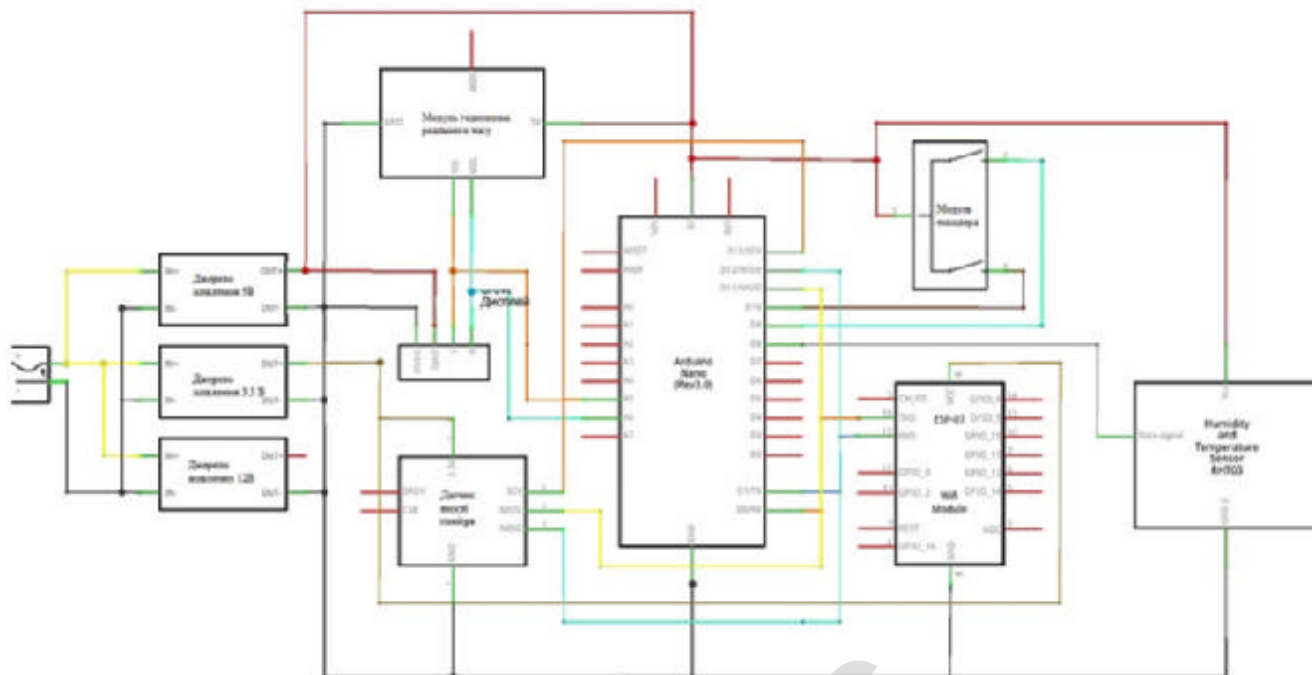


Рисунок 3.4 – Схема електрична принципова макету системи

На основі розробленої електричної принципової схеми можна зробити висновок, що система є достатньо складною як з електротехнічної, так і з програмної точки зору.

Третє джерело живлення, зображене на схемі, у базовій конфігурації не використовується. Воно передбачене для підключення додаткових виконавчих пристроїв автомобіля, зокрема електромагнітних реле, електродвигунів та нагрівальних елементів. Запропонована система реалізується у базовому варіанті з можливістю подальшого розширення функціональних можливостей.

Окрім розробки електричної схеми, необхідно спроектувати друковану плату для модулів живлення, оскільки вони містять значну кількість компонентів, а використання навісного монтажу є незручним і малопрактичним.

Вибір середовища проектування друкованої плати

Для розробки та трасування друкованої плати модулів живлення було використано програмний пакет DipTrace.

DipTrace - це багатофункціональна система автоматизованого проектування (САПР), призначена для створення електронних схем і друкованих

плат різної складності - від початкової ідеї до готового виробу. Програма забезпечує автоматизоване проєктування друкованих і монтажних плат на основі електричної схеми, містить велику бібліотеку компонентів (понад 40 тис. елементів), підтримує редагування компонентів і корпусів, а також відзначається зручністю використання, що дозволяє суттєво скоротити час і витрати на розробку [18].

До складу програмного комплексу входять чотири основні модулі:

- PCB Layout - інструмент проєктування друкованих плат із підтримкою інтерактивного та автоматичного трасування.
- Schematic - середовище створення принципових схем із подальшим перетворенням у друковану плату.
- ComEdit - редактор корпусів компонентів для друкованих плат.
- SchemEdit - редактор компонентів для створення умовних позначень і встановлення зв'язків між символами та корпусами.

Процес роботи супроводжується підсвічуванням редагованих елементів і пов'язаних з ними об'єктів, що покращує наочність під час проєктування схеми або плати. Зміна одного елемента автоматично коригує пов'язані з ним об'єкти, що виключає появу розірваних з'єднань або логічних помилок. Система формує цілісну логічну структуру схеми та друкованої плати, яку можна редагувати як у графічному режимі, так і шляхом табличного задання з'єднань.

Однією з ключових переваг цього програмного забезпечення є простота освоєння та використання при збереженні функціональних можливостей, характерних для професійних САПР електроніки. Трасування друкованої плати виконано в середовищі DipTrace PCB Layout. У результаті розробки отримано друковану плату зі змішаним монтажем, зокрема із застосуванням SMD-компонентів.

Розміщення компонентів виконано з урахуванням того, що більшість елементів реалізовано в SMD-корпусах типорозміру 0805. Компонування плати здійснювалося з урахуванням розділення вхідного та вихідного кіл. Друкована

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

плата виконана двосторонньою, а для покращення тепловідведення від мікросхеми під нею передбачено масив перехідних отворів.

Розміщення елементів за допомогою засобів САПР виконано таким чином, щоб забезпечити мінімальну довжину струмопровідних доріжок [19–20].

За результатами розрахунку визначено габаритні розміри друкованої плати з урахуванням вимог нормативної документації, згідно з якими співвідношення сторін не повинно перевищувати 3:1, а довжина 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 прийнято рівною 1,5 мм. Такий вибір обґрунтований необхідністю забезпечення достатньої механічної міцності при збереженні компактності конструкції.

Розроблюваний друкований модуль має такі габаритні розміри: 60 × 22 × 1,5 мм.

Як матеріал основи друкованої плати обрано склотекстоліт марки СФ-2-35Г-1,5.

У результаті проектування та розрахунків було розроблену друковану плату, яка наведена на рисунку 3.5.

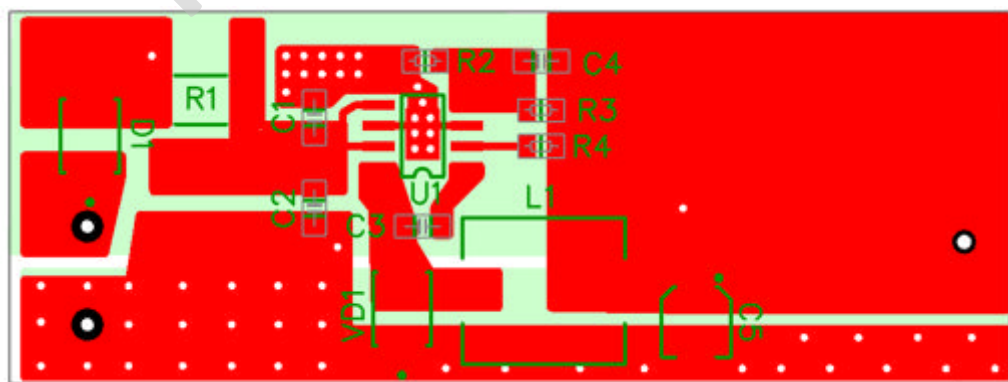


Рисунок 3.5 – Трасування друкованої плати модулю живлення

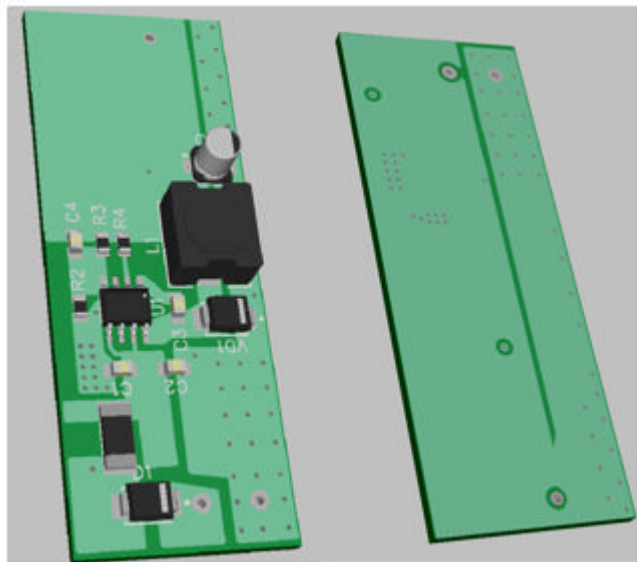


Рисунок 3.6 – 3D вигляд друкованого модулю

Друкована плата модуля виготовлена зі склотекстоліту з одностороннім мідним шаром. Такий вибір обґрунтований спрощенням технології виготовлення, зручністю монтажу та зниженням загальної вартості виробу [21]. Плата виконана з фольгованого склотекстоліту марки СФ-2-35Г-1.

Зазначений матеріал характеризується такими параметрами:

- високим питомим поверхневим опором;
- міцністю відшарування мідної фольги (смужка шириною 3 мм) $\sigma = 4,01\text{Н}$;
- робочим температурним діапазоном від $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- коефіцієнтом теплопровідності $0,25\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- температурним коефіцієнтом лінійного розширення $(1/\text{К})$.

Виготовлення друкованої плати здійснюється хімічним методом за субтрактивною технологією, суть якої полягає у вибіркового травленні незахищених ділянок мідної фольги. Перевагами цього методу є можливість механізації та автоматизації виробничого процесу, а також отримання друкованих плат високої якості [24].

Параметри провідного рисунка друкованої плати прийнято такими:

- ширина провідника - $0,45\text{ мм}$;

– відстань між провідниками - 0,2 мм.

З урахуванням середньої щільності провідного рисунка друкована плата виготовляється за 2-м класом точності та характеризується такими показниками:

- мінімальна ширина провідника - 0,45 мм;
- мінімальна відстань між провідниками - 0,2 мм.

Відповідно до прийнятого класу точності та щільності провідного рисунка крок координатної сітки обрано рівним 2,5 мм.

Розробка корпусних частин системи клімат контролю

З метою захисту пристрою від зовнішніх впливів, а також для забезпечення зручності експлуатації було спроектовано корпус, у якому розміщено всі складові елементи системи.

Для створення тривимірних моделей і проєктування деталей корпусної частини макета використано систему автоматизованого проєктування SolidWorks 2017. Дана САПР призначена для твердотілого параметричного моделювання машинобудівних конструкцій і розроблена для роботи на персональних комп'ютерах під керуванням операційної системи Windows. Програма має зручний і зрозумілий інтерфейс, а також інструменти параметричного моделювання, що дозволяють створювати тривимірні моделі деталей, складальні одиниці та автоматично генерувати креслення, суттєво скорочуючи терміни проєктування і загальний час розробки.

