

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

_____ М. І. Сідєєв

« __ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

на тему **«Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового
автомобіля»**

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Здобувач

І.В. Донченко

«__» _____ 20__р.

Керівник роботи

кандидат техн. наук,
доцент

О.Ф. Прищєпов

«__» _____ 20__р.

Консультант

з охорони праці

А.О. Алексєєва

«__» _____ 20__р.

Миколаїв – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили

Інститут, факультет, відділення: Комп'ютерних наук

Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти перший
(бакалавр)

Напрямок підготовки 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

Сідєлєв М. І. _____
“ ____ ” _____ 2024 р

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

1. Донченко Ілля Володимирович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

2. Тема кваліфікаційної роботи «Автоматизація створення клімат-контролю в салоні легкового автомобіля» затверджена наказом ректора ЧНУ ім. Петра Могили № _299_ від « 30 » жовтня 2024 р.

3. Керівник проєкту (роботи) кандидат техн. наук, доцент, О. Ф. Прищепов, затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 30 ” жовтня 2024 р.

4. Строк представлення кваліфікаційної роботи « 19 » червня 2025 р.

5. Очікуваний результат роботи системи полягає в автоматичному контролі мікроклімату з урахуванням температури та вологості повітря. При підвищенні температури понад 24°C система автоматично вмикатиме мотор вентилятора для охолодження салону легкового автомобіля. При температурі 24°C і менше вентилятор буде вимикатись. Якщо вологість повітря понад 60%

засвітитися діод який свідчитиме, про надмірну вологість в салоні. Керування обігрівачем буде вручну, за допомогою кнопки, що дає змогу вмикати або вимикати його незалежно від показників температури. Усі поточні показники температури та вологості, а також статус роботи елементів системи відображатимуться на дисплеї, що забезпечуватиме зручний візуальний контроль за мікрокліматом у салоні легкового автомобіля.

6. Перелік питань, що підлягають розробці: Анотація; вступ; аналітичний огляд літератури та патентної інформації за темою роботи; розробка структурної схеми системи; розробка алгоритму роботи автоматизованої системи; розробка функціональної та електричної принципової схем; розгляд охорони праці на робочих місцях водіїв легкових автомобілів в умовах автоматизованого мікроклімату; висновки; перелік джерел посилання.

7. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) структурна, функціональна, електрична принципова схеми, алгоритм роботи автоматизованої системи мікроклімату в салоні легкового автомобіля

8. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Прищепов О.Ф., доцент кафедри АКІТ	30.10.2024	
2	Прищепов О.Ф., доцент кафедри АКІТ	03.01.2025	
3	Прищепов О.Ф., доцент кафедри АКІТ	03.04.2025	
4	Алексєєва А.О., доцент кафедри екології	19.04. 2025	

9. Дата видачі завдання «30» жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

1. Тема: Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля.

/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2024	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	02.10.2024	
3	Формування завдання	30.10.2024	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2024	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2024	
6	Виконання першої частини	01.12.2024	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2024	
8	Передзахист першої частини	26.01.2025	
9	Опрацювання другої частини	01.03.2025	

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

0	Робота над третьою частиною	05.04. 2025	
1	Робота над презентацією роботи	20.05. 2025	
2	Передзахисти	03.06. 2025	
3	Передача (ЕВ) кваліфікаційної роботи	19.06.2025	
4	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	20.06.2025	

*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент 471 гр. Донченко Ілля

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Прищепов О.Ф.

(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

**«Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового
автомобіля»**

студента 471 гр. Донченка Іллі Володимировича

Керівник: канд. техн. наук, доцент Прищепов Олег Федорович

Актуальність роботи.

Комфортні умови в салоні легкового автомобіля є критично важливими як для безпеки водія, так і для загального самопочуття пасажирів. В умовах сучасного автомобілебудування підвищуються вимоги до енергоефективності, надійності та зручності управління кліматичними системами. Автоматизація процесу регулювання мікроклімату дозволяє підвищити ефективність таких систем, забезпечуючи стабільні параметри температури та вологості незалежно від зовнішніх умов.

Об'єкт дослідження – система керування мікрокліматом в салоні легкового автомобіля.

Предмет дослідження – методи та технічні засоби автоматизації процесу створення мікроклімату.

Мета роботи – розробити систему автоматизованого регулювання температури й вологості повітря в салоні автомобіля.

Завдання роботи:

- дослідити існуючі системи клімат-контролю;
- розробити функціональну, структурну та електричну схеми системи;
- реалізувати алгоритм управління в Arduino IDE;
- провести імітаційне моделювання у Proteus;
- виконати розрахунки з охорони праці.

Основні результати роботи:

Розроблено схему та алгоритм системи автоматизованого мікроклімату на базі мікроконтролера. Система здатна автоматично вмикати та вимикати вентилятор при надмірній температурі, сигналізувати про підвищену вологість, керувати обігрівачем вручну, та виводити інформацію на LCD-дисплей. Модель успішно протестована в середовищі Proteus.

Кваліфікаційна робота містить, вступ, чотири розділи, висновок, перелік джерел посилання.

Вступ містить основні обґрунтування актуальності розробки обраної теми, об'єкт, предмет дослідження, мету та завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети.

У розділі 1 розглянуто поняття мікроклімату, його параметри (температура, вологість, швидкість повітря, забруднення), їхній вплив на водія та пасажирів. Проаналізовано класифікацію систем клімат-контролю (ручні, напівавтоматичні, автоматичні), елементи систем (вентилятори, компресори, нагрівачі), а також особливості роботи у різних кліматичних умовах.

У розділі 2 обґрунтовано вибір структури та принципу роботи системи. Розроблено структурну, функціональну та електричну схеми. Визначено склад системи: мікроконтролер Arduino, датчики температури і вологості, реле, виконавчі механізми. Здійснено підбір і технічне обґрунтування компонентів.

У розділі 3 було описано розробку програмного забезпечення для Arduino IDE. Представлено логіку роботи: автоматичне включення вентилятора при $>24^{\circ}\text{C}$, індикація вологості $>60\%$, ручне керування обігрівачем. Проведено моделювання в середовищі Proteus, описано використані бібліотеки, структуру коду, перевірку працездатності системи.

У розділі 4 було розглянуто вимоги до кваліфікації та стану здоров'я водія, фактори ризику, нормативну базу з охорони праці. Описано умови комфорту в

кабіні, санітарно-гігієнічні вимоги, інструктажі, медичні огляди та відповідальність у разі порушень.

У висновку описано результати виконання кваліфікаційної роботи.

Кваліфікаційна бакалаврська робота містить 89 сторінок, 50 рисунків, 18 джерел посилання

Наукова новизна полягає в розробці системи керування мікрокліматом автомобіля з адаптивною логікою, що враховує не лише температуру і вологість, а також дозволяє ручне керування обігрівачем. Використання Arduino і моделювання в Proteus дозволили створити недороге, ефективне рішення з можливістю подальшої модернізації.

Практична значимість розробленої системи полягає в можливості впровадження у реальні автомобілі або макети для покращення умов комфорту водія та пасажирів. Її використання сприяє енергоефективності, покращує безпеку та зменшує навантаження на водія завдяки автоматичному регулюванню параметрів повітряного середовища.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи відбувалась під час XXI міжнародної наукової конференції «ОЛЬВІЙСЬКИЙ ФОРУМ-2025 : Стратегії країн причорноморського регіону в геополітичному просторі» Миколаїв 2025 (доповідь Прищепов О.Ф., Донченко І.В.) «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»

Публікації. Основні положення та результати бакалаврської роботи опубліковані у збірці матеріалів XXI міжнародній наукової конференції «ОЛЬВІЙСЬКИЙ ФОРУМ-2025 : Стратегії країн причорноморського регіону в геополітичному просторі», 16-21 червня 2025 року в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили, м. Миколаїв, в дистанційному он-лайн форматі. **Тема роботи:** «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»

ANNOTATION

for the bachelor's thesis

«Automation of microclimate creation in a passenger car interior»

by student 471 gr. Donchenko Illia Volodymyrovych

supervisor Cand. (Tech.), Sci., Assoc. Prof. Pryschepov Oleg Fedorovich

Relevance of the work.

Comfortable conditions in the passenger compartment of a car are critically important for both the safety of the driver and the general well-being of passengers. In modern automotive engineering, there are increasing demands for energy efficiency, reliability and ease of control of climate systems. Automation of the microclimate control process allows for increased efficiency of such systems, ensuring stable temperature and humidity parameters regardless of external conditions.

The object of research is the microclimate control system in a passenger car interior.

The subject of the study is the methods and technical means of automating the process of creating a microclimate.

The aim of the work is to develop a system for automated control of air temperature and humidity in the passenger compartment of a car.

The objectives of the work are:

- to study existing climate control systems;
- to develop functional, structural and electrical diagrams of the system;
- to implement the control algorithm in Arduino IDE;
- to perform simulation modelling in Proteus;
- to perform occupational safety calculations.

Main results of the work:

A diagram and algorithm for an automated microclimate system based on a microcontroller have been developed. The system is capable of automatically turning the fan on and off when the temperature is too high, signalling increased humidity,

manually controlling the heater, and displaying information on an LCD display. The model has been successfully tested in the Proteus environment.

The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, and a list of references.

The introduction contains the main justifications for the relevance of the chosen topic, the object and subject of the study, and the goals and objectives that must be achieved to attain the set goal.

Section 1 examines the concept of microclimate, its parameters (temperature, humidity, air velocity, pollution), and their impact on the driver and passengers. The classification of climate control systems (manual, semi-automatic, automatic), system components (fans, compressors, heaters), as well as the features of their operation in different climatic conditions are analysed.

Section 2 justifies the choice of the structure and principle of operation of the system. Structural, functional and electrical diagrams are developed. The composition of the system is determined: Arduino microcontroller, temperature and humidity sensors, relays, actuators. The selection and technical justification of components is carried out.

Section 3 describes the development of software for Arduino IDE. The logic of operation is presented: automatic fan activation at $>24^{\circ}\text{C}$, humidity indication $>60\%$, manual heater control. Modelling was carried out in the Proteus environment, the libraries used, the code structure and the system performance check are described.

Section 4 examines the requirements for driver qualifications and health, risk factors, and the regulatory framework for occupational safety. It describes the conditions for comfort in the cab, sanitary and hygienic requirements, training, medical examinations, and liability in case of violations.

The conclusion describes the results of the qualification work.

The qualification bachelor's thesis contains 89 pages, 50 figures, and 18 references.

The scientific novelty lies in the development of a vehicle microclimate control system with adaptive logic that not only takes into account temperature and humidity but also allows manual control of the heater. The use of Arduino and modelling in Proteus has made it possible to create an inexpensive, effective solution with the possibility of further modernisation.

The practical significance of the developed system lies in the possibility of its implementation in real cars or models to improve the comfort of the driver and passengers. Its use promotes energy efficiency, improves safety and reduces the load on the driver thanks to the automatic regulation of air parameters.

The results of the qualification work were tested during the XXI International Scientific Conference 'OLVIE FORUM-2025: Strategies of the Black Sea Region Countries in the Geopolitical Space' Mykolaiv 2025 (report by Pryschev O.F., Donchenko I.V.). 'Automation of microclimate creation in a passenger car interior'

Publications. The main provisions and results of the bachelor's thesis are published in the collection of materials of the XXI International Scientific Conference "OLVIAN FORUM-2025: Strategies of the Black Sea Region Countries in the Geopolitical Space", 16-21 June 2025 at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, in a remote online format. Thesis topic: 'Automation of microclimate creation in a passenger car interior'.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	15
1 АНАЛІЗ СТАНУ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ОПАЛЕННЯ В ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ	17
1.1. Поняття мікроклімату в салоні автомобіля	17
1.1.1. Основні параметри мікроклімату в салоні автомобіля	17
1.1.2. Температура повітря	17
1.1.2.1. Вологість повітря	18
1.1.2.2. Швидкість руху повітря	18
1.1.2.3. Концентрація шкідливих речовин.....	19
1.1.3. Вплив мікроклімату на самопочуття водія та пасажирів	19
1.1.3.1. Вплив температури повітря	19
1.1.3.2. Вплив вологості повітря.....	20
1.1.3.3. Вплив швидкості руху повітря	20
1.1.3.4. Вплив якості повітря (концентрації шкідливих речовин)	20
1.1.4. Нормативні вимоги до мікроклімату в транспортних засобах	21
1.1.5. Особливості мікроклімату в різних кліматичних умовах	22
1.1.5.1. Спекотний та сухий клімат	22
1.1.5.2. Спекотний та вологий клімат	22
1.1.5.3. Холодний та сухий клімат.....	23
1.1.5.4. Холодний та вологий клімат	23
1.2. Огляд існуючих систем створення мікроклімату	24
1.2.1. Принцип дії систем вентиляції, опалення та кондиціонування	24
1.2.2. Класифікація систем створення мікроклімату: ручні, напівавтоматичні, автоматичні	27
1.2.2.1. Ручні системи управління	28
1.2.2.2. Напівавтоматичні системи управління	29