Усі спроектовані деталі корпусу виготовляються методом 3D-друку з використанням пластику ABS. Розроблену модель корпусу виконавчого модуля наведено на рисунках 3.7–3.10.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рисунок 3.7 – Передня панель пристрою

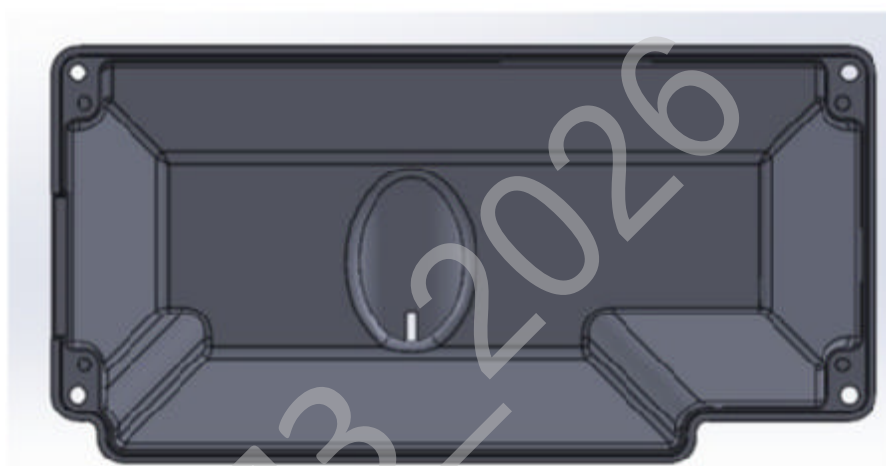


Рисунок 3.8 – Задня частина корпусу (кришка)

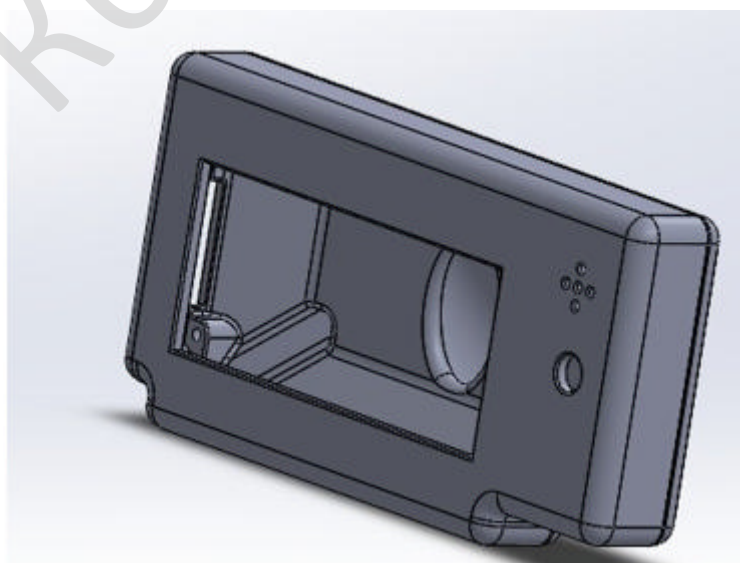


Рисунок 3.9 – 3D-модель зібраного корпусу

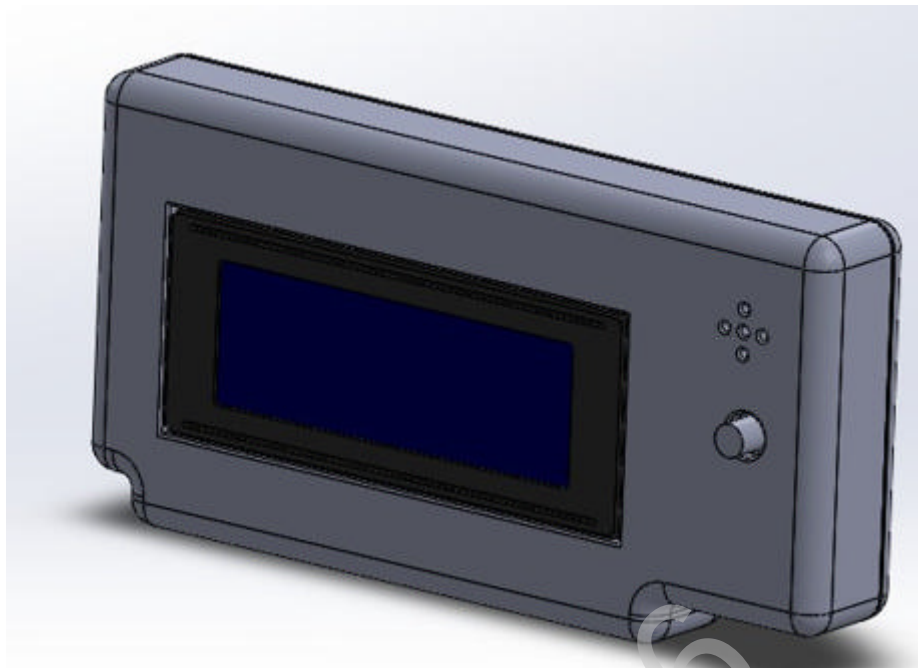


Рисунок 3.10 – 3D-модель зібраного корпусу з встановленою електронікою

У підсумку, розроблене програмне забезпечення забезпечує ефективне, надійне та гнучке керування параметрами мікроклімату, що є важливим елементом сучасних транспортних систем і відповідає вимогам до автоматизації та енергоефективності.

3.2 Розробка структурної схеми

У результаті проведеного аналізу систем клімат-контролю транспортних засобів було отримано необхідні відомості щодо конструктивних особливостей і функціональних можливостей майбутнього пристрою. На підставі зібраної інформації розроблено структурну схему системи клімат-контролю салону транспортного засобу, у якій відображено основні складові елементи пристрою (рисунок 3.11).

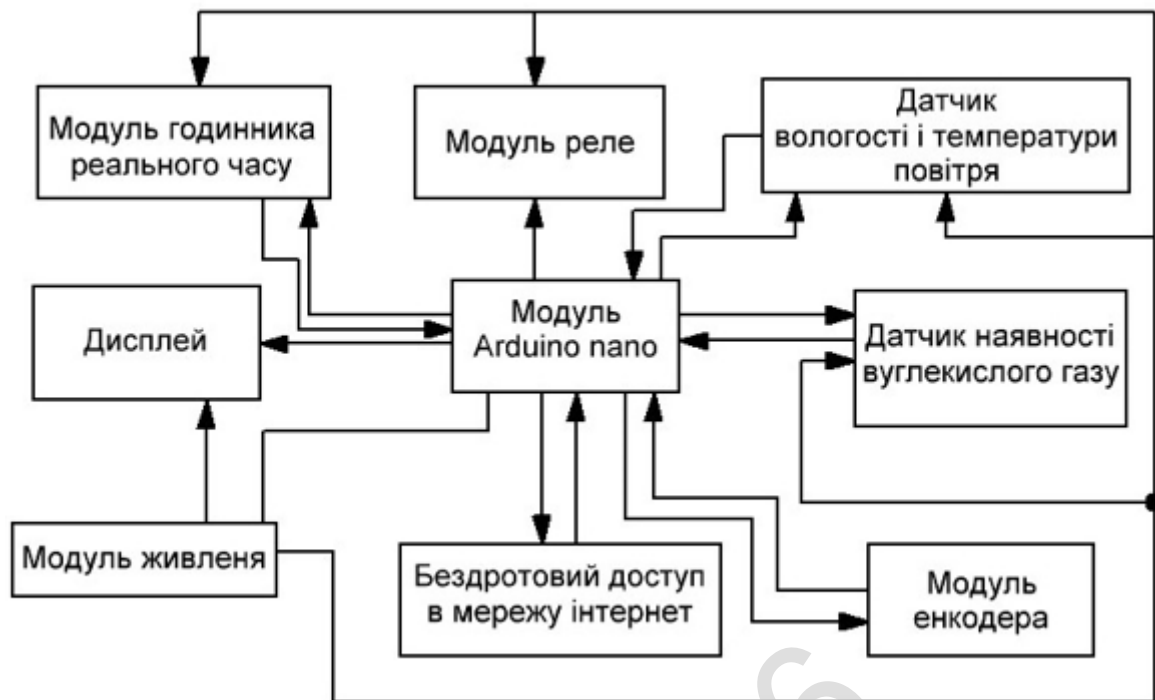


Рисунок 3.11 - Структурна схема системи контролю мікроклімату в транспортному засобі

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничого приміщення призначена для збору, обробки, відображення та передачі інформації про основні параметри повітряного середовища. Система побудована на базі мікроконтролера ATmega328, який виконує центральну роль у керуванні всіма функціональними блоками.

На рисунку 3.3 зображено функціональну схему системи.

Загальний опис системи

Система призначена для:

- контролю диму, метану та CO;
- вимірювання температури і вологості;
- подачі сигналу тривоги;
- відображення даних на дисплеї;
- керування виконавчими елементами (сирена, світло, реле).

Центральним елементом є **Arduino UNO R3**, який обробляє всі сигнали.

Основні функціональні блоки

Мікроконтролер (Arduino UNO)

- Зчитує сигнали з датчиків;
- Аналізує значення (пороги газу, температура);
- Керує:
 - дисплеєм;
 - світлодіодами;
 - зумером;
 - реле.

Датчик температури і вологості

- Підключення через **1-wire** / **цифровий сигнал**;
- Використовуються резистори підтяжки (**R3, R5**);
- Передає:
 - температуру;
 - вологість.

Arduino періодично опитує датчик.

Газові датчики

MQ-2 (дим)

Виявляє:

- дим;
- горючі гази.

Має аналоговий вихід.

MQ-9 (метан + CO)

Виявляє:

- чадний газ (CO);
- метан.

Принцип: Чим більше газу тим більша напруга на виході.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

LCD дисплей

Відображає:

- температуру;
- вологість;
- стан газів;
- повідомлення "ТРИВОГА";
- підключений по паралельному інтерфейсу (4/8 біт).

Система оповіщення:

- **Зумер (LS1)**- звуковий сигнал при тривозі;
- **Світлодіод (D5)** - візуальна індикація.

Вмикаються при перевищенні порогів.

Реле (КН1)- керує зовнішнім навантаженням:

- вентиляція;
- сирена;
- освітлення.

Живлення - акумулятор (6V).

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

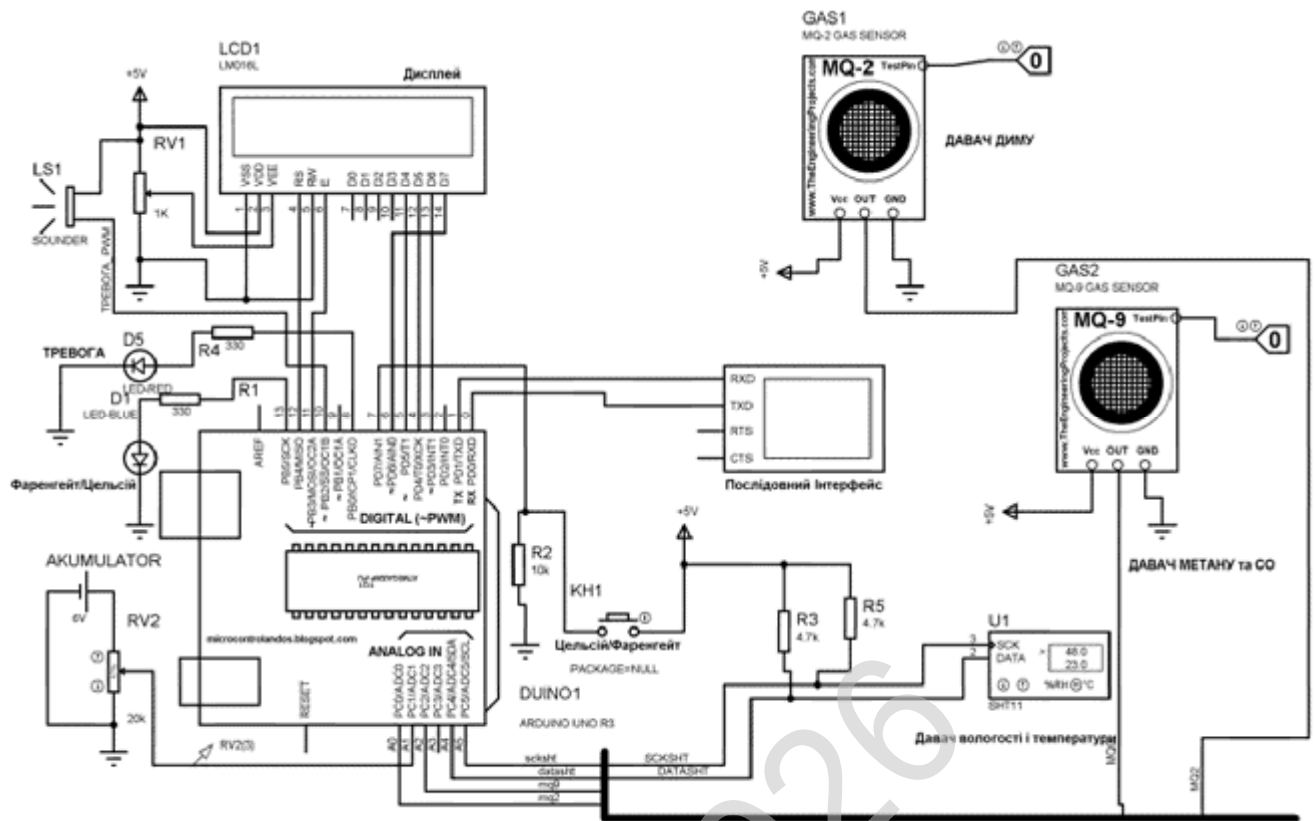


Рисунок 3.12 - Функціональна схема системи керування

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма, що ілюструє взаємодію процесів у розробленій системі, створеній у межах випускної бакалаврської кваліфікаційної роботи, представлена на рисунку 3.13.

Діаграма процесів відображає послідовність виконання основних операцій програмного забезпечення системи моніторингу параметрів мікроклімату на базі мікроконтролера ATmega328. Вона описує логіку функціонування системи від моменту запуску до безперервного циклічного контролю параметрів середовища.

Ініціалізація системи

Процес починається з подачі живлення на систему. Мікроконтролер **Arduino UNO** виконує ініціалізацію:

- налаштування портів вводу/виводу;
- запуск LCD дисплея;

- ініціалізація датчика температури і вологості;
- встановлення початкових значень порогів;
- виконавчі пристрої (зумер, реле, світлодіод) переводяться у вимкнений

стан.

Основний цикл роботи системи

Система працює у безперервному циклі опитування та обробки даних.

Зчитування даних з датчиків

Датчик температури та вологості

Arduino надсилає запит до датчика отримує значення температури і вологості. Дані зберігаються у внутрішніх змінних.

Газові датчики MQ-2 та MQ-9

Arduino зчитує аналогові сигнали:

- MQ-2 - рівень диму;
- MQ-9 - рівень метану та CO.

Значення перетворюються АЦП у цифрову форму.

Обробка та аналіз даних

Порівняння отриманих значень із заданими порогоми:

- температура допустимого значення;
- концентрація газу - порога.

Формується логічний стан системи:

- норма;
- попередження;
- тривога.

Прийняття рішення

Якщо всі параметри в нормі:

- система переходить у стан "Нормальний режим".

Якщо перевищено поріг:

- система переходить у стан "Тривога".

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Взаємодія з виконавчими пристроями

У нормальному режимі:

- Зумер вимкнений.
- Світлодіод вимкнений.
- Реле вимкнене.

У режимі тривоги:

- Активується зумер (звуковий сигнал).
- Вмикається світлодіод (візуальна індикація).
- Спрацьовує реле (включення зовнішнього пристрою, наприклад вентиляції).

Відображення інформації

На LCD дисплей виводиться:

- температура;
- вологість;
- рівень газу;
- стан системи (Норма /Тривога).

Повернення до циклу

Після завершення обробки:

- система повертається до етапу зчитування датчиків;
- Цикл повторюється безперервно.

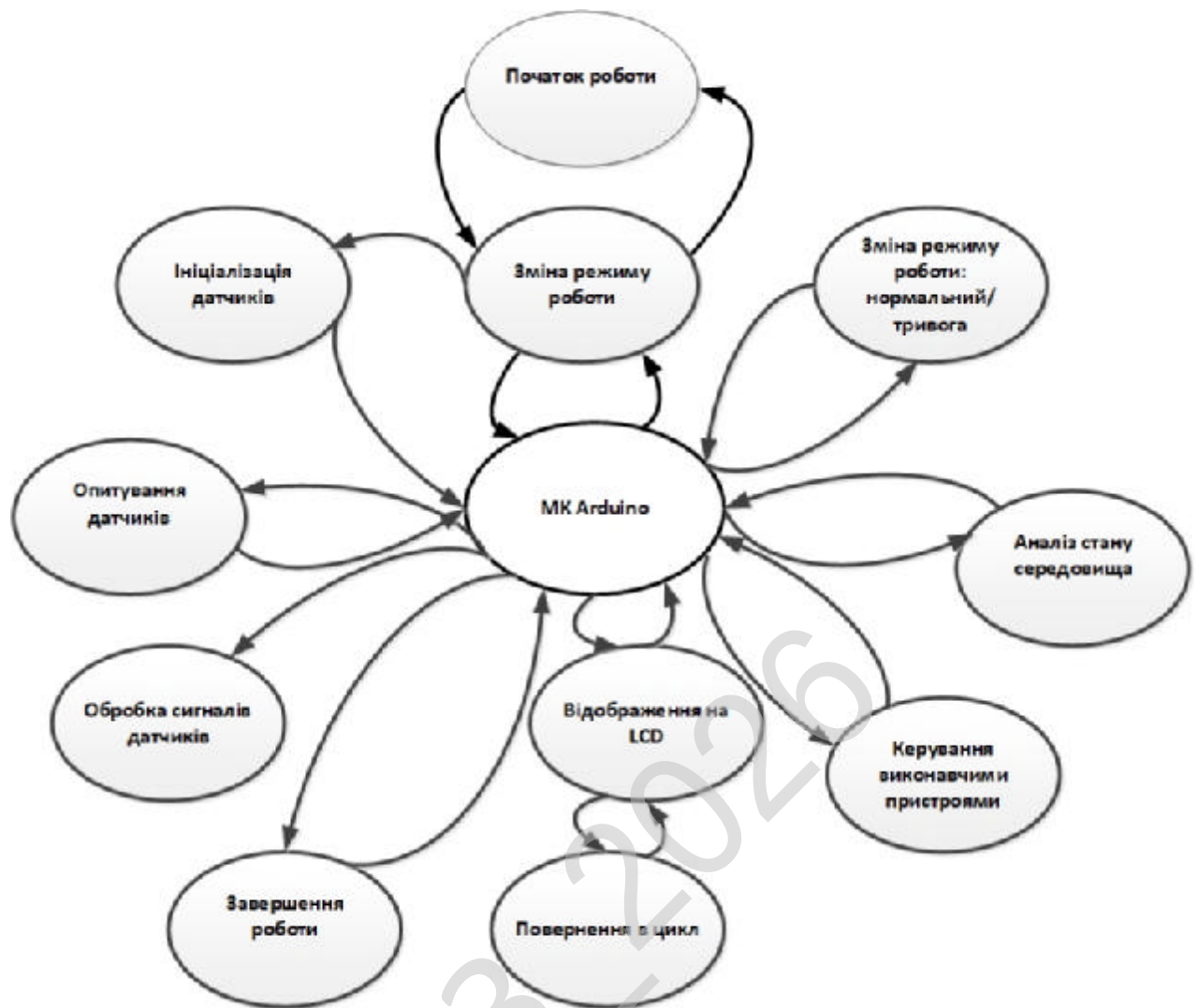


Рисунок 3.13 – Діаграма взаємодії процесів

Отже, після аналізу опису системи, структурної та функціональної схем, а також діаграми взаємодії процесів, переходимо до опису блок-схем основної програми та підпрограм, що використовуються для реалізації системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи

У процесі реалізації програмного забезпечення системи керування параметрами мікроклімату важливим аспектом є забезпечення стабільної та передбачуваної роботи в умовах змінного середовища, характерного для транспортної техніки. Програмна система повинна коректно функціонувати за різних температур зовнішнього повітря, вібрацій, нестабільності живлення та інших факторів, що можуть впливати на роботу електронних компонентів. У зв'язку з цим у програмному забезпеченні передбачено механізми перевірки коректності отриманих даних, дублювання критичних операцій та обробку виняткових ситуацій.

Однією з ключових задач є забезпечення реального часу обробки інформації. Оскільки зміни параметрів мікроклімату можуть відбуватися досить швидко, система повинна реагувати на них без суттєвих затримок. Для цього програмне забезпечення організовано таким чином, щоб мінімізувати час виконання основних операцій, а також уникати блокуючих викликів, які можуть призвести до затримок у роботі. Використання таймерів та переривань дозволяє забезпечити своєчасне виконання критичних функцій.

У реалізації програмного забезпечення також враховується необхідність забезпечення відмовостійкості системи. У випадку виникнення збоїв у роботі окремих компонентів система повинна продовжувати функціонування в обмеженому режимі або переходити у безпечний стан. Наприклад, при виході з ладу датчика температури система може використовувати останні коректні

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

значення або усереднені дані, що дозволяє уникнути різких змін у роботі виконавчих пристроїв.

Важливою складовою є управління енергоспоживанням. У транспортних засобах енергетичні ресурси є обмеженими, тому програмне забезпечення повинно забезпечувати ефективне використання електроенергії. Це досягається шляхом оптимізації режимів роботи виконавчих пристроїв, використання режимів сну для мікроконтролера та мінімізації активності системи у періоди, коли інтенсивне регулювання не є необхідним.

У процесі реалізації також враховується вплив людського фактору. Система повинна бути інтуїтивно зрозумілою для користувача, а її поведінка - передбачуваною. Для цього програмне забезпечення реалізує логіку, яка враховує типові сценарії використання, наприклад, швидке охолодження салону після тривалого перебування транспортного засобу на сонці або поступове нагрівання у холодну пору року.