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

1.2.2.3.	Автоматичні системи управління (клімат-контроль).....	30
1.2.3.	Конструктивні елементи систем створення мікроклімату: повітроводи, вентилятори, нагрівачі, компресори.....	31
1.2.3.1.	Повітроводи	31
1.2.3.2.	Вентилятори.....	32
1.2.3.3.	Нагрівачі (радіатори опалювача).....	32
1.2.3.4.	Компресори (системи кондиціонування)	33
1.2.4.	Особливості клімат-контролю в сучасних автомобілях.....	35
1.2.4.1.	Багатозонність	35
1.2.4.2.	Автоматичне регулювання інтенсивності та напрямку повітря	36
1.2.4.3.	Датчики якості повітря та автоматична рециркуляція.....	36
1.2.4.4.	Інтеграція з іншими системами автомобіля	37
1.2.4.5.	Індивідуальні налаштування та профілі користувачів.....	37
1.2.4.6.	Енергоефективність	37
1.2.5.	Приклади систем відомих виробників	38
1.2.5.1.	Volkswagen: Climatronic	38
1.2.5.2.	Mercedes-Benz: thermotronic та air-balance	38
1.2.5.3.	BMW: автоматичний клімат-контроль (часто без окремої назви, але з розширеними функціями).....	39
1.3.	Основні недоліки та переваги сучасних рішень	40
1.4.	Вимоги до систем автоматизації мікроклімату	41
	Висновок до розділу 1	42
	2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МІКРОКЛІМАТУ.....	43
2.1.	Вибір схеми автоматизованої системи.....	43
2.1.1.	Аналіз існуючих схем автоматизації.....	43
2.1.2.	Обґрунтування вибору схеми.....	45
2.1.3.	Структурна схема системи	45
2.1.4.	Функціональна схема системи	46

2.2. Вибір схеми автоматизованої системи.....	47
2.3. Вибір і обґрунтування обладнання (датчики, контролери, виконавчі механізми)	48
2.3.1. Датчики.....	48
2.3.2. Контролери (електронні блоки управління – ЕБУ)	51
2.3.3. Виконавчі механізми.....	52
Висновок до розділу 2.....	55
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ	57
3.1. Вибір програми для моделювання системи.....	57
3.1.2. Автоматичне вмикання вентилятора при температурі >24°C:	58
3.1.3. Ручне вмикання/вимикання обігрівача кнопкою:.....	58
3.2. Структура та компоненти.....	59
3.2.2. Програмне моделювання схеми у середовищі proteus	63
3.3. Середовище програмування arduino ide.....	64
3.3.1. Бібліотеки arduino ide.....	66
3.4. Програмний код та логіка керування	67
3.5. Запуск симуляції в середовищі proteus	71
висновок до розділу 3	74
4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ВОДІЯ	76
4.1. Вимоги до кваліфікації та стану здоров'я водія	76
4.2. Основні небезпечні і шкідливі виробничі чинники.....	77
4.3. Нормативно-правова база з охорони праці в автотранспорті.....	79
4.4. Комфортні умови водія як чинник безпеки.....	81
4.4.1. Ергономіка кабіни: сидіння, органи управління, оглядовість	81
4.4.2. Параметри мікроклімату: температура, вологість, вентиляція	82
4.5. Заходи безпеки під час руху і зупинки транспортного засобу.....	83
4.5.1. Огляд технічного стану систем перед виїздом	83
4.5.2. Поведінка водія у разі аварійної ситуації або несправності.....	83

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

4.5.3. Вимоги до засобів індивідуального захисту, аптечок, знаків аварійної зупинки	84
4.6. Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці водія	85
4.6.1. Вентиляція, фільтрація повітря, недопущення шкідливих речовин у салоні	85
4.6.2. Обов’язкові перерви та гігієнічні умови.....	86
4.7. Інструктажі, медичний огляд, відповідальність за порушення.....	87
4.7.1. Первинний, повторний, позаплановий інструктаж	87
4.7.2. Періодичні медичні огляди	88
4.7.3. Види відповідальності у разі порушення вимог охорони праці.....	88
Висновок до розділу 4.....	89
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92

ВСТУП

Сучасний автомобільний транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні мобільності людей, а комфорт і безпека водія та пасажирів є одними з основних критеріїв якості транспортного засобу. Одним із найважливіших факторів, що впливають на комфорт і безпеку, є мікроклімат у салоні автомобіля. Оптимальні параметри температури, вологості, якості повітря та швидкості його руху безпосередньо впливають на самопочуття, працездатність і концентрацію уваги водія, що особливо важливо під час тривалих поїздок або в екстремальних умовах.

Сутність проблеми та її значущість полягають у тому, що традиційні системи клімат-контролю часто не забезпечують необхідного рівня автоматизації та адаптації до змінних умов навколишнього середовища. Більшість існуючих рішень або потребують постійного ручного втручання, або мають обмежену функціональність, що знижує їх ефективність. Крім того, недоліки таких систем призводять до надмірного енергоспоживання, зростання навантаження на двигун і зниження загального комфорту.

Підставою для розробки обраної теми є необхідність створення більш інтелектуальної та енергоефективної системи автоматизації мікроклімату, яка здатна адаптуватися до змінних умов, забезпечувати оптимальні параметри повітряного середовища та інтегруватися з іншими системами автомобіля.

Об'єкт дослідження – система керування мікрокліматом в салоні легкового автомобіля.

Предмет дослідження – методи та технічні засоби автоматизації процесу створення мікроклімату.

Мета роботи – розробити систему автоматизованого регулювання температури й вологості повітря в салоні автомобіля.

Завдання роботи:

- дослідити існуючі системи клімат-контролю;

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

- розробити функціональну, структурну та електричну схеми системи;
- реалізувати алгоритм управління в Arduino IDE;
- провести імітаційне моделювання у Proteus;
- виконати розрахунки з охорони праці.

Методи дослідження:

- Аналіз наукової та технічної літератури.
- Моделювання в середовищі Proteus.
- Програмна реалізація на базі Arduino IDE.
- Тестування та аналіз результатів.

Практичне значення дослідження:

- Підвищення комфорту та безпеки водіїв і пасажирів.
- Зниження енергоспоживання системи клімат-контролю.
- Можливість масштабування розроблених рішень для різних типів транспортних засобів.

Робота спрямована на створення сучасної, ефективної та безпечної системи автоматизації мікроклімату.

1 АНАЛІЗ СТАНУ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ОПАЛЕННЯ В ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ

1.1. Поняття мікроклімату в салоні автомобіля

Комфорт і безпека водія та пасажирів значною мірою залежать від параметрів мікроклімату в салоні автомобіля. Оптимальні значення температури, вологості, швидкості руху повітря та концентрації шкідливих речовин забезпечують працездатність водія, знижують стомлюваність і запобігають виникненню захворювань.

1.1.1. Основні параметри мікроклімату в салоні автомобіля

1.1.2. Температура повітря

Температура повітря є одним з найважливіших параметрів мікроклімату. Занадто висока або низька температура призводить до дискомфорту, зниження уваги та навіть теплового удару або переохолодження.

– **Оптимальний діапазон:** Для забезпечення комфорту більшості людей оптимальна температура в салоні автомобіля зазвичай становить $+18...+22^{\circ}\text{C}$ в холодну пору року та $+20...+25^{\circ}\text{C}$ в теплу пору року [7].

– **Фактори впливу:** Температура в салоні залежить від зовнішньої температури повітря, інтенсивності сонячного випромінювання, роботи системи опалення та кондиціонування, кількості людей в салоні та їхньої активності.

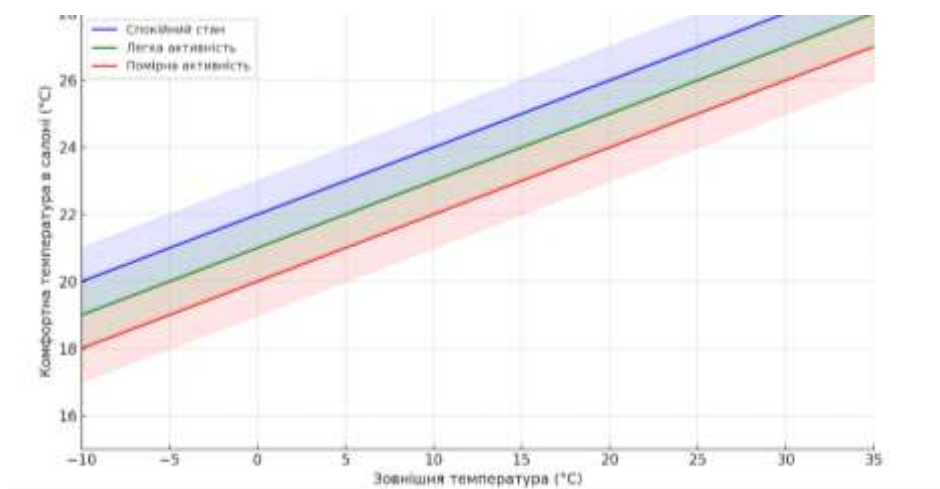


Рисунок 1.1 – Графік комфортної температури в салоні

1.1.2.1. Вологість повітря

Вологість повітря впливає на тепловіддачу організму через потовиділення та на відчуття комфорту. Занадто низька вологість викликає сухість шкіри та слизових оболонок, а занадто висока – сприяти розвитку мікроорганізмів та погіршувати тепловіддачу.

- **Оптимальний діапазон:** Рекомендований діапазон відносної вологості повітря в салоні автомобіля становить 40–60%.
- **Фактори впливу:** Вологість повітря в салоні залежить від вологості зовнішнього повітря, роботи системи кондиціонування, кількості людей в салоні.

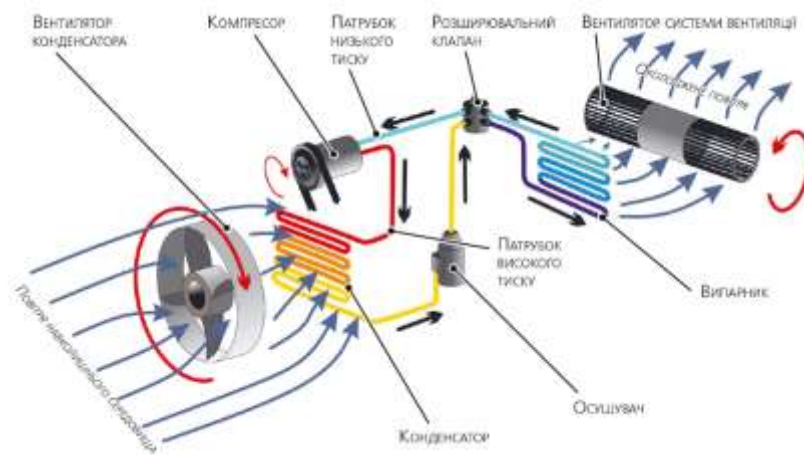


Рисунок 1.2 - Схема системи кондиціонування в машині

1.1.2.2. Швидкість руху повітря

Рух повітря в салоні сприяє вирівнюванню температури та вологості, а також видаленню забруднюючих речовин. Однак надмірна швидкість повітря викликає протяг, подразнення слизових оболонок очей і носа, а іноді — до головного болю чи м'язового напруження.

- **Оптимальний діапазон:** Рекомендована швидкість в зоні перебування водія та пасажирів становить 0,1–0,3м/с [7].
- **Фактори впливу:** Залежить від роботи вентиляційної системи, положення дефлекторів, швидкості руху автомобіля та відчинених вікон.

1.1.2.3. Концентрація шкідливих речовин

В салоні автомобіля накопичуються шкідливі речовини, такі як чадний газ (CO), оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (HC), тверді частинки (PM), а також алергени та мікроорганізми. Їх висока концентрація негативно впливає на здоров'я та самопочуття.

– **Основні джерела:** Вихлопні гази інших транспортних засобів, власні вихлопні гази (при несправній системі), випаровування від матеріалів обробки салону, пил, бруд, алергени.

– **Заходи контролю:** Використання якісних салонних фільтрів, регулярне провітрювання салону, контроль за справністю вихлопної системи.

1.1.3. Вплив мікроклімату на самопочуття водія та пасажирів

Мікроклімат – важливий фактор, що безпосередньо впливає на фізіологічний та психологічний стан водія та пасажирів. Відхилення від оптимальних значень температури, вологості, швидкості руху повітря та якості повітря призводять до погіршення когнітивних функцій, зниження працездатності та проблем зі здоров'ям. Розглянемо основні аспекти впливу мікроклімату на самопочуття людей в автомобілі.

1.1.3.1. Вплив температури повітря

– **Висока температура:** Перегрів в салоні призводить до розширення судин, підвищення серцевого ритму, стомлюваності, сонливості та зниження концентрації уваги. У важких випадках буде тепловий удар. Водій у стані перегріву робить більше помилок та повільніше реагує на дорожню ситуацію, що підвищує ризик ДТП. Пасажири також відчувають дискомфорт, роздратованість та страждатимуть від головного болю [4].

– **Низька температура:** Переохолодження в салоні викликає ознобу, м'язову напругу, зниження реакції та погіршення дрібної моторики. Водію буде важко керувати автомобілем, особливо при необхідності виконання точних

рухів. У важких випадках дійде до простуди та загострення хронічних захворювань.

1.1.3.2. Вплив вологості повітря

Вологість повітря впливає на ефективність терморегуляції організму.

- **Висока вологість:** Перешкоджає випаровуванню поту, що ускладнює тепловіддачу та призводить до швидшого перегріву організму. Відчуття задухи та дискомфорту посилюються.

- **Низька вологість:** Викликає сухість слизових оболонок носа та горла, що підвищує ризик респіраторних захворювань. Також виникає сухість шкіри та подразнення очей.

1.1.3.3. Вплив швидкості руху повітря

Рух повітря впливає на тепловіддачу конвекцією та випаровуванням.