Реалізація передбачає також можливість роботи в різних режимах керування. У автоматичному режимі система самостійно підтримує задані параметри мікроклімату, використовуючи закладені алгоритми. У ручному режимі користувач має можливість безпосередньо впливати на роботу окремих компонентів, що дозволяє більш гнучко налаштовувати систему відповідно до індивідуальних потреб.

У програмному забезпеченні реалізовано механізми калібрування датчиків, що дозволяє підвищити точність вимірювань. Калібрування може виконуватися як під час початкового налаштування системи, так і в процесі її експлуатації. Це особливо важливо в умовах, коли датчики можуть змінювати свої характеристики з часом.

Окрему увагу приділено забезпеченню сумісності з різними типами датчиків і виконавчих пристроїв. Програмне забезпечення розроблено таким чином, щоб можна було легко замінювати або додавати компоненти без

необхідності суттєвих змін у коді. Це досягається за рахунок використання стандартних інтерфейсів та абстрактних рівнів взаємодії.

У ході реалізації також враховано можливість використання системи в різних типах транспортної техніки, таких як легкові автомобілі, автобуси, сільськогосподарська техніка або спеціалізовані транспортні засоби. Для цього програмне забезпечення має гнучкі налаштування, що дозволяють адаптувати його до конкретних умов експлуатації.

З метою підвищення ефективності роботи системи можуть використовуватися алгоритми, що враховують інерційність змін параметрів мікроклімату. Наприклад, при зміні температури система може прогнозувати подальший її розвиток і відповідно коригувати роботу виконавчих пристроїв. Це дозволяє уникнути надмірного регулювання та зменшити енергоспоживання.

У програмному забезпеченні також передбачено можливість ведення статистики роботи системи. Зібрані дані можуть використовуватися для аналізу ефективності роботи, виявлення проблемних ділянок та вдосконалення алгоритмів керування. Наприклад, аналіз частоти увімкнення кондиціонера може дозволити визначити оптимальні параметри його роботи.

Реалізація програмного забезпечення включає також забезпечення безпеки передачі даних у разі використання мережевих інтерфейсів. Для цього можуть застосовуватися методи шифрування та автентифікації, що дозволяють запобігти несанкціонованому доступу до системи.

У процесі розробки важливим є тестування програмного забезпечення на різних етапах. Спочатку проводиться тестування окремих модулів, що дозволяє виявити помилки на ранніх стадіях. Після цього виконується інтеграційне тестування, під час якого перевіряється взаємодія між модулями. Завершальним етапом є тестування системи в реальних умовах експлуатації.

Реалізація також передбачає документування програмного забезпечення, що є важливою складовою для його подальшого використання та обслуговування.

Документація включає опис архітектури системи, алгоритмів роботи, а також інструкції для користувачів і обслуговуючого персоналу.

Загалом, процес реалізації програмного забезпечення системи керування мікрокліматом є комплексним і включає врахування великої кількості факторів, що впливають на її роботу. Використання сучасних методів програмування, оптимізація алгоритмів та забезпечення гнучкості системи дозволяють створити ефективне рішення, яке відповідає вимогам сучасної транспортної техніки.

Подальший розвиток системи може включати впровадження більш складних алгоритмів керування, інтеграцію з іншими системами транспортного засобу, а також використання нових типів датчиків і виконавчих пристроїв. Це дозволить ще більше підвищити рівень комфорту, безпеки та енергоефективності.

Таким чином, реалізація програмного забезпечення забезпечує не лише виконання основних функцій системи, але й створює основу для її подальшого розвитку та вдосконалення. Розроблене рішення може бути використане як універсальна платформа для побудови систем керування мікрокліматом у різних типах транспортної техніки, що підтверджує його практичну цінність і актуальність.

Розробка алгоритму роботи системи контролю мікроклімату

Перед початком розробки програмного забезпечення керування необхідно сформулювати алгоритм функціонування всієї системи.

Перший алгоритм описує роботу системи в автоматичному режимі, зокрема: запуск мікроконтролера, ініціалізацію датчиків і дисплея, зчитування поточних даних та керування параметрами мікроклімату. На рис. 3.1 наведено блок-схему ініціалізації системи та подальших процесів у автоматичному режимі.

Даний алгоритм містить одне розгалуження, яке розділяє програму на два режими роботи: автоматичний і ручний. У ньому також відображено функціонування пристрою в режимі очікування, тобто коли системи обігріву та охолодження салону автомобіля вимкнені.

Другий алгоритм описує автоматичний режим роботи системи: зчитування даних із датчиків, порівняння отриманих значень із заданими уставками та

керування положенням заслінок і швидкістю обертання електродвигуна вентилятора. Даний алгоритм має циклічний характер.

Третій алгоритм описує ручний режим роботи системи: зчитування даних із датчиків, порівняння отриманої інформації із параметрами, заданими користувачем, та керування заслінками і електродвигуном вентилятора. Цей алгоритм також реалізовано у вигляді циклу.

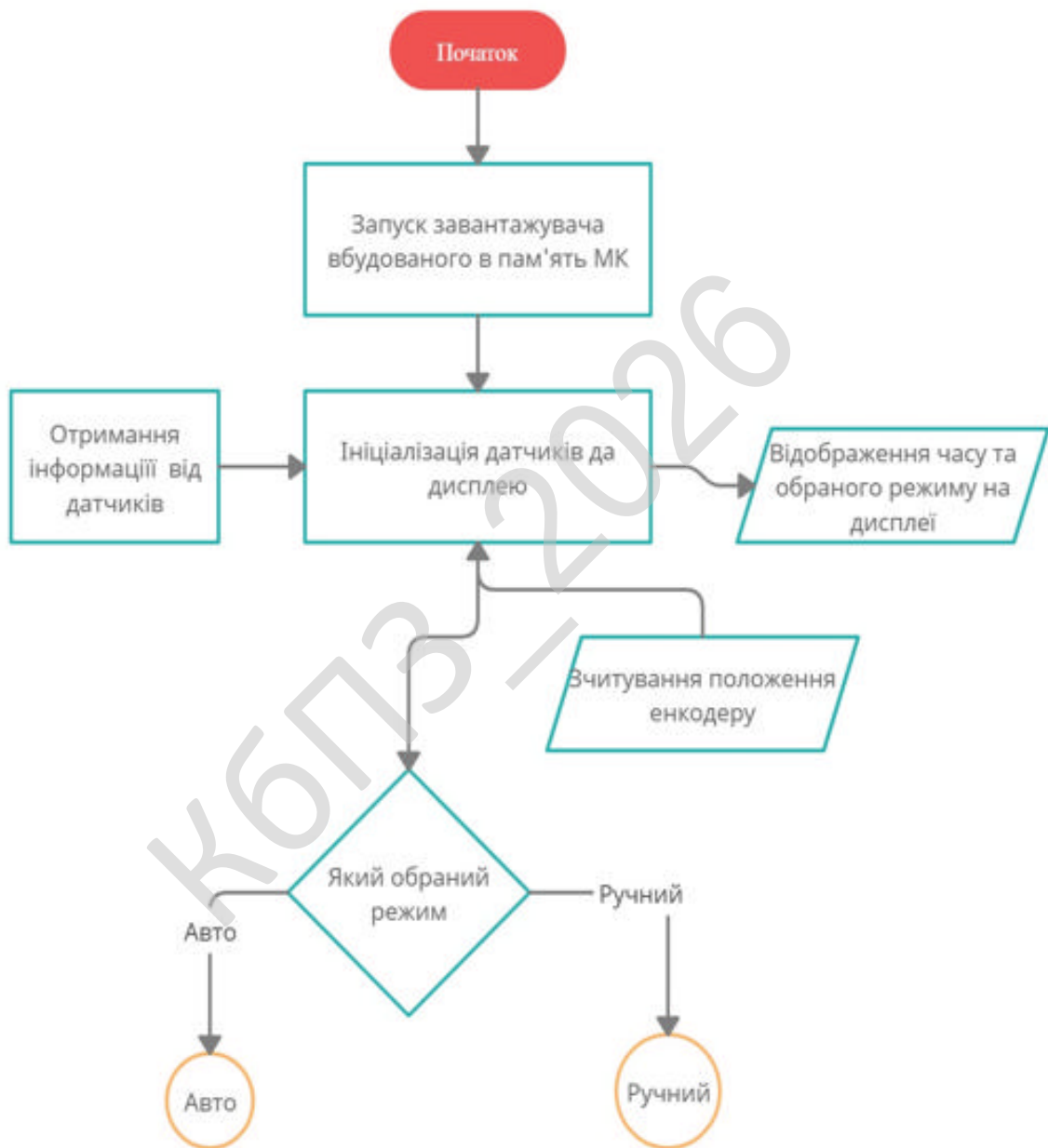


Рисунок 4.1 – Алгоритм роботи системи в режимі очікування

На рисунку 4.2 наведена схема алгоритму автоматичного режиму роботи.

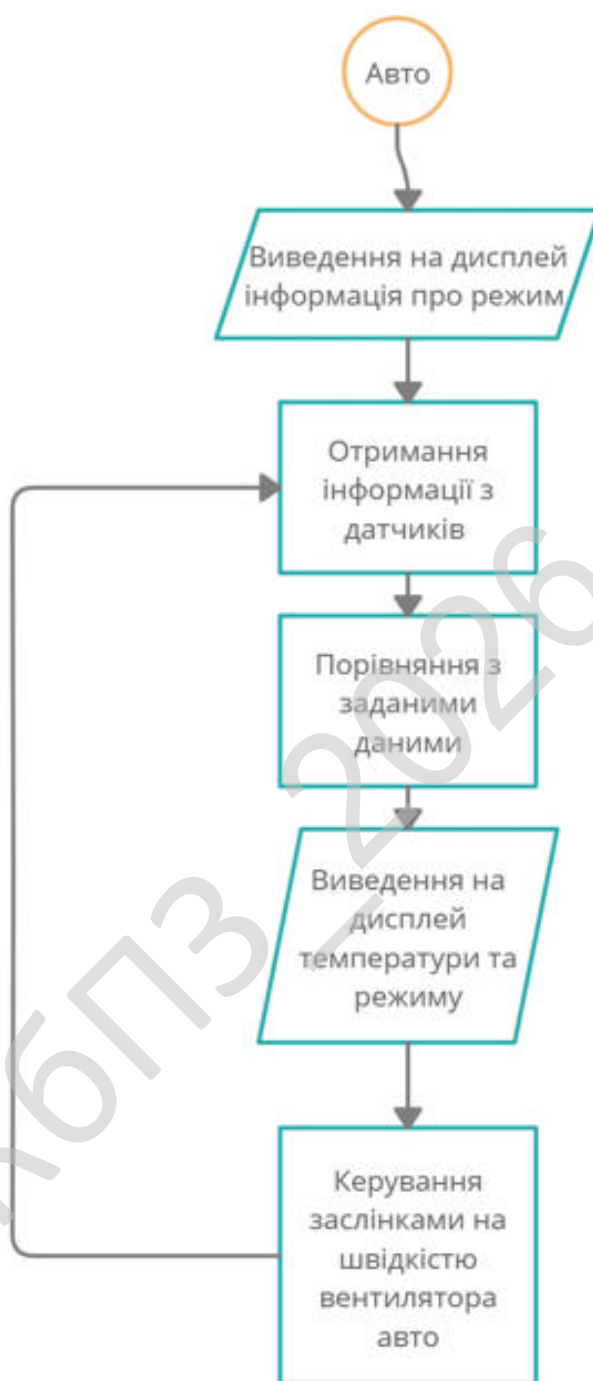


Рисунок 4.2 – Короткий алгоритм роботи режиму «авто»

На рисунку 4.3 наведена схема алгоритму ручного режиму роботи.



Рисунок 4.3 – Короткий алгоритм роботи режиму «ручний»

Розробка програмного коду керування системою

Плата Arduino Nano належить до сімейства плат Arduino, тому для спрощення процесу розробки програмного забезпечення було обрано інтегроване середовище розробки Arduino IDE (рисунок 4.4). Середовище Arduino IDE включає вбудований текстовий редактор програмного коду, область повідомлень, вікно виведення консолі, панель інструментів із кнопками швидкого доступу до основних команд, а також систему меню для керування процесом розробки та

налагодження програм.

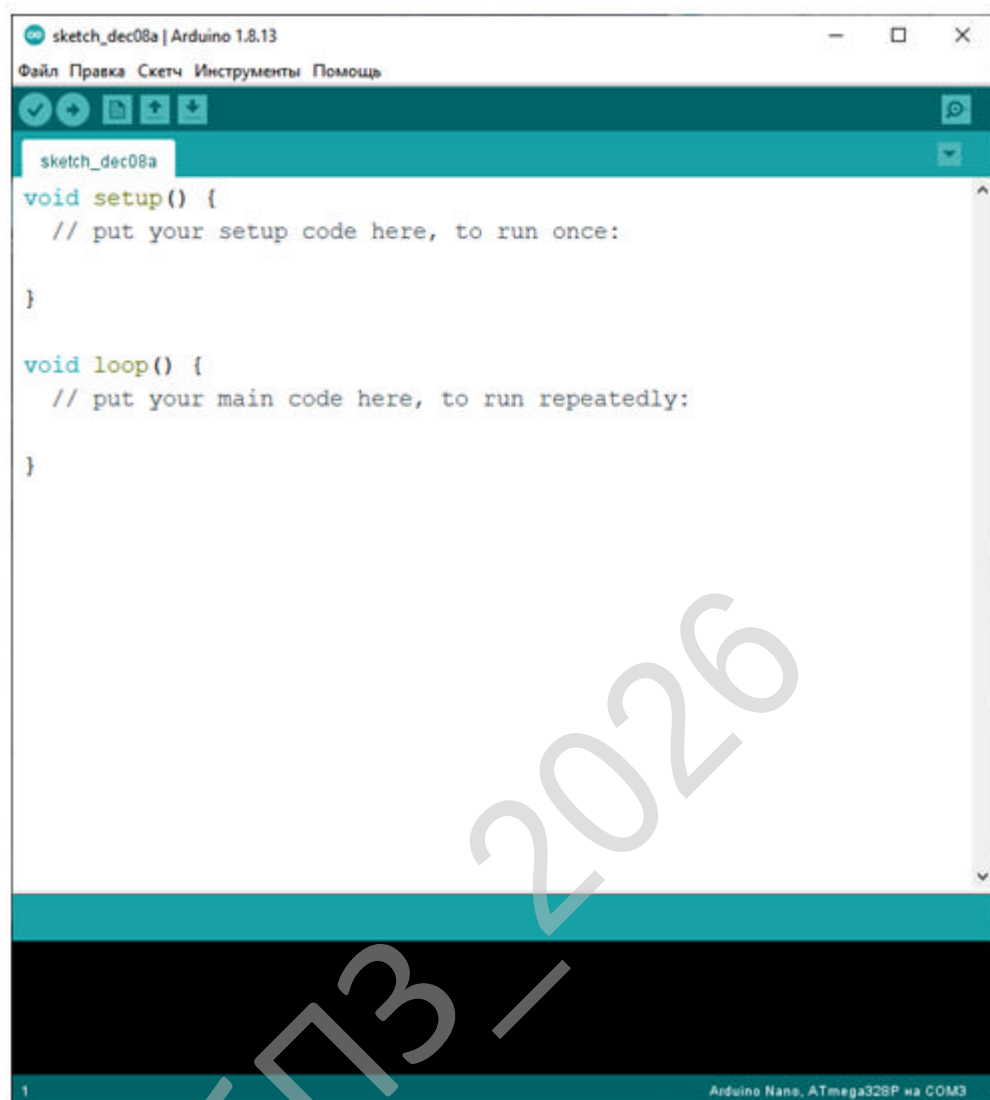


Рисунок 4.4 – Головне вікно середовища програмування Arduino IDE

Програма, створена в середовищі Arduino IDE, називається скетчем. Скетч розробляється у вбудованому текстовому редакторі, який має стандартні засоби навігації та редагування коду. Під час збереження або експорту проєкту в області повідомлень відображаються пояснення, повідомлення про помилки та можливі способи їх усунення.

Кнопки панелі інструментів забезпечують виконання основних операцій, зокрема перевірку та завантаження програми, створення, відкриття або збереження скетчу, а також роботу з монітором послідовного порту:

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- Verify/Compile - перевірка програмного коду на наявність помилок та компіляція;
- Stop - зупинка роботи монітора послідовного порту;
- Open - відкриття списку доступних скетчів у проєкті;
- Upload to I/O Board - компіляція та завантаження програми до мікроконтролера.

Середовище розробки дозволяє працювати з кількома файлами скетчу, кожен із яких відкривається в окремій вкладці. Програмний код може містити стандартні файли Arduino, а також файли мов C (.c), C++ (.cpp) і заголовкові файли (*.h).

Для завантаження створеної програми в мікроконтролер необхідно під'єднати плату до комп'ютера за допомогою USB-кабелю, вибрати відповідну модель і конфігурацію плати (рис. 3.5), визначити активний COM-порт та натиснути кнопку завантаження.

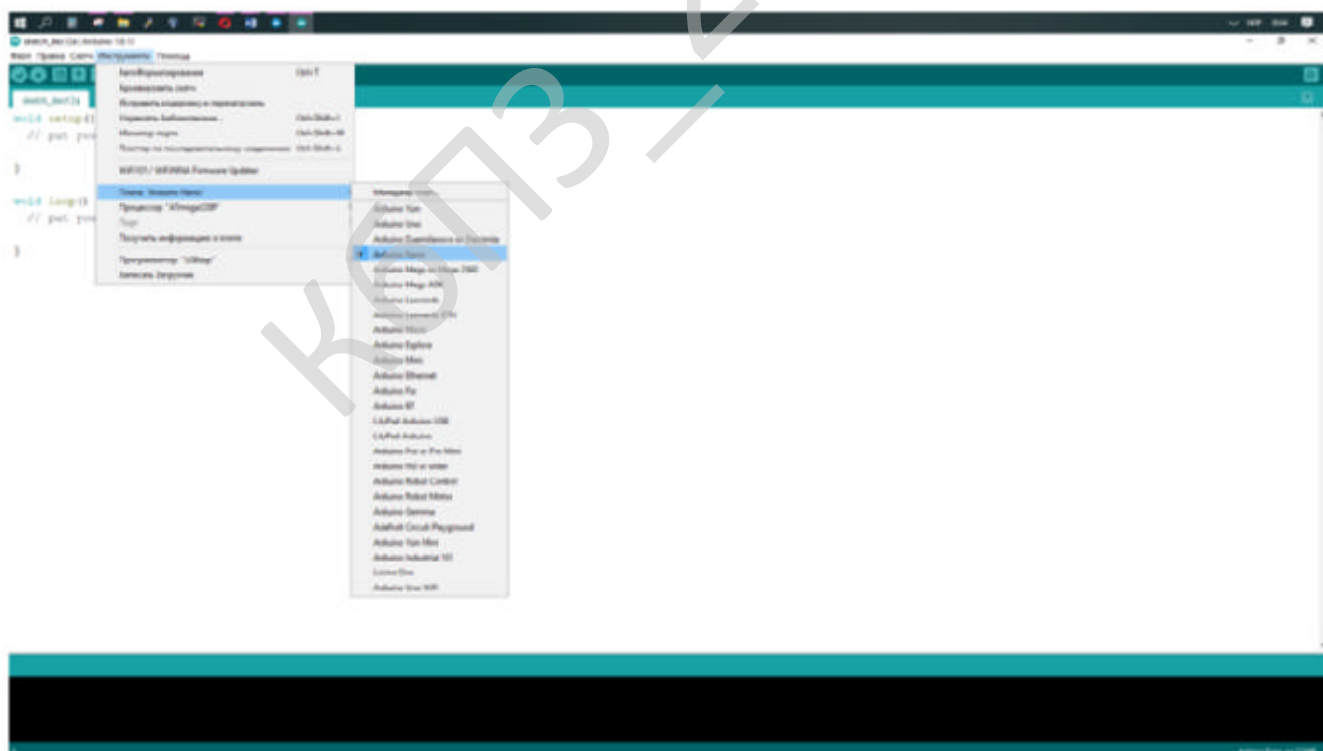


Рисунок 4.5 – Налаштування моделі та конфігурації плати

Сучасні плати Arduino автоматично перезавантажуються після завантаження програмного коду. На застарілих моделях для цього необхідно вручну натиснути кнопку перезавантаження, розташовану безпосередньо на друкованій платі. Під час процесу завантаження на більшості плат блимають світлодіоди RX і TX, а середовище Arduino IDE відображає повідомлення про успішне завершення операції або про наявність помилок.

Під час завантаження скетчу використовується завантажувач (Bootloader) Arduino - невелика програма, записана в пам'ять мікроконтролера. Вона забезпечує можливість завантаження користувацького програмного коду без застосування додаткових апаратних засобів. Завантажувач активується на кілька секунд під час перезавантаження плати або під час запису нового скетчу. Його роботу можна визначити за миготінням вбудованого світлодіода. Разом із тим, використання Bootloader має певний недолік - основна програма починає виконуватися лише після завершення роботи завантажувача, що обмежує застосування Arduino у деяких промислових системах.

Використання Arduino можливе і без завантажувача. Для цього застосовується спеціальний пристрій — програматор, який записує машинний код безпосередньо в пам'ять мікроконтролера.

У середовищі Arduino IDE передбачена можливість отримання машинного коду програми: у цьому випадку середовище виконує функції компілятора, перетворюючи вихідний програмний код у послідовність двійкових даних. Після написання програми необхідно виконати її перевірку, а потім скористатися функцією «Експорт бінарного файлу» (рис. 4.6). У результаті формуються два файли: один містить код разом із завантажувачем, інший - «чистий» машинний код без Bootloader.