- **Надмірна швидкість:** Сильні потоки холодного повітря викликають відчуття протягу та призводять до локального переохолодження, що спричиняє м'язові спазми та защемлення нервів.

- **Недостатня швидкість:** Недостатня циркуляція повітря утворює зони з підвищеною температурою та вологістю, погіршуючи теплове самопочуття.

1.1.3.4. Вплив якості повітря (концентрації шкідливих речовин)

Забруднене повітря в салоні має серйозні наслідки для здоров'я та самопочуття.

- **Чадний газ (CO):** Навіть низькі концентрації CO викликають головний біль, запаморочення, слабкість та сонливість, що значно знижує реакцію водія та підвищує ризик аварій. Високі концентрації смертельно небезпечні.

- **Оксиди азоту (NOx) та вуглеводні (HC):** Викликають подразнення слизових оболонок, кашель, головний біль та сприяти розвитку респіраторних захворювань.

– **Тверді частинки (РМ):** Проникають глибоко в легені та викликати серцево-судинні та респіраторні захворювання, особливо небезпечні для людей з хронічними захворюваннями.

– **Алергени та мікроорганізми:** Викликають алергічні реакції (чихання, нежить, слезотеча) та поширювати інфекційні захворювання.

1.1.4. Нормативні вимоги до мікроклімату в транспортних засобах

Для забезпечення безпеки та комфорту пасажирів і водіїв у існують певні нормативні вимоги до параметрів мікроклімату. Ці вимоги встановлюються з метою мінімізації негативного впливу умов середовища на працездатність, самопочуття та здоров'я людей [8]. Вони спрямовані на підтримання оптимальних значень температури, вологості, швидкості руху повітря та забезпечення належної якості повітря в салоні.

1) Температура повітря

– Для водія та пасажирів легкого автомобіля в холодний період року не нижче $+16^{\circ}\text{C}$, у теплий період року не вище $+28^{\circ}\text{C}$. Оптимальні значення зазвичай знаходяться в діапазоні $+20...+25^{\circ}\text{C}$.

2) Вологість повітря

Рекомендовані значення відносної вологості зазвичай знаходяться в діапазоні 40–60%.

3) Швидкість руху повітря

Не повинна викликати дискомфорту від протягів. Зазвичай обмежується значеннями 0,1–0,3 м/с у зоні перебування людей.

4) Якість повітря

Вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), встановлених санітарними нормами. Обов'язковою є наявність та справність систем вентиляції та фільтрації повітря.

1.1.5. Особливості мікроклімату в різних кліматичних умовах

Екстремальні температури, висока вологість, сильні вітри або інтенсивне сонячне випромінювання створюють додаткові виклики для систем клімат-контролю та вимагають особливих підходів до забезпечення комфортних умов усередині транспортного засобу. У цьому розділі розглянуто особливості мікроклімату в автомобілі залежно від різних кліматичних зон.

1.1.5.1. Спекотний та сухий клімат

У регіонах з високою температурою повітря та низькою вологістю (наприклад, пустелі, степи влітку) салон автомобіля нагрівається до екстремально високих температур під впливом сонячного випромінювання.

Характерні особливості:

- Швидке та інтенсивне нагрівання салону до високих температур (понад $+50^{\circ}\text{C}$).
- Низька відносна вологість повітря (менше 30%).
- Сильне нагрівання поверхонь у салоні (сидінь, панелі приладів).
- Швидке зневоднення організму через сухе повітря та потовиділення.

1.1.5.2. Спекотний та вологий клімат

У тропічних та субтропічних регіонах з високою температурою та високою вологістю (наприклад, вологі ліси, прибережні зони влітку) створюються особливо несприятливі умови для теплообміну організму.

Характерні особливості:

- Висока температура повітря (близько $+30...+35^{\circ}\text{C}$) у поєднанні з високою відотною вологістю (понад 70%).
- Ускладнена тепловіддача через потовиділення, що призводить до відчуття липкості та задухи.
- Підвищена ймовірність конденсації вологи на внутрішніх поверхнях автомобіля.

1.1.5.3. Холодний та сухий клімат

У регіонах з низькими температурами та низькою вологістю (наприклад, континентальні райони взимку) основною проблемою є швидке охолодження салону та низька вологість повітря, що посилюється роботою опалювальної системи.

Характерні особливості:

- Низькі температури зовнішнього повітря (нижче 0°C).
- Низька відносна вологість (менше 40%).
- Швидка втрата тепла салоном через погану теплоізоляцію.
- Можливе пересушування повітря системою опалення.
- Запотівання або обмерзання вікон через різницю температур.

1.1.5.4. Холодний та вологий клімат

У приморських регіонах з низькими температурами та високою вологістю (наприклад, північні морські узбережжя взимку) поєднуються негативні ефекти холоду та вогкості.

Характерні особливості:

- Низькі температури (близько 0...+5°C) у поєднанні з високою відносною вологістю (понад 80%).
- Висока теплопровідність вологого повітря, що посилює відчуття холоду.
- Часте запотівання вікон.
- Ризик корозії кузова.

Системи клімат-контролю повинні бути здатні ефективно охолоджувати та осушувати повітря в спекотному та вологому кліматі, швидко нагрівати та зволожувати його в холодному та сухому кліматі, а також боротися із запотіванням та обмерзанням вікон у вологих умовах.

1.2. Огляд існуючих систем створення мікроклімату

Сучасні автомобілі оснащуються різноманітними системами, призначеними для створення та підтримання комфортного мікроклімату в салоні. До основних з них належать системи вентиляції, опалення та кондиціонування повітря. Кожна з цих систем має свій принцип дії та виконує певні функції для забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища в автомобілі. У цьому розділі буде розглянуто принцип дії кожної з цих систем.

1.2.1. Принцип дії систем вентиляції, опалення та кондиціонування

1) Система вентиляції

Основна функція системи вентиляції полягає в забезпеченні циркуляції повітря в салоні автомобіля, видаленні відпрацьованого повітря та надходженні свіжого. Це необхідно для підтримання належного рівня кисню, видалення вуглекислого газу, вологи та запахів.

Принцип дії:

– **Природна вентиляція:** Відбувається за рахунок різниці тиску між повітрям у салоні та зовнішнім середовищем під час руху автомобіля, а також через спеціальні вентиляційні отвори (дефлектори) та частково відкриті вікна. Ефективність природної вентиляції залежить від швидкості руху та напрямку вітру.

– **Примусова вентиляція:** Здійснюється за допомогою вентилятора, який забирає повітря ззовні (через повітрозабірник, часто обладнаний фільтром салону) та подає його в салон через систему повітроводів та дефлекторів. Вентилятор може мати кілька швидкостей обертання для регулювання інтенсивності повітряного потоку. Примусова вентиляція працює як на забір зовнішнього повітря, так і на рециркуляцію внутрішнього повітря. Режим рециркуляції використовується для швидшого нагрівання або охолодження салону, а також для запобігання потраплянню неприємних запахів ззовні.

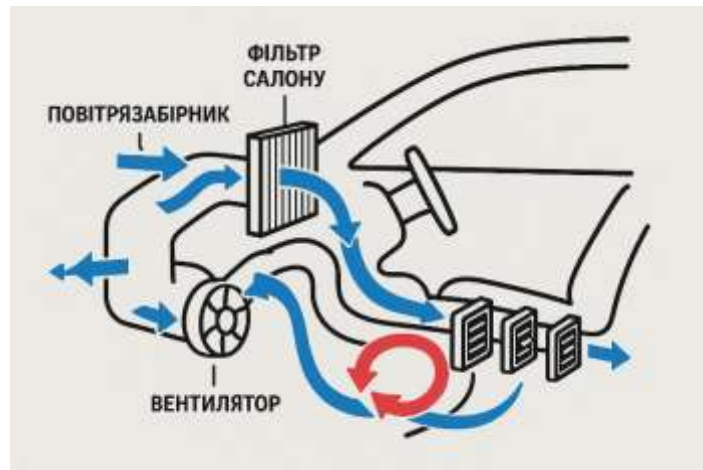


Рисунок 1.3 – Схема системи вентиляції автомобіля

2) Система опалення

Система опалення призначена для підвищення температури повітря в салоні автомобіля в холодну пору року, забезпечуючи тепловий комфорт водія та пасажирів, а також запобігаючи запотіванню та обмерзанню вікон.

Принцип дії:

– **Використання тепла двигуна:** У більшості сучасних автомобілів система опалення використовує тепло охолоджуючої рідини двигуна. Гаряча охолоджуюча рідина циркулює через радіатор опалювача (теплообмінник), розташований у блоці вентиляції. Вентилятор продуває повітря через гарячий радіатор, нагріваючи його, після чого тепле повітря подається в салон через систему повітроводів та дефлекторів. Регулювання температури здійснюється за допомогою заслінок, що контролюють потік повітря через радіатор опалювача, та зміною швидкості вентилятора.

– **Додаткові системи опалення:** У деяких автомобілях, особливо з дизельними двигунами (які повільніше нагріваються), використовуються додаткові електричні нагрівальні елементи або автономні опалювачі, що працюють на паливі, для швидшого прогріву салону [2].



Рисунок 1.4 - Схема системи опалення автомобіля

3) Системи кондиціонування

Система кондиціонування призначена для зниження температури та осушення повітря в салоні автомобіля в теплу пору року, забезпечуючи прохолоду та комфорт, а також запобігаючи запотіванню вікон у вологу погоду [1].

Принцип дії: Система кондиціонування працює за принципом холодильної машини, використовуючи холодоагент, який циркулює в замкнутому контурі та змінює свій агрегатний стан, поглинаючи та віддаючи тепло [1]. Основні компоненти системи:

- **Компресор:** Стискає газоподібний холодоагент, підвищуючи його тиск і температуру.
- **Конденсатор:** Гарячий холодоагент під високим тиском охолоджується зовнішнім повітрям, віддаючи тепло в атмосферу та конденсуючись у рідкий стан.
- **Ресивер-осушувач:** Фільтрує холодоагент та видаляє з нього вологу.
- **Розширювальний клапан:** Знижує тиск рідкого холодоагенту, що призводить до його різкого охолодження та часткового випаровування.

– **Випарник:** Холодний рідкий холодоагент під низьким тиском кипить, забираючи тепло з повітря, що продувається через нього вентилятором. Охолоджене та осушене повітря подається в салон.

Регулювання інтенсивності охолодження здійснюється шляхом керування роботою компресора та вентилятора.

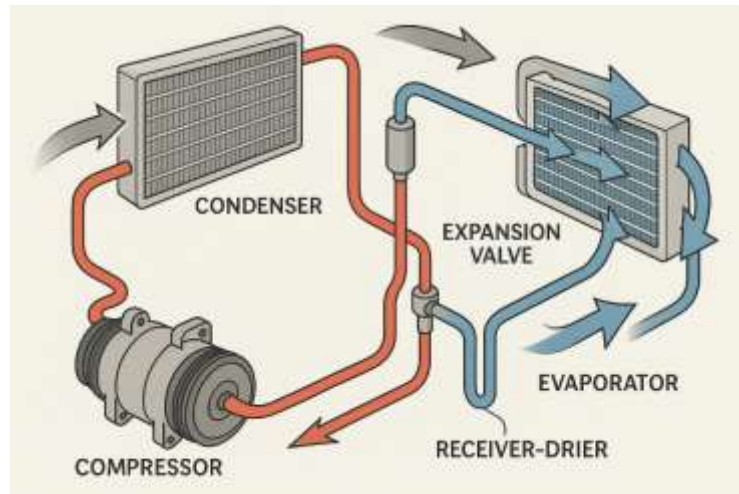


Рисунок 1.5 – Схема системи кондиціонування автомобіля

Системи вентиляції, опалення та кондиціонування забезпечують комфортний та безпечний мікроклімат у салоні за різних зовнішніх умов. Вентиляція забезпечує циркуляцію та оновлення повітря, опалення підтримує тепло в холодну пору року, а кондиціонування охолоджує та осушує повітря в спеку. Розуміння принципів їхньої дії є важливим для правильної експлуатації та обслуговування цих систем.

1.2.2. Класифікація систем створення мікроклімату: ручні, напівавтоматичні, автоматичні

Сучасні автомобільні системи створення мікроклімату класифікуються за рівнем автоматизації управління на ручні, напівавтоматичні та автоматичні. Кожен тип має свої особливості в принципах регулювання та рівні комфорту, який він забезпечує [3].

1.2.2.1. Ручні системи управління

Ручні системи управління є найпростішим типом кліматичних систем. Вони вимагають безпосереднього втручання водія або пасажирів для регулювання всіх параметрів мікроклімату.

Характерні особливості:

- **Механічні регулятори:** Управління здійснюється за допомогою фізичних перемикачів, важелів або обертових ручок.
- **Незалежне регулювання:** Окремо регулюються інтенсивність вентиляції (швидкість вентилятора), напрямок повітряних потоків (на скло, в ноги, на обличчя), а також температура повітря (шляхом регулювання подачі гарячого повітря від радіатора опалювача).
- **Відсутність автоматичного підтримання температури:** Задана температура в салоні не підтримується автоматично. Водію необхідно самостійно коригувати положення регуляторів залежно від зміни зовнішніх умов та власних відчуттів.
- **Простота конструкції та обслуговування:** Ручні системи зазвичай мають простішу конструкцію, що робить їх більш надійними та дешевими в обслуговуванні.



Рисунок 1.6 – Панель управління ручною системою клімат-контролю.