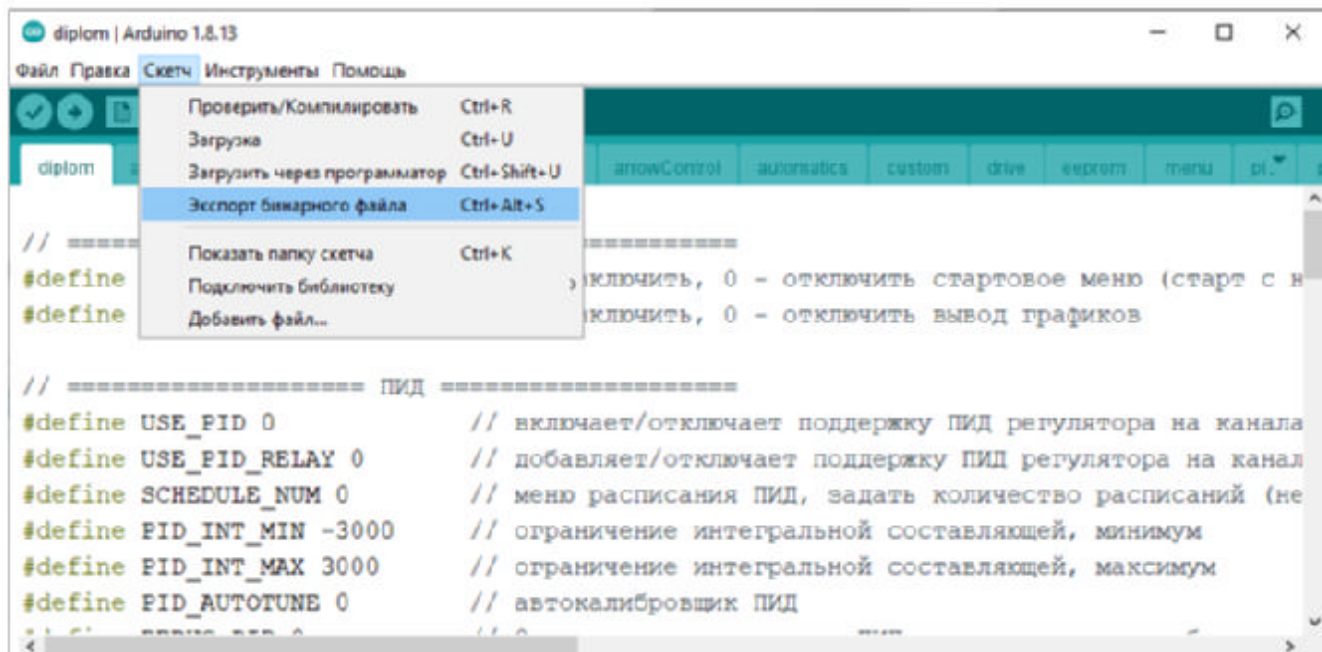


Рисунок 4.6 – Контекстне меню програми

Після розробки алгоритмів функціонування системи формується загальне уявлення про роботу пристрою. Оскільки було створено три основні алгоритми, можна зробити висновок, що програмне забезпечення складатиметься щонайменше з трьох логічних частин. Проте у даному випадку кількість модулів програми є більшою, що пов'язано з необхідністю коректної реалізації алгоритмів регулювання температури та швидкості обертання вентилятора, а також забезпечення зручного та інформативного інтерфейсу користувача.

Для оголошення констант і параметрів, що використовуються впродовж усього програмного коду, застосовується директива препроцесора `#define`.

```
#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 визначено основні параметри та константи, що використовуються для налаштування роботи макета. Зокрема, задано параметр активації ПД-регулятора, конфігурацію виводів мікроконтролера для підключення енкодера, а також граничні значення інтегральної складової ПД-регулятора та інші службові параметри. Наступний фрагмент програмного коду наведено нижче.

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

У даному фрагменті програмного коду здійснюється підключення бібліотек Wire.h та LiquidCrystal_I2C.h, а також створення об'єкта дисплея із зазначенням відповідної I2C-адреси. Наступним етапом є виконання функції void setup(), у якій здійснюється ініціалізація змінних і налаштування портів мікроконтролера.

Після цього виконується функція void loop(), яка реалізує безперервний циклічний процес роботи програми. 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 даному фрагменті програмного коду реалізовано керування виконавчим пристроєм за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), сформованої на

основі значень, розрахованих ПД-регулятором.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Методика впровадження системи керування параметрами мікроклімату в транспортній техніці в промислову експлуатацію передбачає комплексний підхід, що охоплює етапи підготовки, інтеграції, тестування, налаштування та подальшого супроводу системи. Основною метою впровадження є забезпечення стабільної, надійної та ефективної роботи системи в реальних умовах експлуатації з урахуванням специфіки конкретного транспортного засобу та вимог підприємства.

На початковому етапі впровадження здійснюється аналіз умов експлуатації, в яких планується використання системи. Визначаються особливості транспортної техніки, включаючи її конструктивні характеристики, доступні джерела живлення, типи встановлених систем вентиляції та кондиціонування, а також зовнішні фактори, що можуть впливати на роботу системи. На основі цього аналізу формуються вимоги до конфігурації програмного забезпечення та апаратної частини.

Наступним кроком є підготовка апаратного забезпечення та його інтеграція у транспортний засіб. На цьому етапі здійснюється монтаж датчиків у відповідних точках салону, що дозволяє отримувати репрезентативні дані про параметри мікроклімату. Виконавчі пристрої підключаються до системи керування таким чином, щоб забезпечити можливість регулювання температури, вологості та циркуляції повітря. Особлива увага приділяється правильності підключення та надійності контактів, оскільки це безпосередньо впливає на стабільність роботи системи.

Після завершення монтажу виконується встановлення та налаштування програмного забезпечення. На цьому етапі здійснюється конфігурація параметрів системи, зокрема встановлення допустимих діапазонів температури та вологості,

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

визначення режимів роботи та налаштування алгоритмів керування. Програмне забезпечення адаптується до конкретних умов експлуатації, що дозволяє забезпечити його ефективну роботу.

Важливим етапом впровадження є проведення тестування системи. Спочатку здійснюється перевірка окремих компонентів, включаючи датчики та виконавчі пристрої, з метою підтвердження їх працездатності. Далі проводиться комплексне тестування всієї системи, під час якого перевіряється правильність взаємодії між компонентами, а також ефективність реалізованих алгоритмів керування. Особлива увага приділяється перевірці роботи системи в різних режимах, включаючи екстремальні умови експлуатації.

Після успішного завершення тестування система переходить у режим дослідної експлуатації. На цьому етапі вона використовується в реальних умовах, але під постійним контролем фахівців. Здійснюється збір даних про роботу системи, аналіз її ефективності та виявлення можливих недоліків. За результатами дослідної експлуатації можуть вноситися корективи до програмного забезпечення, що дозволяє оптимізувати його роботу.

Після завершення етапу дослідної експлуатації система вводиться в промислову експлуатацію. На цьому етапі вона використовується у штатному режимі та забезпечує виконання своїх функцій без постійного контролю розробників. Важливим аспектом є організація технічного обслуговування системи, яке включає регулярну перевірку її працездатності, оновлення програмного забезпечення та заміну зношених компонентів.

Методика впровадження також передбачає навчання персоналу, який буде працювати з системою. Користувачі повинні бути ознайомлені з принципами роботи системи, її функціональними можливостями та правилами експлуатації. Це дозволяє підвищити ефективність використання системи та зменшити ймовірність помилок.

У процесі впровадження важливим є забезпечення документального супроводу, який включає технічну документацію, інструкції з експлуатації та

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

обслуговування, а також опис програмного забезпечення. Наявність повної документації спрощує процес впровадження та подальшої експлуатації системи.

Особливу увагу слід приділити питанням безпеки. Система повинна відповідати вимогам електробезпеки, а також забезпечувати захист від несанкціонованого доступу. Для цього використовуються відповідні програмні та апаратні засоби, що забезпечують надійність функціонування системи.

У процесі промислової експлуатації система повинна забезпечувати стабільну роботу протягом тривалого часу. Для цього необхідно здійснювати регулярний моніторинг її стану, аналізувати отримані дані та своєчасно реагувати на можливі відхилення. Використання сучасних методів діагностики дозволяє своєчасно виявляти несправності та запобігати їх розвитку.

Методика впровадження також передбачає можливість модернізації системи. У разі зміни умов експлуатації або появи нових вимог система може бути доопрацьована шляхом оновлення програмного забезпечення або заміни окремих компонентів. Це забезпечує її довготривалу актуальність та відповідність сучасним вимогам.

Таким чином, впровадження системи керування параметрами мікроклімату в промислову експлуатацію є складним процесом, що включає низку послідовних етапів. Дотримання запропонованої методики дозволяє забезпечити ефективну інтеграцію системи, її стабільну роботу та досягнення поставлених цілей. Реалізація такого підходу сприяє підвищенню комфорту, безпеки та ефективності використання транспортної техніки.

Опис роботи системи

Після ініціалізації система переходить у режим очікування, при цьому на дисплеї відображається поточний час і повідомлення «вимкнено». Після початку обертання ручки енкодера в будь-якому напрямку на екрані з'являється список доступних режимів, між якими можна переміщатися шляхом обертання енкодера. Якщо протягом 10 секунд режим не обрано, система автоматично повертається в режим очікування.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Підтвердження вибору здійснюється натисканням на ручку енкодера, яка має вбудовану кнопку. Окрім вибору режимів роботи, меню системи містить такі пункти:

- налаштування дати та часу;
- встановлення коефіцієнта плавності регулювання в автоматичному режимі;
- відображення поточних значень вологості повітря;
- відображення рівня концентрації шкідливих речовин у повітрі;
- налаштування аварійної сигналізації при перевищенні допустимого рівня шкідливих речовин;
- очищення пам'яті EEPROM.

Усі встановлені користувачем параметри зберігаються в енергонезалежній пам'яті пристрою, а у разі скидання система повертається до початкових налаштувань, заданих під час програмування.

У режимі «Авто» система працює повністю автоматично. Спочатку здійснюється зчитування даних із датчиків, після чого отримана інформація аналізується та проходить фільтрацію для зменшення шуму й випадкових похибок. Далі дані порівнюються із заданими уставками і передаються до модуля ПД-регулятора. На основі отриманої інформації ПД-регулятор керує положенням заслінок системи опалення або кондиціонування, а також плавно змінює швидкість обертання вентилятора.

Одним із ключових елементів є датчик температури охолоджувальної рідини, за показаннями якого система визначає необхідний ступінь відкриття заслінок і швидкість вентилятора. Якщо температура охолоджувальної рідини перевищує 60 °С, ПД-регулятор встановлює максимальне відкриття заслінок і максимальну швидкість вентилятора для швидкого прогріву салону. Після підвищення температури в салоні регулятор поступово зменшує швидкість вентилятора та підтримує комфортні умови. У літній період система працює за аналогічним принципом, але керує блоком кондиціонера (за наявності) і регулює

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

параметри для зниження температури повітря в салоні.

У ручному режимі на дисплеї відображаються поточні значення температури та швидкості вентилятора, які зберігаються з моменту останнього використання. Передбачено обмеження температури в діапазоні від 17 °С до 30 °С, що відповідає комфортним умовам для людини. Обертання енкодера праворуч підвищує задану температуру, а ліворуч - знижує. При натисканні на ручку енкодера та подальшому її обертанні змінюється швидкість вентилятора, яка задається у відсотках: 0 % - вентилятор вимкнено, 100 % - максимальна швидкість. Регулювання здійснюється плавно: ПІД-регулятор, використовуючи поточні показники датчика температури, коригує положення заслінки для підтримання встановленої температури.

Налаштування системи контролю мікроклімату

Після завершення розробки програмного забезпечення необхідно виконати калібрування датчика температури, а також датчика концентрації шкідливих речовин.

Обраний датчик температури та вологості має заводське калібрування, однак через можливі похибки виготовлення іноді спостерігаються відхилення у вимірюваних значеннях температури. Для перевірки точності отриманих даних необхідно зібрати експериментальний макет, наведений на рисунку 5.1.

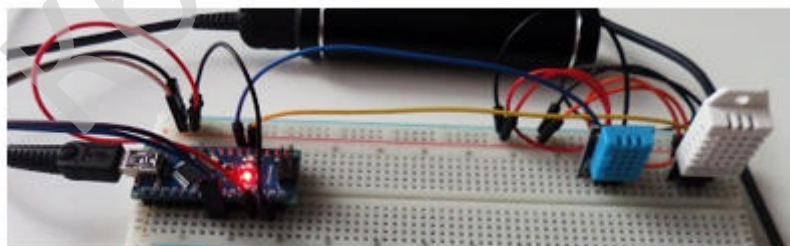


Рисунок 5.1 – Макет для тестування датчику вологості і температури.

На рисунку зображено два датчики, які мають подібну конструкцію, проте відрізняються типом вимірювальних елементів у своїй структурі. Для проведення перевірки та калібрування було розроблено просту тестову програму, фрагмент якої 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");
}

```

Даний програмний код забезпечує зчитування даних із датчиків та їх виведення у вікно монітора послідовного порту. На рисунку 5.1 наведено результати виконання програми та отримані виміряні значення.

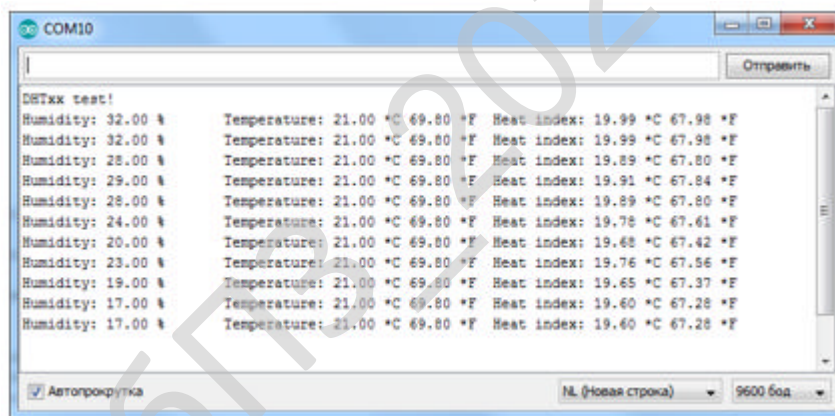


Рисунок 5.1 – Вікно порту

Такий підхід забезпечує отримання даних у режимі реального часу, проте їх зчитування через монітор послідовного порту є недостатньо зручним. Для підвищення зручності відображення інформації до системи було додано дисплей. На рисунку 5.2 наведено результат роботи системи з використанням дисплея.

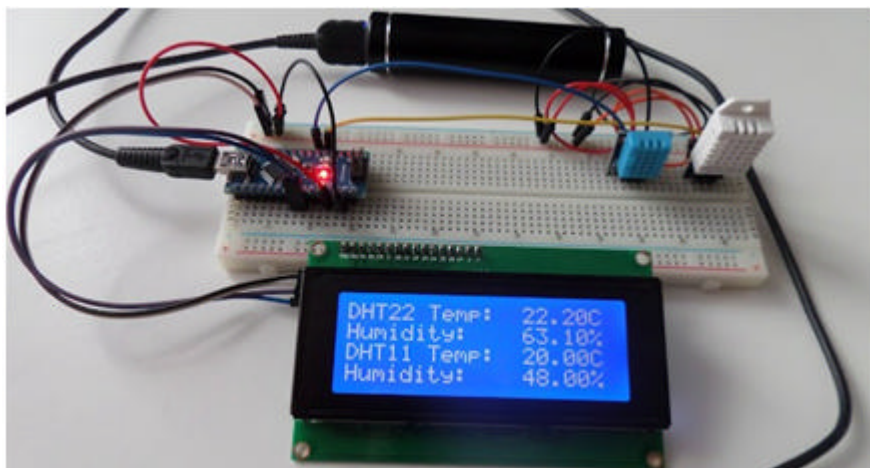


Рисунок 5.2 – Результат роботи стенда тестування датчиків

Аналіз отриманих результатів показав, що значення температури та вологості, отримані з двох датчиків, відрізняються. Порівняння з показниками портативного гігрометра засвідчило, що більш точні значення забезпечує датчик DHT22, однак і його вимірювання мають певну похибку. У зв'язку з цим під час остаточного програмування системи необхідно врахувати наявність відхилення та ввести коригувальний коефіцієнт до значень, що надходять із датчика.

Під час експериментальних досліджень із датчиком температури також виконано налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора, зокрема параметрів Р, І та D. На рисунку 5.3 наведено графік зміни температури за відсутності налаштування регулятора

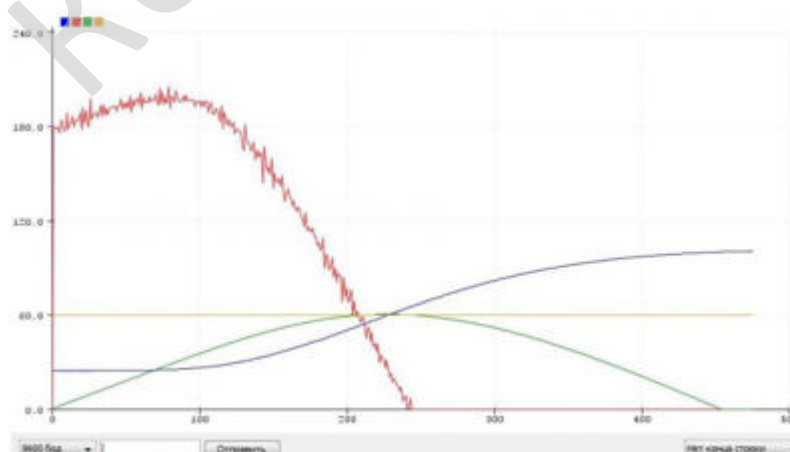


Рисунок 5.3 – Графік роботи не налаштованого ПІД-регулятора

На поданому графіку: червона крива відображає ступінь відкриття заслінки подачі гарячого повітря; її нерівномірність зумовлена використанням широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) для керування приводом. Жовта крива відповідає заданому значенню температури, синя - фактичній температурі в системі, а зелена - показанням датчика температури, реалізованого на основі терморезистора.

Як видно з графіка, такий режим регулювання забезпечує нагрівання повітря в салоні автомобіля, проте через інерційність датчика та конструктивні особливості системи опалення заслінка швидко відкривається і закривається, що призводить до нерівномірного підвищення температури та перевищення заданого значення.

За результатами аналізу виконано коригування коефіцієнтів ПД-регулятора, унаслідок чого отримано нові графіки роботи системи контролю мікроклімату під час процесу нагрівання повітря (рисунки 5.4–5.8).