1.2.2.2. Напіваавтоматичні системи управління

Напіваавтоматичні системи управління (часто їх називають "кліматик") є проміжним варіантом між ручними та повністю автоматичними системами. Вони забезпечують певний рівень автоматизації, зокрема підтримання заданої температури.

Характерні особливості:

- **Електронне управління температурою:** Водій задає бажану температуру в салоні за допомогою кнопок або ручок, а система автоматично регулює подачу холодного (від кондиціонера) або гарячого (від опалювача) повітря для її підтримання.
- **Ручне регулювання інших параметрів:** Швидкість вентилятора та напрямок повітряних потоків зазвичай регулюються вручну за допомогою механічних або електронних перемикачів.
- **Датчик температури в салоні:** Система використовує датчик температури для контролю фактичної температури в салоні та її порівняння із заданим значенням.
- **Компроміс між комфортом та вартістю:** Напіваавтоматичні системи забезпечують більш високий рівень комфорту порівняно з ручними, залишаючись при цьому відносно доступними за ціною.



Рисунок 1.7 - Зображення панелі управління з напіваавтоматичною системою клімат-контролю

1.2.2.3. Автоматичні системи управління (клімат-контроль)

Автоматичні системи управління (клімат-контроль) є найсучаснішим та найкомфортнішим типом автомобільних кліматичних систем. Вони повністю автоматично підтримують заданий мікроклімат у салоні, регулюючи температуру, інтенсивність вентиляції та напрямки повітряних потоків без постійної участі водія.

Характерні особливості:

- **Повне автоматичне управління:** Система автоматично регулює температуру, швидкість вентилятора та розподіл повітряних потоків для досягнення та підтримання заданих параметрів мікроклімату.
- **Електронні датчики:** Використовується кілька датчиків температури (в салоні, зовні), датчик сонячного випромінювання (для компенсації впливу сонця), а іноді й датчик вологості.
- **Електронний блок управління (ЕБУ):** Отримує сигнали від датчиків та керує роботою виконавчих механізмів (заслінками, вентилятором, компресором кондиціонера) для підтримання заданих параметрів.
- **Можливість зонального клімат-контролю:** У багатьох автомобілях з автоматичним клімат-контролем передбачене окреме регулювання температури для різних зон салону (наприклад, для водія, переднього пасажира та задніх пасажирів).
- **Високий рівень комфорту:** Автоматичні системи забезпечують максимально комфортні умови в салоні незалежно від змін зовнішніх умов.



Рисунок 1.8 - Зображення панелі управління з автоматичною системою клімат-контролю

1.2.3. Конструктивні елементи систем створення мікроклімату: повітроводи, вентилятори, нагрівачі, компресори

Системи вентиляції, опалення та кондиціонування автомобіля складаються з кількох ключових конструктивних елементів, кожен з яких виконує свою важливу функцію у створенні та підтримці комфортного мікроклімату в салоні. До основних таких елементів належать повітроводи, вентилятори, нагрівачі та компресори (останні є ключовим елементом системи кондиціонування). Розглянемо їхню будову та призначення детальніше.

1.2.3.1. Повітроводи

Повітроводи являють собою систему каналів, які забезпечують транспортування повітря всередині системи вентиляції, опалення та кондиціонування. Вони спрямовують потік повітря від місця його забору або обробки (наприклад, від вентилятора, нагрівача або випарника кондиціонера) до дефлекторів у салоні автомобіля, через які повітря надходить до водія та пасажирів.

Конструктивні особливості:

— Виготовляються з міцного та легкого пластику, стійкого до температурних перепадів та вібрації.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

- Мають різну форму та переріз залежно від місця розташування та необхідної пропускної здатності повітря.
- З'єднуються між собою за допомогою спеціальних фітингів та кріплень, забезпечуючи герметичність системи.
- Обладнані заслінками для регулювання напрямку та інтенсивності повітряних потоків до різних зон салону (на скло, в ноги, на обличчя). Керування заслінками буває ручним (за допомогою тяг та важелів) або автоматичним (за допомогою сервоприводів).

1.2.3.2. Вентилятори

Вентилятор є ключовим елементом системи примусової вентиляції, опалення та кондиціонування. Він забезпечує створення повітряного потоку, необхідного для циркуляції повітря через фільтри, радіатори опалювача та випарник кондиціонера, а також для подачі обробленого повітря в салон.

Конструктивні особливості:

- Зазвичай використовується відцентровий вентилятор (равлик) з електричним приводом.
- Електродвигун вентилятора має кілька швидкостей обертання, що дозволяє регулювати інтенсивність повітряного потоку. У сучасних автомобілях швидкість вентилятора часто регулюється електронно.
- Вентилятор розміщується в спеціальному корпусі (блоці вентиляції, опалення та кондиціонування) перед радіатором опалювача та/або випарником кондиціонера.
- Забір повітря здійснюється як ззовні автомобіля (через повітрозабірник та фільтр салону), так і зсередини салону (режим рециркуляції). Напрямок забору повітря регулюється за допомогою спеціальних заслінок.

1.2.3.3. Нагрівачі (радіатори опалювача)

Нагрівач, або радіатор опалювача, є теплообмінником, призначеним для нагрівання повітря, що подається в салон автомобіля.

Особливості:

- Це невеликий радіатор, виготовлений з алюмінієвих трубок з великою кількістю ребер для збільшення площі теплообміну.
- Гаряча охолоджуюча рідина двигуна циркулює через трубки радіатора.
- Вентилятор продуває повітря через ребра радіатора, передаючи тепло від охолоджуючої рідини повітрю.
- Кількість тепла, що передається повітрю, регулюється інтенсивністю потоку охолоджуючої рідини за допомогою крана або клапана та кількістю повітря, що проходить через радіатор (швидкістю вентилятора та положенням заслінок).



Рисунок 1.9 – Радіатор опалювача

1.2.3.4. Компресори (системи кондиціонування)

Компресор є ключовим елементом системи кондиціонування. Він відповідає за стискання газоподібного холодоагенту, підвищуючи його тиск і температуру, що є необхідним для подальшого процесу охолодження повітря.

Особливості:

- **Поршневі компресори:** Мають поршні, що рухаються в циліндрах і стискають холодоагент.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

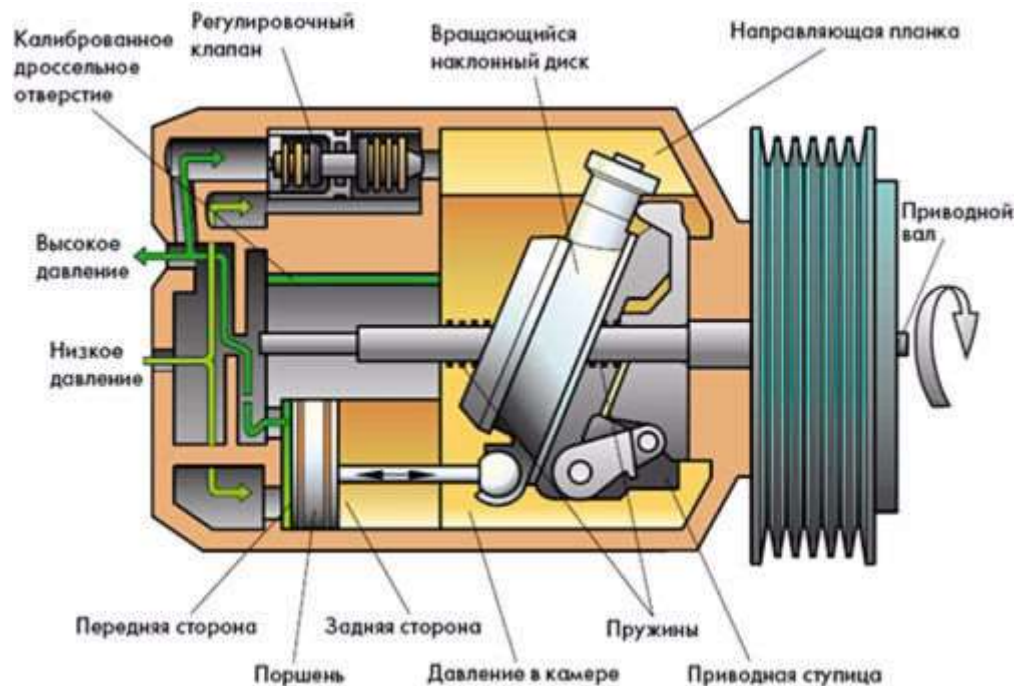


Рисунок 1.10 – Схема поршневого компресора

– **Роторно-лопатеві компресори:** Використовують ротор з лопатями, що обертається в корпусі та стискає холодоагент у камерах, що змінюють свій об'єм.

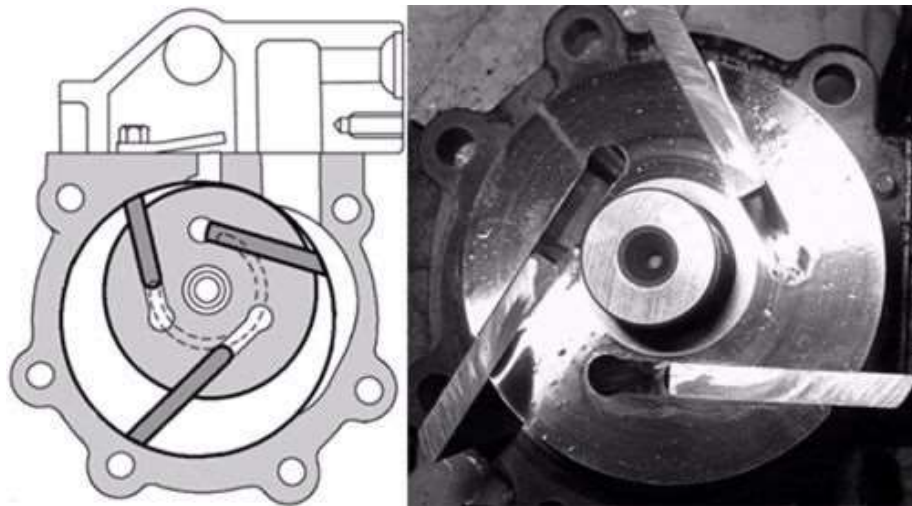


Рисунок 1.11 – Схема роторно-лопатєвого компресора

– **Спіральні компресори (скрол-компресори):** Мають дві спіралі, одна з яких є нерухомою, а інша обертається, стискаючи холодоагент між ними.



Рисунок 1.12 – Спіральний компресор

– **Компресори зі змінною продуктивністю:** Дозволяють регулювати об'єм холодоагенту, що перекачується, залежно від необхідної інтенсивності охолодження.

1.2.4. Особливості клімат-контролю в сучасних автомобілях

Сучасні автомобільні системи клімат-контролю значно еволюціонували, пропонуючи водію та пасажирам високий рівень комфорту та розширені функціональні можливості [3]. Вони відрізняються від простіших ручних та напівавтоматичних систем складнішою архітектурою, інтелектуальними алгоритмами управління та використанням передових технологій. Розглянемо основні особливості клімат-контролю в сучасних автомобілях.

1.2.4.1. Багатозонність

Однією з ключових особливостей сучасних систем є зональний клімат-контроль, що дозволяє індивідуально регулювати температуру повітря в різних частинах салону, забезпечуючи комфорт для кожного пасажирів. Найчастіше зустрічаються двозонні (для водія та переднього пасажирів) та тризонні (додатково для задніх пасажирів) системи, але в деяких преміальних автомобілях є чотиризонний клімат-контроль (з окремим регулюванням для кожного пасажирів).

Принцип дії: Кілька датчиків температури, розташованих у різних зонах салону, передають інформацію до електронного блоку управління (ЕБУ). ЕБУ, на основі заданих користувачем температур та показань датчиків, окремо керує роботою заслінок, що розподіляють повітряні потоки різної температури до відповідних зон.

1.2.4.2. Автоматичне регулювання інтенсивності та напрямку повітря

Сучасні системи клімат-контролю автоматично регулюють не лише температуру, але й інтенсивність (швидкість вентилятора) та напрямок повітряних потоків.

Принцип дії: ЕБУ, отримуючи дані від датчиків температури (внутрішньої та зовнішньої), сонячного випромінювання та іноді вологості, використовує складні алгоритми для визначення оптимального режиму роботи системи. Наприклад, при сильному нагріванні салону на початку роботи система інтенсивно охолоджуватиме повітря та спрямовувати потік на в салон, а після досягнення заданої температури – зменшити інтенсивність та змінити напрямок для підтримання комфортних умов.

1.2.4.3. Датчики якості повітря та автоматична рециркуляція

Для забезпечення високої якості повітря в салоні сучасні автомобілі оснащуються датчиками якості повітря (наприклад, датчиками CO, NOx, твердих частинок).

Принцип дії: При виявленні підвищеної концентрації шкідливих речовин у зовнішньому повітрі система автоматично перемикається в режим рециркуляції, запобігаючи їх потраплянню в салон. Після покращення якості зовнішнього повітря система автоматично відновлює подачу свіжого повітря ззовні.

1.2.4.4. Інтеграція з іншими системами автомобіля

Сучасні системи клімат-контролю часто інтегруються з іншими системами автомобіля, такими як навігаційна система та датчик дощу.

Принцип дії:

- **Інтеграція з навігацією:** Система завчасно готується до зміни зовнішніх умов, наприклад, при в'їзді в тунель автоматично вмикатиметься режим рециркуляції.
- **Інтеграція з датчиком дощу:** При виявленні дощу система збільшуватиме інтенсивність вентиляції та спрямовувати потік повітря на скло, щоб воно не запотівало.

1.2.4.5. Індивідуальні налаштування та профілі користувачів

В сучасних системах клімат-контролю є можливість збереження індивідуальних налаштувань для різних водіїв або пасажирів у вигляді профілів користувачів.

Принцип дії: Кожен користувач налаштовує бажану температуру, інтенсивність та розподіл повітря для своєї зони. Ці налаштування зберігаються в пам'яті системи та автоматично активуються при ідентифікації користувача (наприклад, за ключем або профілем мультимедійної системи).

1.2.4.6. Енергоефективність

У сучасних автомобілях все більша увага приділяється енергоефективності. Системи клімат-контролю також удосконалюються з метою зниження споживання енергії.

Технології: Використання компресорів зі змінною продуктивністю, оптимізація роботи вентилятора, інтелектуальне керування заслінками для мінімізації втрат енергії. У гібридних та електричних автомобілях використовуються теплові насоси для більш ефективного опалення та охолодження салону.

1.2.5. Приклади систем відомих виробників

1.2.5.1. Volkswagen: Climatronic

Climatronic – це автоматична система клімат-контролю, яка використовується в автомобілях Volkswagen. Вона буває як однозонною, так і багатозонною (2-зонною або 3-зонною), дозволяючи водію та пасажирів індивідуально налаштовувати бажану температуру.

Основні особливості Climatronic:

- **Автоматичний режим:** Система автоматично підтримує задану температуру, регулюючи інтенсивність вентиляції та розподіл повітря.
- **Багатозонність:** Встановлення різної температури для водія та пасажирів.
- **Датчик сонячного випромінювання:** Враховує інтенсивність сонячного світла для більш точного регулювання температури в салоні.
- **Режим "AUTO" з інтелектуальним управлінням:** Оптимізує роботу системи для швидкого досягнення комфортної температури та її подальшого підтримання.
- **Функція "Air Care" (у деяких моделях):** Покращена система фільтрації повітря, яка включає активований вугільний фільтр та датчик якості повітря для автоматичного переходу в режим рециркуляції при забрудненні зовнішнього повітря.
- **Керування через інформаційно-розважальну систему:** У сучасних моделях налаштування Climatronic інтегруються з дисплеєм мультимедійної системи.

1.2.5.2. Mercedes-Benz: Thermotronic та Air-Balance

Mercedes-Benz використовує назву Thermotronic для своїх передових автоматичних систем клімат-контролю. Вони відрізняються високим рівнем комфорту та розширеними функціями.

Основні особливості Thermotronic:

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

- **Багатозонний клімат-контроль:** Забезпечує індивідуальне регулювання температури для кількох зон салону (до чотирьох).
- **Автоматичний режим з розширеними можливостями:** Інтелектуальне управління температурою, інтенсивністю та розподілом повітря з урахуванням різних факторів.
- **Датчики температури, вологості та сонячного випромінювання:** Для точного контролю мікроклімату.
- **Різні режими роботи:** Вибір режимів з різними пріоритетами (наприклад, інтенсивне охолодження, м'який режим).
- **Система фільтрації з активованим вугіллям:** Ефективно очищає повітря від пилу, запахів та шкідливих речовин.
- **Функція Air-Balance:** Система ароматизації салону з вибором різних ароматів та інтенсивності їх розпилення, а також покращена фільтрація повітря з іонізацією.

1.2.5.3. BMW: Автоматичний клімат-контроль (часто без окремої назви, але з розширеними функціями)

BMW також пропонує передові автоматичні системи клімат-контролю, які зазвичай не мають окремої комерційної назви, але відрізняються високою ефективністю та інтелектуальним управлінням.

Основні особливості автоматичного клімат-контролю BMW:

- **Багатозонний клімат-контроль:** Забезпечує роздільне регулювання температури для кількох зон.
- **Автоматичний режим з розширеними датчиками:** Система враховує температуру зовнішнього та внутрішнього повітря, інтенсивність сонячного випромінювання та вологість.
- **Інтелектуальне управління повітряними потоками:** Автоматичне регулювання напрямку та інтенсивності повітря для швидкого досягнення та підтримання комфорту.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

- **Фільтр тонкого очищення:** Ефективно затримує пил, пилок та інші дрібні частинки. У деяких моделях доступні фільтри з активованим вугіллям.
- **Функція автоматичного запобігання запотіванню скла:** Система автоматично змінює режим роботи для усунення запотівання.
- **Керування через iDrive:** Налаштування клімат-контролю інтегровані в систему управління iDrive.

Інші виробники:

Інші виробники також використовують власні назви та технології для своїх систем клімат-контролю, наприклад:

- **Audi:** Deluxe automatic air conditioning
- **Skoda:** Climatronic (аналогічно Volkswagen)
- **Peugeot/Citroën:** Automatic air conditioning
- **Toyota/Lexus:** Automatic climate control

Ці системи мають різні рівні автоматизації та набір функцій, включаючи багатозонність, датчики якості повітря, автоматичну рециркуляцію та інтеграцію з іншими системами автомобіля.

1.3. Основні недоліки та переваги сучасних рішень

Сучасні автоматизовані системи мікроклімату мають низку значних переваг. Вони забезпечують стабільний комфорт без постійного втручання водія, підтримують задану температуру і якість повітря, оптимізують витрати енергії залежно від зовнішніх умов і навантаження. Системи інтегруються з навігацією, датчиками дощу та якості повітря, що дозволяє адаптувати режим роботи до реальних умов руху. Автоматичні налаштування інтенсивності і напрямку повітряних потоків підвищують загальний комфорт пасажирів.

Основні переваги:

- стабільне підтримання мікроклімату при мінімальному втручанні користувача
- зменшення навантаження на водія і підвищення безпеки руху

– енергоефективність завдяки розумному керуванню компонентами системи

Проте такі системи мають і свої недоліки. Висока складність конструкції призводить до зростання вартості обслуговування та ремонту. Вразливість окремих елементів, таких як датчики або електронні блоки управління, призводить до серйозних збоїв у роботі всієї системи.

Основні обмеження:

– висока вартість виробництва та обслуговування
– складність ремонту і потреба у спеціалізованому обладнанні
– ризик повної втрати функціональності через відмову окремих елементів

Аналіз експлуатаційних витрат показує, що хоч автоматизовані системи потребують більших інвестицій, вони компенсуються зручністю використання, вищим рівнем комфорту та безпеки. Порівняння різних підходів свідчить, що сучасні рішення з інтелектуальним керуванням перевершують традиційні системи, особливо в преміальному сегменті автомобілів.

1.4. Вимоги до систем автоматизації мікроклімату

До сучасних систем автоматизації висуваються жорсткі технічні та експлуатаційні вимоги. Вони повинні забезпечувати не тільки комфорт, а й високу надійність, енергоефективність і адаптивність до змінних умов.

Основні технічні вимоги:

– точність підтримання температури в салоні на рівні $\pm 1-2$ °C швидкодія системи при зміні зовнішніх умов та налаштувань користувача

Важливими аспектами є надійність і безпека експлуатації. Система повинна безперебійно працювати за різних температур, вологості та рівнів забруднення, мати резервні режими для забезпечення мінімальної функціональності у разі збоїв.

Вимоги до енергоефективності:

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

- використання змінних компресорів
- оптимізація роботи вентилятора і заслінок для мінімізації втрат енергії
- застосування теплових насосів у гібридних та електричних автомобілях

Системи повинні адаптуватися до індивідуальних налаштувань користувачів, автоматично враховувати зовнішні умови та забруднення повітря. Інтерфейс має бути інтуїтивним, зрозумілим і легко інтегруватися з іншими автомобільними системами — мультимедійними, навігаційними та безпековими.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1

Підтримання оптимального мікроклімату в салоні автомобіля є важливим чинником комфорту та безпеки водія і пасажирів. Це допомагає зберегти здоров'я, підвищити увагу та зменшити стомлюваність, що безпосередньо впливає на безпеку руху.

Сучасні автомобільні системи, що забезпечують мікроклімат — вентиляція, опалення та кондиціонування — є невід'ємними елементами транспортного засобу. Вони відповідають за циркуляцію повітря, підтримання тепла або прохолоди, а також осушення повітря. Розуміння принципів їхньої дії та взаємодії ключових конструктивних елементів, таких як повітроводи, вентилятори, нагрівачі та компресори, є важливим для належної експлуатації та обслуговування.

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МІКРОКЛІМАТУ

2.1. Вибір схеми автоматизованої системи

При розробці системи автоматизації мікроклімату в автомобілі ключовим етапом є вибір оптимальної схеми, яка забезпечить ефективне управління параметрами повітряного середовища в салоні. Схема повинна враховувати вимоги до точності, швидкодії, надійності та енергоефективності, а також забезпечувати можливість інтеграції з іншими системами автомобіля.

2.1.1. Аналіз існуючих схем автоматизації

Існуючі системи автоматизації мікроклімату класифікують за кількома критеріями:

1. Тип регулювання:

– **Системи з розімкнутим контуром регулювання:** У цих системах керуючий вплив формується на основі заданого значення, без урахування фактичних параметрів мікроклімату. Наприклад, вентилятор працює з фіксованою швидкістю, незалежно від поточної температури в салоні. Ці системи прості у реалізації, але не забезпечують високої точності та чутливі до зміни зовнішньої температури, кількості пасажирів тощо.

– **Системи із замкнутим контуром регулювання (з використанням зворотного зв'язку):** У цих системах фактичні значення параметрів мікроклімату (температура, вологість) вимірюються датчиками, і ця інформація використовується для корегування керуючого впливу. Наприклад, якщо температура в салоні вища за задану, система збільшує інтенсивність охолодження. Зворотний зв'язок забезпечує більш точне підтримання заданих параметрів та стійкість до збурень.

2. Спосіб управління:

– **Релейні системи:** Керуючий вплив має два стани (ввімкнено/вимкнено). Наприклад, обігрівач вмикається, якщо температура

нижча за задану, і вимикається, коли вона досягає заданого значення. Ці системи прості, але здатні викликати коливання температури навколо заданого значення.

– **Системи з пропорційно-інтегрально-диференціальним (ПІД) регулюванням:** ПІД-регулятор формує керуючий вплив на основі трьох компонент:

- Пропорційна (P) компонента: пропорційна різниці між заданим і фактичним значенням.
- Інтегральна (I) компонента: враховує накопичену похибку, забезпечуючи усунення статичної похибки.
- Диференціальна (D) компонента: реагує на швидкість зміни похибки, покращуючи перехідні процеси.

ПІД-регулювання є найбільш поширеним та ефективним способом управління, що забезпечує точне та стабільне регулювання.

– **Системи з нечіткою логікою:** Використовують лінгвістичні змінні (наприклад, "дуже холодно", "тепло") та правила нечіткого висновування для формування керуючого впливу. Ці системи добре підходять для об'єктів з нелінійними характеристиками, але вимагають налаштування правил.

– **Системи з адаптивним управлінням:** Автоматично змінюють параметри регулятора (наприклад, коефіцієнти ПІД-регулятора) залежно від зміни характеристик об'єкта управління або збурень. Це забезпечує високу ефективність в умовах невизначеності.

3. Архітектура:

– **Централізовані системи:** Всі функції управління виконуються одним центральним блоком. Це спрощує структуру, але знижує надійність (відмова центрального блоку призводить до відмови всієї системи) та обмежує можливості розширення.

– **Розподілені системи:** Функції управління розподілені між кількома блоками, кожен з яких відповідає за певну підсистему (наприклад, управління

вентиляцією, управління температурою окремої зони). Блоки обмінюються інформацією через мережу. Розподілена архітектура підвищує надійність (відмова одного блоку не призводить до повної відмови системи), забезпечує гнучкість та масштабованість.

2.1.2. Обґрунтування вибору схеми

Для системи автоматизації мікроклімату в автомобілі найбільш доцільним є використання схеми із замкнутим контуром регулювання, що забезпечує точне підтримання заданих параметрів завдяки наявності зворотного зв'язку [5]. З точки зору способу управління, ПД-регулювання є широко поширеним та ефективним підходом, що забезпечує оптимальне поєднання швидкодії та стабільності. В той же час, для об'єктів з нелінійними характеристиками та значними змінами, доцільним буде застосування систем з нечіткою логікою або адаптивним управлінням [6].

Архітектура системи буває як централізованою, так і розподіленою. Централізована схема є простішою в реалізації, але менш гнучкою та надійною. Розподілена схема забезпечує більшу гнучкість, масштабованість та відмовостійкість, але є складнішою в розробці та впровадженні.

2.1.3. Структурна схема системи

Обрана схема передбачає наявність таких основних компонентів:

- Датчики температури, вологості та якості повітря, розташовані у різних зонах салону.
- Блоки управління, кожен з яких відповідає за певну зону або функцію (наприклад, блок управління вентилятором, блок управління заслінками, блок управління компресором).
- Центральний блок управління, який координує роботу окремих блоків та забезпечує зв'язок з іншими системами автомобіля.
- Виконавчі пристрої (вентилятори, заслінки, компресор, нагрівальні елементи).

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

- Інтерфейс користувача (панель управління на центральній консолі, дисплей мультимедійної системи).
- Мережа обміну даними (наприклад, CAN-шина), що забезпечує зв'язок між блоками управління.