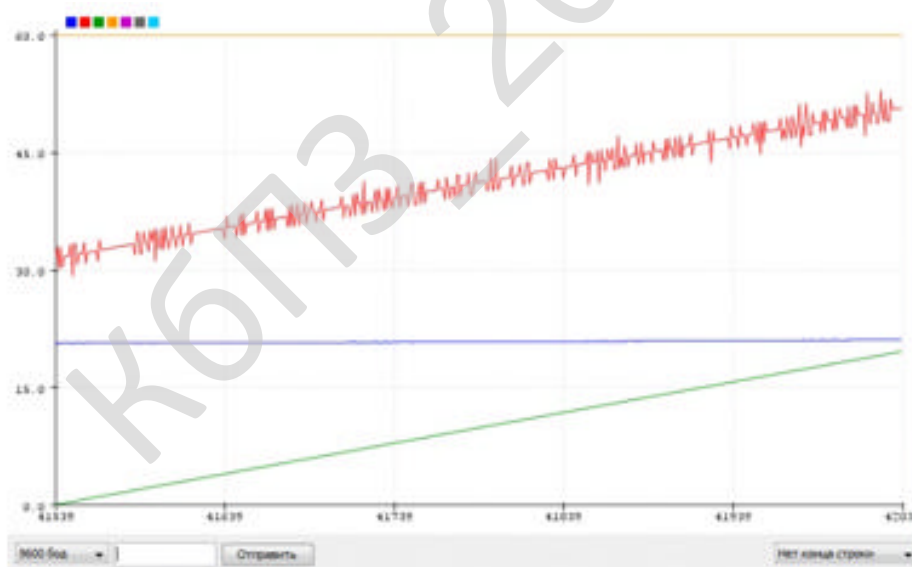


Рисунок 5.4 – Початок роботи системи

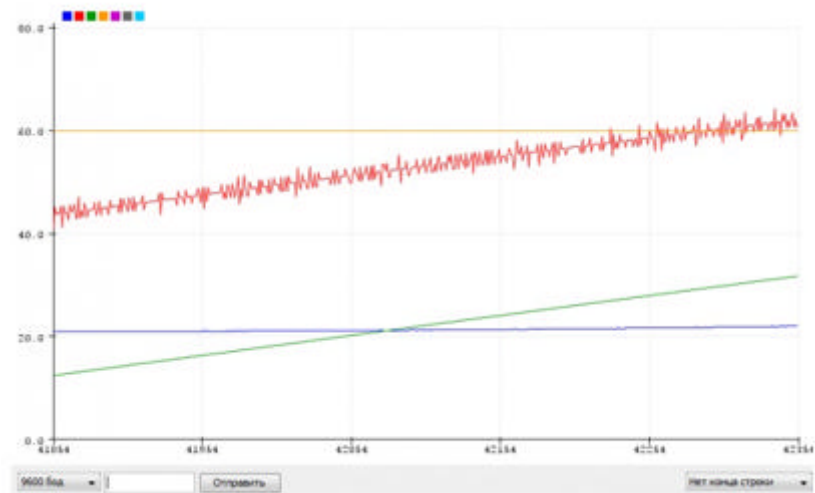


Рисунок 5.5 – Поступове підймання температури

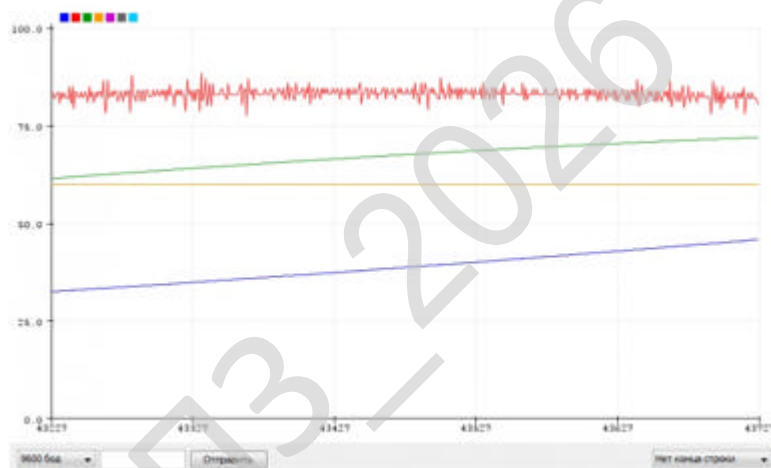


Рисунок 5.6 – Початок роботи ПІД-регулятора

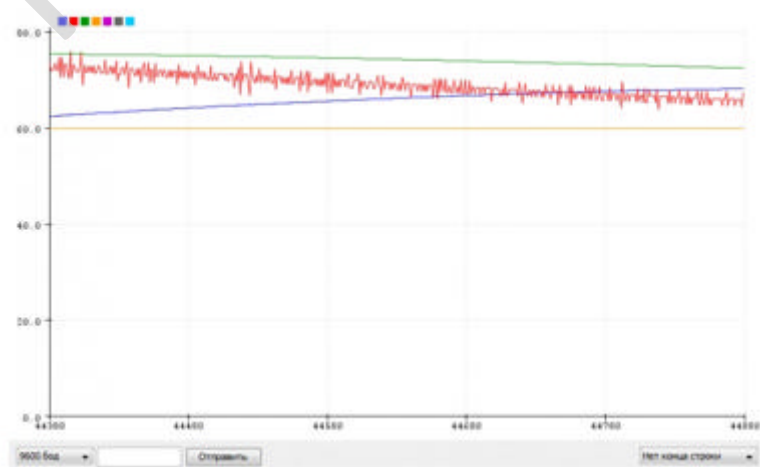


Рисунок 5.7 – Регулювання ШІМ-сигналу керування заслінкою

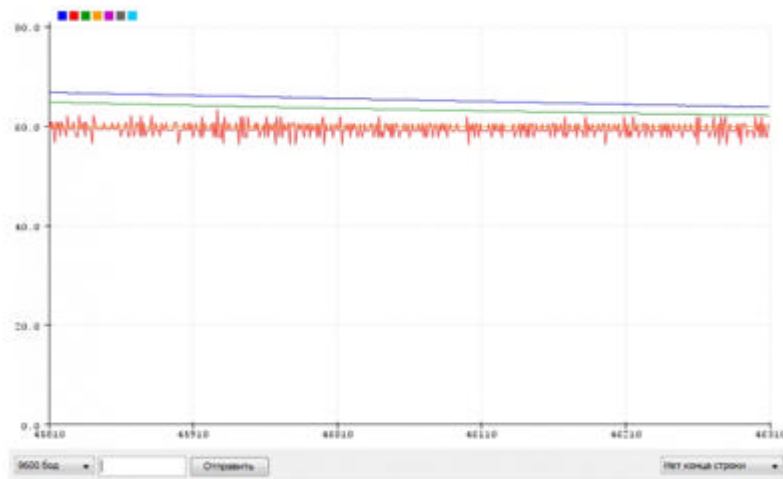


Рисунок 5.8 – Стабілізація температури ПІД-регулятором

Висновки до розділу

У п'ятому розділі кваліфікаційної роботи розроблено алгоритми функціонування системи, зокрема для режимів очікування, «Авто» та «Ручний». Обрано середовище програмування та наведено опис його основних можливостей. Розроблено програмне забезпечення керування системою, а також висвітлено ключові особливості реалізації програмного коду.

Проведено експериментальні дослідження, у результаті яких встановлено наявність відхилень у показаннях датчиків температури та вологості, що обумовило необхідність введення коригувального коефіцієнта для підвищення точності вимірювань.

Детально описано принцип роботи системи, структуру меню та функціональні можливості кожного пункту. Розглянуто процес роботи ПІД-регулятора та алгоритм обробки даних, що надходять із датчиків. Крім того, виконано експериментальне дослідження з підбору та налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора, а також наведено графіки роботи системи до і після оптимізації параметрів регулювання.

Лістинг програми, що реалізує робочий алгоритм системи моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях наведено в додатку.

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи розроблено систему керування мікрокліматом у салоні автомобіля, проведено експериментальні дослідження та визначено шляхи вдосконалення конструкції. У ході виконання роботи вирішено такі завдання:

- проведено аналіз існуючих інженерних рішень;
- визначено параметри, що підлягають контролю в салоні автомобіля;
- розроблено функціональну схему системи та описано її складові;
- обрано електронні компоненти для створення макета системи;
- обґрунтовано вибір елементної бази з урахуванням вартості;
- спроектовано корпусні елементи з урахуванням ергономіки та зручності керування;
- розроблено електричну принципову схему макета;
- розроблено електричну принципову схему модуля живлення;
- виготовлено корпусні компоненти методом адитивного 3D-друку з використанням ABS-пластику;
- виконано розрахунок вартості конструкції;
- розроблено програмне забезпечення для узгодженої роботи системи;
- проведено експериментальні дослідження з підбору та налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора;
- розраховано ймовірність відмови системи;
- розглянуто питання охорони праці для лабораторних умов та умов експлуатації пристрою;
- проаналізовано вимоги безпеки під час налаштування пристрою.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Koval V., Adamiv O., Proc. of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2005). – Sofia (Bulgaria). – 2005. – P. 120- 124.
2. Yasin, J.N., Mohamed, S.A.S., Haghbayan, MH. et al. Low-cost ultrasonic based object detection and collision avoidance method for autonomous robots. Int. j. inf. tecnol. 13, 97–107 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41870-020-00513-w>.
3. Sabry F. Self Driving Car: Solving Full Self-driving Need Solving Real-world artificial Intelligence. One Billion Knowledgeable. 2022 . 293 p.
4. Shapiro D. G. Three Anecdotes from the DARPA Autonomous Land Vehicle Project. AI Magazine, 2008. 29(2), 40. <https://doi.org/10.1609/aimag.v29i2.2108>
5. Young R. Critical Analysis of Prototype Autonomous Vehicle Crash Rates Six Scientific Studies from 2015-2018 SAE International. 2021. 252 p.
6. Рудик А. В. Наукові основи та принципи побудови приладової системи вимірювання прискорення мобільного робота : дис. ... д-ра техн. наук : 05.11.01– Прилади та методи вимірювання механічних величин. Київ, 2018. – 460 с.
7. Поліщук М. М., Ткач М.М. Робототехнічні системи: проектування і моделювання: навч. посіб. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.
8. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
9. Staron M. Automotive Software Architectures: An Introduction. Second Edition Springer International Publishing A&G. 2022. 274 p.
10. Vargas J. et al. An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their Vulnerability to Weather Conditions. Sensors. 2021; 21(16):5397.
11. Wevolver 2020 Autonomous Vehicle Technology Report. URL:<https://www.coursehero.com/file/62601304/Wevolver2020AutonomousVehiclechnologyReportpdf/> (accessed 2023 June 1).

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

12. React.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.reactjs.org/>
13. AngularJS MVC [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.tutorialspoint.com/angularjs/angularjs_mvc_architecture.htm.
14. Vue.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://vuejs.org/>
15. A Look Inside ADAS Modules. URL: <https://amkor.com/semiconductor-story/alook>.
16. AV and ADAS Sensors. URL [https://community.sw.siemens.com/s/article/AVand- ADAS-Sensors](https://community.sw.siemens.com/s/article/AVand-ADAS-Sensors) (accessed 2023 June 1).
17. Гуржій А. М. Основи автоматики та робототехніки: Навчальний посібник/ А.М. Гуржій, А. Т. Нельга, В. М. Співак, О. С. Ітякін:—Дніпро:«Гарант СВ», 2021.- 243с.
18. Lim, B.S. et al. Autonomous Vehicle Ultrasonic Sensor Vulnerability and Impact Assessment. In Proceedings of the IEEE World Forum on Internet of Things (WFIoT), Singapore, 5–8 February 2018; pp. 231–236.
19. Саліхов М. М. Arduino – перспективний інструмент протитопування у робототехніці // Концептуальні шляхи розвитку науки та освіти: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 9-10 червня 2023 року.— Львів: Львівський науковий форум, 2023. – с. 73-79.
20. Bräunl T. Embedded Robotics: From Mobile Robots to Autonomous Vehicles with RaspberryPi and Arduino Springer Nature, 2022. 519 p.
21. Навігаційні системи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / С.Л. Лакоза; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 80 с.
22. Imad M. et al. Navigation system for autonomous vehicle: A survey. JCSTS., vol. 2, no. 2, pp. 20–35, 2020.

23. Ковалець І. В. та ін. Технологія планування траєкторій руху мобільних об'єктів з урахуванням перешкод на складній місцевості. Енергетика і автоматика. - 2017. - № 1. - С. 110-122.

24. HTML [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/uk/docs/Web/HTML>.

25. Aguilo I. et al. Artificial Intelligence Research and Development Hardcover by IOS Press. 2003. 500 p.

26. Гребенюк Б. А. Розробка підсистеми управління інтелектуальним роботом / Б. А. Гребенюк // «Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023: Collection of Students' Scientific Paper. – Kharkiv : Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – Part 1. –336p. P. 263-269.

27. MongoDB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/MongoDB>.

28. Becker M. et al Obstacle avoidance procedure for mobile robots. ABCM Symposium series in Mechatronics. Vol. 2, 2006. P. 250-257.

29. CORS, XSS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dev.to/maleta/cors-xss-and-csrf-with-examples-in-10-minutes-35k3>.

30. AJAX [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/AJAX>.

31. Fetch API [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/Fetch_API

32. Звенігородський О.С. Інтелектуальна система планування тактики руху автономного робота в квазістаціонарному середовищі: Дис... канд. техн. наук: 05.13.23. - Д., 2002. - 127с.

33. Адамів, О.П. Моделі та інтелектуальні засоби адаптивного керування автономним мобільним роботом. Дис. канд.техн. наук. Одеса, 2007. 124 с.

34. Koval V., Adamiv O., Proc. of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2005). – Sofia (Bulgaria). – 2005. – P. 120- 124.

35. npm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.npmjs.com/>

36. Install MongoDB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://docs.mongodb.com/manual/administration/install-on-linux/>

37. Node.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/node-js-ubuntu-18-04-ua>.

38. Linux [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Linux>.

39. npm-audit [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://docs.npmjs.com/cli/audit>.

40. Kojima T. et al. Intelligent Technology for More Advanced Autonomous Driving. 2018. Hitachi Review Vol. 67, No. 1. p. 58–63.

41. SQL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/SQL>.

42. MongoDB Compass [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.mongodb.com/products/compass>

43. Postman [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.postman.com/>

44. Саліхов М. М. Від автоматизованих до автономних транспортних засобів // Наукові досягнення та інновації: шлях до успіху. X Всеукраїнська мультидисциплінарна науково-практична Інтернет-конференція, 31 травня 2023, Україна, Київ : зб. матеріалів - Електрон. дан. - Київ : Яроченко Я. В., 2023. - с. 136-142.

45. SPA (Single-page application) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>.

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

46. Саліхов М.М. Самокеровані автомобілі та системи їх навігації// Практичні та теоретичні питання розвитку науки та освіти: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції: м. Львів, 19-20 червня 2023 року. – Львів: Львівський науковий форум, 2023. – С.53-59.

47. SPA (Single-page application) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>.

48. Vargas J. et al. An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their.

49. Vulnerability to Weather Conditions. Sensors. 2021; 21(16):5397.

50. <https://www.coursehero.com/file/62601304/Wevolver2020AutonomousVehiclesTechnologyReportpdf/> (accessed 2024 June 1).

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0038.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71