Рисунок 2.1 – Структурна схема системи

2.1.4. Функціональна схема системи

Функціональна схема системи відображає алгоритм її роботи та взаємодію між окремими компонентами. Система повинна виконувати такі основні функції:

- Вимірювання параметрів мікроклімату за допомогою датчиків.
- Обробка сигналів від датчиків та передача їх до відповідних блоків управління.
- Регулювання роботи виконавчих пристроїв згідно з заданими параметрами та алгоритмами управління.
- Забезпечення зв'язку з іншими системами автомобіля (наприклад, системою управління двигуном, навігаційною системою).
- Відображення інформації про поточний стан мікроклімату та режим роботи системи на інтерфейсі користувача.
- Прийом та обробка команд користувача.
- Діагностика та захист від нештатних ситуацій.



Рисунок 2.2 – Функціональна схема системи

2.2. Вибір схеми автоматизованої системи

При розробці системи автоматизації мікроклімату в автомобілі ключовим етапом є вибір оптимальної схеми, яка забезпечить ефективне управління параметрами повітряного середовища в салоні. Схема повинна враховувати вимоги до точності, швидкодії, надійності та енергоефективності, а також забезпечувати можливість інтеграції з іншими системами автомобіля.

2.3. Вибір і обґрунтування обладнання (датчики, контролери, виконавчі механізми)

Вибір відповідного обладнання є критично важливим етапом розробки системи автоматизації мікроклімату, оскільки від нього залежить точність, надійність, швидкодія та загальна ефективність системи. При виборі необхідно враховувати вимоги до діапазону вимірювань, точності, умов експлуатації (температура, вологість, вібрації), інтерфейсів підключення, вартості та доступності.

2.3.1. Датчики

Датчики є "очима" системи, що надають інформацію про поточний стан мікроклімату. Для комплексної системи автоматизації мікроклімату необхідні такі типи датчиків:

Датчики температури:

- **Призначення:** Вимірювання температури повітря в салоні, зовнішньої температури, а також температури повітря після випарника кондиціонера та радіатора опалювача.

- **Типи:** Термістори (NTC або PTC), термопари, інтегральні датчики температури (наприклад, LM35, DS18B20).

- **Обґрунтування вибору:** Для автомобільного застосування перевагу слід надати термісторам або інтегральним датчикам температури через їхню компактність, низьку вартість, достатню точність (до ± 1 °C) та широкий діапазон робочих температур. Бажано використовувати кілька датчиків у різних зонах салону для реалізації багатозонного клімат-контролю.

- **Розташування:** В салоні (наприклад, у центральній консолі, біля дефлекторів, у стелі), зовні (зазвичай у передній частині автомобіля, захищений від прямого сонячного випромінювання), у повітроводах.

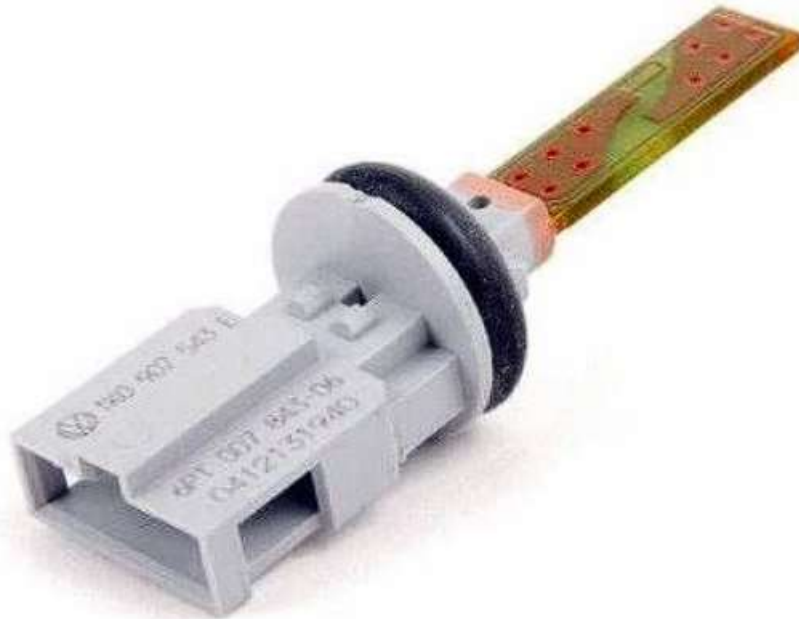


Рисунок 2.3 – Приклад датчика температури

Датчики вологості:

- **Призначення:** Вимірювання відносної вологості повітря в салоні для запобігання запотіванню вікон та підтримання комфортного рівня вологості.
- **Типи:** Ємнісні, резистивні, цифрові інтегровані датчики (наприклад, DHT11/DHT22, VME280).
- **Обґрунтування вибору:** Цифрові інтегровані датчики вологості (часто комбіновані з датчиками температури) є оптимальним вибором завдяки їхній високій точності, стабільності, калібруванню на заводі та простоті інтерфейсу (наприклад, I2C або однопровідний).
- **Розташування:** У салоні, зазвичай поруч з датчиком температури, у центральній консолі або в районі дзеркала заднього виду.



Рисунок 2.4 – Приклад датчика вологості

Датчики якості повітря (газоаналізатори):

- **Призначення:** Виявлення підвищеної концентрації шкідливих газів (CO, NOx, летких органічних сполук) та твердих частинок у зовнішньому та/або внутрішньому повітрі для активації режиму рециркуляції та фільтрації.
- **Типи:** Напівпровідникові датчики оксидів металів (МОХ) для летких органічних сполук, електрохімічні датчики для CO, оптичні датчики для твердих частинок (PM2.5/PM10).
- **Обґрунтування вибору:** Вибір залежить від необхідного рівня детектованих речовин та бюджету. МОХ-датчики є відносно недорогими для загального моніторингу якості повітря. Для більш точного контролю РМ необхідні оптичні датчики.
- **Розташування:** Зазвичай у повітрозабірнику зовнішнього повітря, а також один датчик у салоні.



Рисунок 2.5 – Приклад датчика якості повітря

Датчик сонячного випромінювання:

- **Призначення:** Вимірювання інтенсивності сонячного випромінювання, що потрапляє в салон, для автоматичної компенсації теплового навантаження та більш точного регулювання температури.
- **Типи:** Фотодіоди, фоторезистори.
- **Обґрунтування вибору:** Прості та надійні фотодіоди або фоторезистори з відповідним калібруванням є достатніми для цього застосування.
- **Розташування:** На верхній частині панелі приладів, зазвичай під лобовим склом.



Рисунок 2.6 – Датчик сонячного випромінювання

2.3.2. Контролери (Електронні блоки управління – ЕБУ)

Контролер є "мозком" системи, що обробляє дані від датчиків та формує керуючі сигнали для виконавчих механізмів.

- **Призначення:** Виконання алгоритмів управління (ПД-регулювання, нечітка логіка), обробка сигналів, діагностика, взаємодія з іншими системами автомобіля.
- **Типи:** Мікроконтролери (наприклад, серії **ARM Cortex-M**, **PIC**, **AVR**), спеціалізовані автомобільні ЕБУ.
- **Обґрунтування вибору:** Для автомобільної системи необхідний мікроконтролер з достатньою обчислювальною потужністю, кількістю

входів/виходів (АЦП, ЦАП, ШІМ), наявністю комунікаційних інтерфейсів (CAN, LIN), а також стійкістю до температурних коливань та електромагнітних завад. У розподіленій архітектурі використовуються кілька мікроконтролерів, кожен для своєї підсистеми, з центральним мікроконтролером, що координує їхню роботу через CAN-шину. Рекомендується використовувати мікроконтролери, розроблені для автомобільної промисловості, що відповідають стандартам АЕС-Q100.

– **Архітектура:**

- **Центральний ЕБУ:** Відповідає за загальну логіку управління, взаємодію з інтерфейсом користувача та іншими системами автомобіля (навігація, мультимедіа, датчик дощу).
- **Периферійні ЕБУ (опційно):** Керують окремими виконавчими механізмами або зонами (наприклад, ЕБУ вентилятора, ЕБУ заслінок). Це підвищує модульність та відмовостійкість.



Рисунок 2.7 – Електронний блок керування

2.3.3. Виконавчі механізми

Виконавчі механізми перетворюють електричні сигнали від контролера на фізичні дії, що змінюють параметри мікроклімату.

Вентилятори:

- **Призначення:** Створення повітряного потоку для циркуляції повітря через радіатори та подачі в салон.

- **Типи: Відцентрові вентилятори** з безщітковими двигунами постійного струму (BLDC) або колекторними двигунами.
- **Обґрунтування вибору: BLDC-двигуни** забезпечують високу ефективність, низький рівень шуму, довгий термін служби та можливість точного регулювання швидкості обертання за допомогою ШІМ-сигналів, що є важливим для комфорту та енергоефективності.
- **Керування:** За допомогою силових транзисторів (ключів), керованих ШІМ-сигналом від контролера, що дозволяє плавно змінювати швидкість обертання вентилятора.

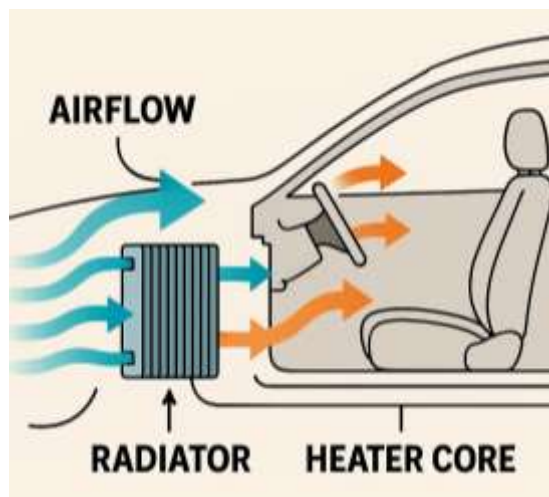


Рисунок 2.8 – Потік повітря через радіатора в салон

Заслінки (сервоприводи заслінок):

- **Призначення:** Регулювання напрямку повітряних потоків (на скло, в ноги, на обличчя) та співвідношення гарячого/холодного повітря (для регулювання температури).
- **Типи: Крокові двигуни** або **сервоприводи** з редукторами.
- **Обґрунтування вибору: Крокові двигуни** забезпечують точне позиціонування та утримання положення без зворотного зв'язку, що спрощує конструкцію. **Сервоприводи** з зворотним зв'язком (потенціометр або енкодер) забезпечують більш точне керування положенням та контроль. Для

автомобільного застосування часто використовуються компактні сервоприводи, що забезпечують плавне та безшумне переміщення заслінок.

– **Керування:** За допомогою спеціалізованих драйверів крокових двигунів або ШІМ-сигналів для сервоприводів, що надходять від ЕБУ.



Рисунок 2.9 – Сервопривід заслінки

Компресор кондиціонера:

– **Призначення:** Стискання холодоагенту в системі кондиціонування для забезпечення охолодження.

– **Типи:** Поршневі, роторно-лопатеві, спіральні, зі змінною продуктивністю.

– **Обґрунтування вибору:** Сучасні системи віддають перевагу компресорам зі змінною продуктивністю, оскільки вони дозволяють плавно регулювати потужність охолодження відповідно до фактичної потреби, що значно підвищує енергоефективність, знижує навантаження на двигун та забезпечує більш стабільне підтримання температури.

– **Керування:** Зазвичай компресори зі змінною продуктивністю керуються електронним клапаном (регулюючим клапаном продуктивності), який контролює потік холодоагенту, керованим ЕБУ за допомогою ШІМ-сигналу.



Рисунок 2.10 – Компресор кондиціонера

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

Було детально розглянуто процес розробки системи автоматизації мікроклімату для автомобіля, починаючи з вибору оптимальної схеми та закінчуючи обґрунтуванням вибору конкретних компонентів обладнання.

Проведений аналіз існуючих схем автоматизації показав, що для досягнення високої точності, швидкодії, надійності та адаптивності найбільш доцільним є використання схеми із замкнутим контуром регулювання з ПІД-регулюванням та розподіленою архітектурою. Цей підхід дозволяє забезпечити ефективне управління параметрами повітряного середовища в салоні, враховуючи вимоги до інтеграції з іншими системами автомобіля та гнучкість у реалізації багатозонного клімат-контролю. Були представлені структурна та функціональна схеми, що візуалізують взаємодію основних компонентів та алгоритм роботи системи.

Вибір обладнання здійснювався з урахуванням специфічних вимог автомобільного застосування, таких як стійкість до вібрацій, температурних перепадів, електромагнітних завад, а також компактність та енергоефективність. Було обґрунтовано вибір таких ключових елементів: Датчики, включаючи термістори та інтегровані датчики температури, цифрові інтегровані датчики вологості (часто комбіновані), МОХ-датчики та оптичні датчики для контролю якості повітря, а також фотодіоди/фоторезистори для вимірювання сонячного випромінювання. Контролери (ЕБУ) були обрані з мікроконтролерів серії ARM

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

Cortex-M, що відповідають автомобільним стандартам (AEC-Q100), забезпечуючи достатню обчислювальну потужність та комунікаційні можливості (CAN, LIN). Виконавчі механізми включали відцентрові вентилятори з BLDC-двигунами для ефективного та тихого створення повітряного потоку, крокові двигуни або сервоприводи для точного керування заслінками, а також компресори кондиціонера зі змінною продуктивністю для оптимізації охолодження та енергоспоживання.

Запропонований вибір обладнання та архітектура системи забезпечують основу для створення сучасної, високоефективної та надійної системи автоматизації мікроклімату в автомобілі, здатної підтримувати оптимальні умови комфорту та безпеки для всіх учасників руху.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ

3.1. Вибір програми для моделювання системи

Одним із ключових етапів проєктування автоматизованих систем є перевірка працездатності електричних та електронних схем за допомогою програмного моделювання. Для цього в даній роботі використано програмне середовище, яке дозволяє здійснювати інтерактивну симуляцію мікроконтролерів, цифрових та аналогових елементів у реальному часі.

Proteus надає інструменти для побудови принципів схем, написання прошивки для мікроконтролера, а також віртуального запуску системи з відображенням змін усіх параметрів під час роботи. Це дозволяє перевірити логіку роботи схеми до її фізичної реалізації, зменшити ризик помилок і прискорити розробку.

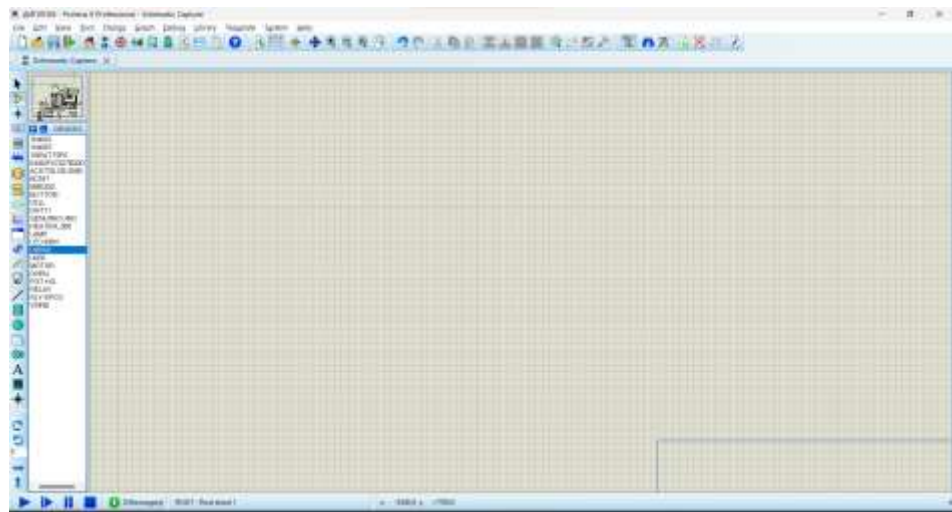


Рисунок 3.1 – Головне вікно середовища створення електричних схем
Proteus

Автоматичне вмикання лампи при вологості >60:

– **Призначення:** Це завдання спрямоване на автоматичне реагування системи на підвищений рівень вологості в салоні. Вологість понад 60% призводить до запотівання вікон, що значно погіршує видимість та знижує безпеку руху. Крім того, висока вологість сприяє розвитку мікроорганізмів та появі неприємних запахів.

– **Механізм:** Вмикання "лампи" яка слугує індикатором підвищеної вологості, буде сигналізувати водію про необхідність вжити заходів або активувати функцію осушення повітря в автоматичному режимі.

3.1.2. Автоматичне вмикання вентилятора при температурі $>24^{\circ}\text{C}$:

– **Призначення:** Це завдання має на меті автоматичне охолодження салону автомобіля при досягненні температури, яка перевищує комфортний ліміт (24°C є типовою верхньою межею комфорту). Висока температура в салоні призводить до дискомфорту, зниження уваги, стомлюваності водія та підвищення ризику аварій.

– **Механізм:** Активація вентилятора забезпечить примусову циркуляцію повітря, що сприятиме зниженню температури за рахунок збільшення конвективного теплообміну та покращенню відчуття свіжості. Це буде основним методом охолодження, якщо зовнішня температура дозволяє.

3.1.3. Ручне вмикання/вимикання обігрівача кнопкою:

– **Призначення:** Забезпечує гнучкість та можливість ручного втручання користувача в роботу системи опалення. Водій іноді має індивідуальні уподобання або потребувати швидкого обігріву (наприклад, для обігріву ніг) незалежно від поточних показань автоматики.

– **Механізм:** Фізична кнопка дозволяє водію активувати або деактивувати обігрівач за власним бажанням, надаючи повний контроль над функцією обігріву. Система коректно реагує на ці команди, інтегруючи їх у загальний алгоритм керування мікрокліматом.

Реалізація цих завдань дозволить створити базову, але функціональну систему автоматизації мікроклімату, яка підвищить комфорт та безпеку в салоні автомобіля за рахунок інтелектуального реагування на параметри навколишнього середовища та забезпечення гнучкості для користувача.

3.2. Структура та компоненти

Для побудови системи керування мікрокліматом будуть використані наступні основні компоненти:

- **Arduino Uno (GENUINO UNO):** Центральний мікроконтролер, що виконує програму управління, зчитує дані з датчиків та формує керуючі сигнали.

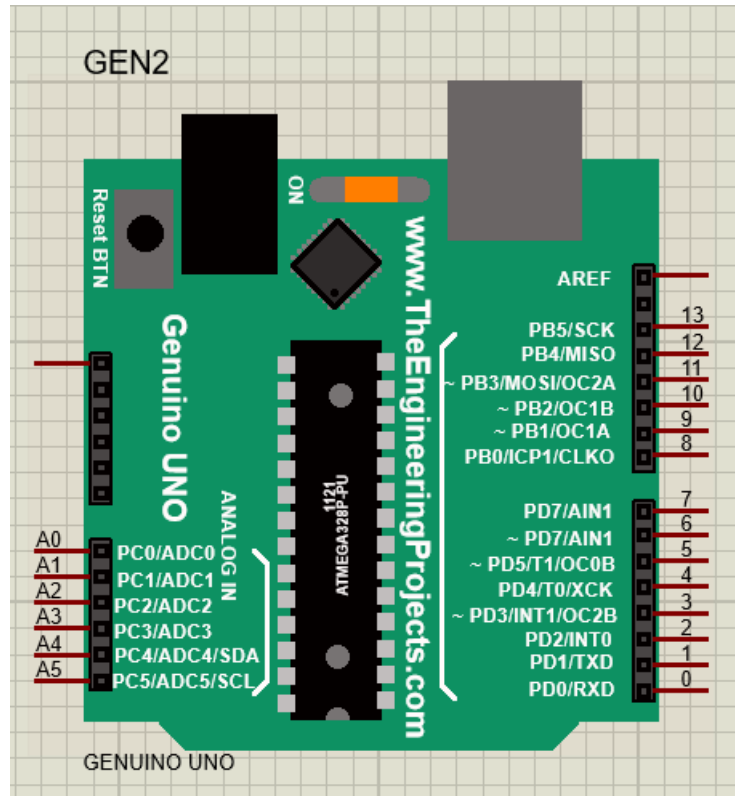


Рисунок 3.2 - GENUINO UNO

- **Датчик DHT11 (U1):** Комбінований цифровий датчик температури та вологості, що надає необхідні виміряні дані.

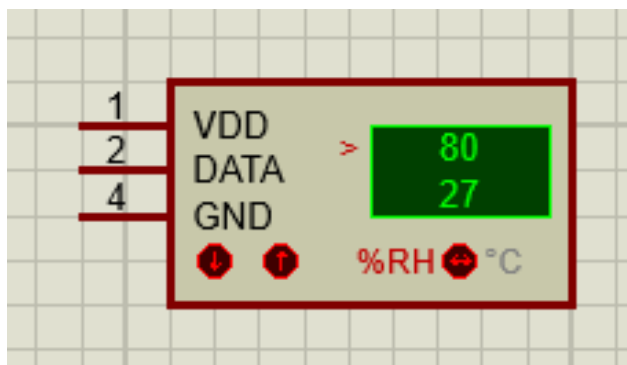


Рисунок 3.3 – Датчик температури та вологості

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

– **Кнопка Button (S1):** Використовується для ручного вмикання/вимикання обігрівача.

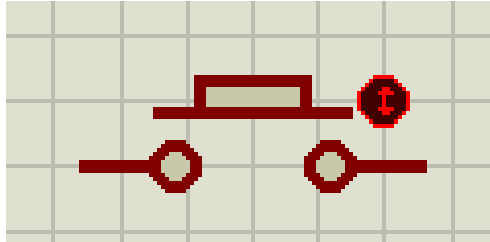


Рисунок 3.4 - Кнопка

– **Світлодіод (D1):** Слугує як індикатор "лампи", що вмикається при перевищенні рівня вологості. Для його коректної роботи потрібен обмежувальний резистор.

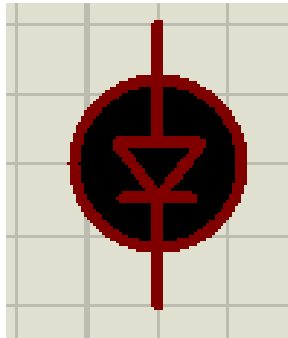


Рисунок 3.5 - Світлодіод

– **Вентилятор (M1):** Представлений електродвигуном, що вмикається автоматично при перевищенні температури. Для керування вентилятором потрібне реле.

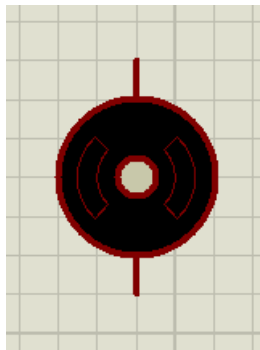


Рисунок 3.6 - Вентилятор

– **Обігрівач (OV1 OVEN):** Представлений елементом нагріву, який вмикається/вимикається кнопкою. Для керування нагрівачем також потрібне реле.

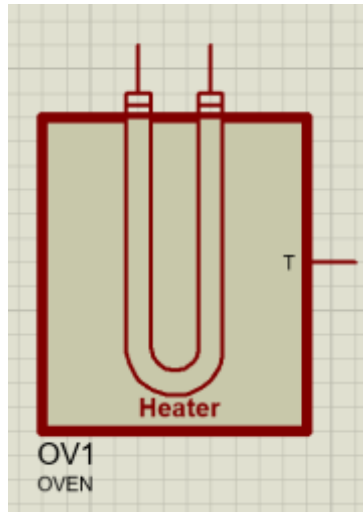


Рисунок 3.7 - Обігрівач

– **Реле (RL1, RL2):** Електромагнітні реле, що дозволяють мікроконтролеру керувати потужними навантаженнями (вентилятор та нагрівач). Необхідні для ізоляції низьковольтних ланцюгів мікроконтролера від високовольтних/потужних ланцюгів навантажень.

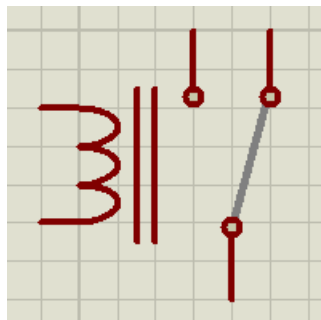


Рисунок 3.8 - Реле

– **Транзистори (Q1 та Q2):** Біполярні NPN-транзистори (наприклад, BC547) використовуються як ключі для керування котушками реле, оскільки піни мікроконтролера не можуть забезпечити необхідний струм для безпосереднього керування реле.



Рисунок 3.9 - Транзистор

- **Резистори (R1, R2, R3 та RV1):**
 - Обмежувальні резистори для баз транзисторів (наприклад, 1 кОм), що захищають піни Arduino.
 - Обмежувальний резистор для світлодіода (наприклад, 220-330 Ом).
 - Потенціометр (RV1) для налаштування контрастності LCD.

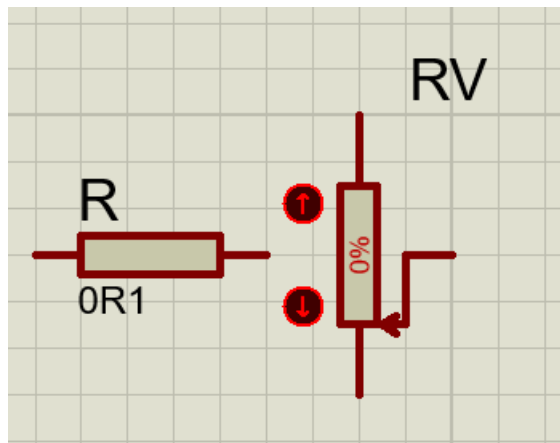


Рисунок 3.10 – Резистори R та RV

- **Зворотні діоди (D2 та D3):** Діоди 1N4001 підключаються паралельно котушкам кожного реле для захисту транзисторних ключів від зворотного ЕРС, що виникає при вимиканні індуктивного навантаження.

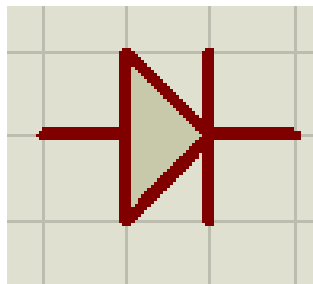


Рисунок 3.11 – Зворотній діод

– **ПК-дисплей (LCD1 LM016L):** Для виведення поточної температури, вологості та стану системи

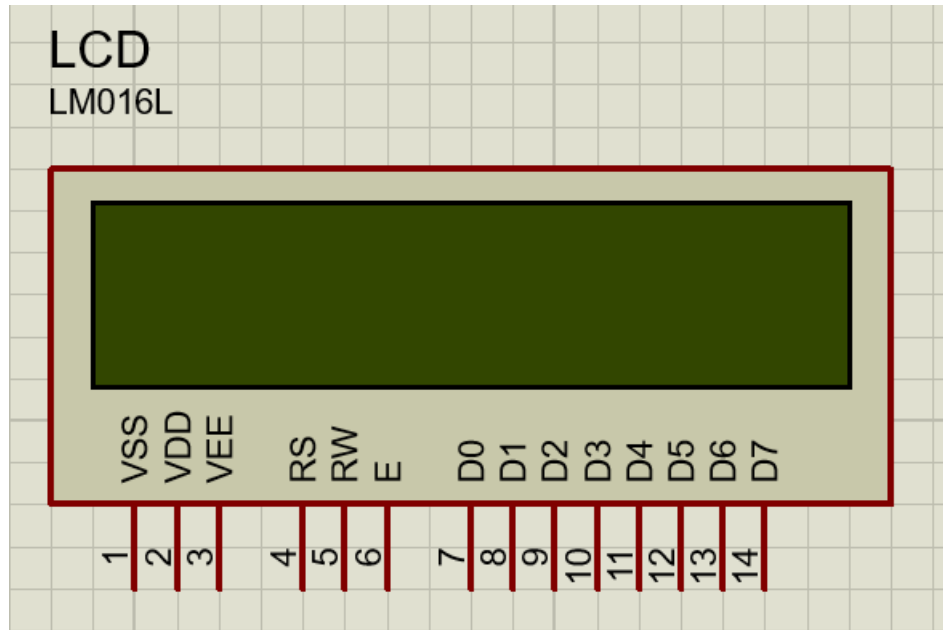


Рисунок 3.12 – ПК-дисплей LM016L

3.2.2. Програмне моделювання схеми у середовищі Proteus

Для верифікації електричної принципової схеми та тестування логіки її роботи до фізичної реалізації буде використано програмне середовище Proteus. Proteus дозволяє моделювати електронні схеми, включаючи мікроконтролери та периферійні пристрої, що дозволяє:

- Перевірити правильність підключення всіх компонентів.
- Симулювати роботу датчиків та реакцію системи на зміну їхніх показників.
- Відлагодити логіку керування без ризику пошкодження реальних компонентів.
- Візуалізувати поведінку сигналів у різних точках схеми.

Це дозволяє виявити та усунути потенційні помилки на етапі проектування, значно прискорюючи процес розробки та підвищуючи надійність кінцевого пристрою.

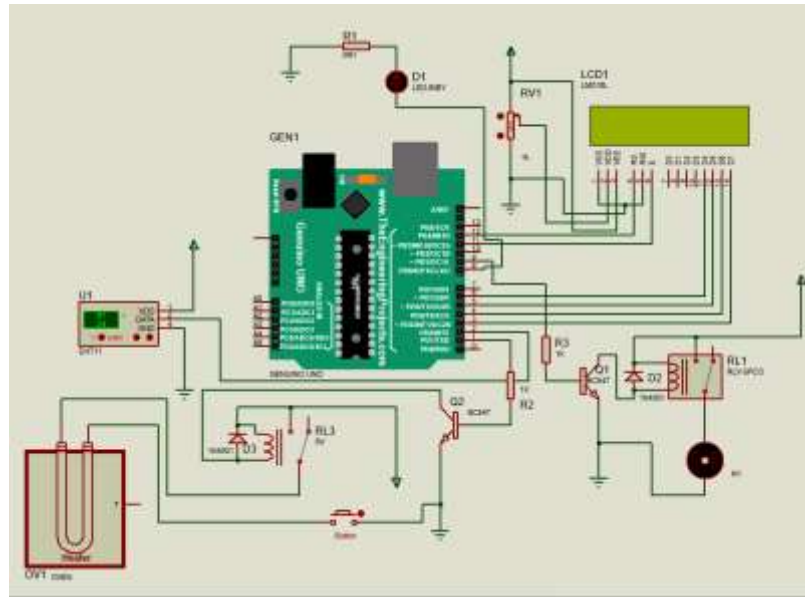


Рисунок 3.13 - Електрична принципова схема системи керування мікрокліматом

3.3. Середовище програмування Arduino IDE

Середовище розробки (IDE - Integrated Development Environment) Arduino IDE є ключовим інструментом для програмування плат Arduino. Це багатоплатформне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, доступне для операційних систем Windows, macOS та Linux. Arduino IDE надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для написання, компіляції та завантаження програм (скетчів) на плати Arduino.

Основні функції та можливості Arduino IDE:

- Редактор коду: Вбудований текстовий редактор з підсвічуванням синтаксису, автодоповненням та іншими зручними функціями для написання скетчів. Код пишеться на спрощеній версії C++, яка також відома як Arduino-мова.
- Компілятор: Arduino IDE використовує компілятор GCC (GNU Compiler Collection) для перетворення написаного коду у машинні інструкції, зрозумілі мікроконтролеру Arduino. Процес компіляції перевіряє код на синтаксичні помилки та створює виконуваний файл (зазвичай у форматі .hex).

- Завантажувач (Uploader): Після успішної компіляції, IDE дозволяє завантажити скомпільований код на плату Arduino через USB-з'єднання. Це здійснюється за допомогою вбудованого завантажувача (bootloader) на платі та послідовного порту.
- Інтеграція з програмами для симуляції: Arduino IDE дозволяє отримати скомпільований файл скетчу (з розширенням .hex). Цей файл можна завантажити в програми для симуляції електронних схем, наприклад, Proteus. Це дозволяє тестувати логіку роботи програми та її взаємодію з віртуальними компонентами ще до завантаження на фізичну плату.
- Монітор послідовного порту: Важливий інструмент для налагодження та взаємодії з Arduino. Дозволяє переглядати дані, що відправляються платою через послідовний порт (наприклад, показання датчиків), а також відправляти дані на плату.
- Менеджер бібліотек: Arduino IDE підтримує використання бібліотек – попередньо написаних фрагментів коду, які спрощують роботу з різними датчиками, модулями та периферійними пристроями. Менеджер бібліотек дозволяє легко знаходити, встановлювати та оновлювати бібліотеки.
- Менеджер плат: Дозволяє додавати підтримку для різних плат Arduino та сумісних плат сторонніх виробників, завантажуючи відповідні файли конфігурації та драйвери.
- Приклади: Arduino IDE поставляється з великою кількістю вбудованих прикладів (скетчів) для швидкого старту та вивчення основ програмування Arduino та використання різних функцій.
- Панель інструментів: Містить кнопки для швидкого доступу до основних функцій, таких як "Перевірка" (компіляція), "Завантаження", "Новий", "Відкрити", "Зберегти" та "Монітор послідовного порту".



Рисунок 3.14 – Головне вікно середовища програмування Arduino IDE

3.3.1. Бібліотеки Arduino IDE

Бібліотеки Arduino – це колекції попередньо написаного коду, які значно спрощують роботу з апаратними компонентами, такими як датчики, дисплеї, двигуни та інші модулі. Вони є одним із найважливіших інструментів у екосистемі Arduino, дозволяючи розробникам швидко додавати складні функції до своїх проектів без необхідності писати весь низькорівневий код з нуля.

1. DHT_sensor_library-1.4.4 (або просто DHT_sensor_library)

– Що робить: Це бібліотека, призначена для взаємодії з популярними цифровими датчиками температури та вологості серії DHT, такими як DHT11, DHT22 (AM2302) або DHT21 (AM2301).

– Призначення: Вона спрощує процес отримання даних з цих датчиків. Замість того, щоб програмувати складні низькорівневі протоколи зв'язку з датчиком, ви просто використовуєте функції цієї бібліотеки для читання температури та вологості (наприклад, `readHumidity()` та `readTemperature()`).

– Особливості: Вона обробляє часові затримки, перевірку контрольних сум та інші деталі, пов'язані з протоколом зв'язку датчика DHT.

2. Adafruit_Sensor-master (або просто Adafruit_Sensor)

- Що робить: Це базова (або "уніфікована") бібліотека від Adafruit, яка слугує основою для багатьох інших бібліотек датчиків Adafruit. Вона надає стандартний інтерфейс для датчиків, незалежно від їхнього типу.
- Призначення: Вона забезпечує єдиний API (інтерфейс програмування застосунків) для різних датчиків. Це означає, що програмісту легше працювати з різними датчиками, оскільки вони всі "виглядають" схожими з точки зору програмного коду.
- Особливості: Ця бібліотека не працює з конкретним датчиком самостійно. Натомість, вона є залежністю (dependency) для багатьох інших бібліотек датчиків Adafruit. Наприклад, DHT_sensor_library від Adafruit (якщо це їхня версія) потребує встановлення Adafruit_Sensor для коректної роботи. Вона надає стандартизовані структури даних (sensors_event_t) та функції для отримання загальних даних про датчик (наприклад, діапазон вимірювань, мінімальна/максимальна затримка тощо).

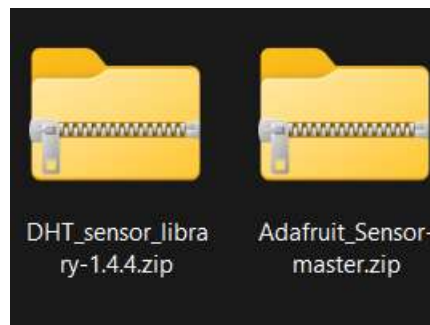


Рисунок 3.15 – Бібліотеки Arduino IDE

3.4. Програмний код та логіка керування

Розглянемо програмний код, реалізований в Arduino IDE. Він керує мікрокліматом в салоні легкового автомобіля шляхом аналізу температури та вологості з датчика DHT11, а також відображає поточний стан системи на LCD-дисплеї.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

```

1  #include <LiquidCrystal.h>
2
3  const int rs = 12, en = 11, d4 = 6, d5 = 5, d6 = 4, d7 = 3;
4  LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
5
6  #include "DHT.h"
7
8  #define DHTPIN 2
9
10 #define DHTTYPE DHT11

```

Рисунок 3.16 – Бібліотеки, LCD-дисплей і датчик DHT11

Цей блок підключає бібліотеки для роботи з LCD-дисплеєм (LiquidCrystal) та датчиком температури/вологості (DHT). Також відбувається ініціалізація об'єктів дисплея та датчика на відповідних пін-контактах Arduino.

```

15 void setup() {
16     lcd.begin(16, 2);
17     Serial.begin(9600);
18     Serial.println("DHTxx test!");
19     pinMode(8, OUTPUT);
20     pinMode(9, OUTPUT);
21
22     dht.begin();
23 }

```

Рисунок 3.16 - Ініціалізація компонентів системи в функції setup(): LCD, DHT11, пінів керування вентиляцією та вологістю

Ця функція виконується один раз при запуску мікроконтролера. Вона ініціалізує LCD-дисплей і вмикає серійний монітор для виводу даних. Додатково, вона встановлює пін 8 як вихід для контролю вологості та пін 9 — для вентилятора та запускає датчик DHT11.

```

25 void loop() {
26
27     delay(2000);
28
29
30     float h = dht.readHumidity();
31
32     float t = dht.readTemperature();
33
34     float f = dht.readTemperature(true);

```

Рисунок 3.17 – Зчитування даних

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

Затримка 2 секунди (рекомендована для датчика DHT11), після чого зчитуються:

- Вологість h;
- Температура в Цельсіях t;
- Температура в Фаренгейтах f;

```

37   if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
38       Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
39       return;
40   }
41

```

Рисунок 3.18 – Перевірка зчитування

Перевіряється, чи вдалося успішно зчитати значення. Якщо ні — повідомлення про помилку і вихід з функції loop().

```

float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);

Serial.print("Вологість: "); Serial.print(h); Serial.print(" %\t");
Serial.print("Температура: "); Serial.print(t); Serial.println(" *C");

```

Рисунок 3.19 – Розрахунок параметрів і вивід в монітор

- Розрахунок температури за відчуттям (heat index).
- Вивід значень вологості та температури в серійному моніторі для контролю

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

```
65   if (h > 60)
66   {
67       digitalWrite(8,HIGH);
68       lcd.clear();
69       lcd.setCursor(0, 0);
70       lcd.print("Humidity ");
71       lcd.setCursor(0, 1);
72       lcd.print("HIGH 'ON' : ");
73       lcd.setCursor(10, 1);
74       lcd.print(h);
75       delay(500);
76   }
77   else
78   {
79       digitalWrite(8,LOW);
80       lcd.clear();
81       lcd.setCursor(0, 0);
82       lcd.print("Humidity ");
83       lcd.setCursor(0, 1);
84       lcd.print("Less 'OFF' : ");
85       lcd.setCursor(10, 1);
86       lcd.print(h);
87       delay(500);
88   }
```

Рисунок 3.20 – Вмикання і вимикання діода

Якщо вологість >60%, вмикається пін 8 діод. Якщо вологість <60%, діод вимикається. Інформація виводиться на LCD-дисплей.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

```
92     if (t > 24)
93     {
94         digitalWrite(9,HIGH);
95         lcd.clear();
96         lcd.setCursor(0, 0);
97         lcd.print("Temperature ");
98         lcd.setCursor(0, 1);
99         lcd.print("HIGH 'ON' : ");
100        lcd.setCursor(10, 1);
101        lcd.print(t);
102        delay(500);
103    }
104    else
105    {
106        digitalWrite(9,LOW);
107        lcd.clear();
108        lcd.setCursor(0, 0);
109        lcd.print("Temperature ");
110        lcd.setCursor(0, 1);
111        lcd.print("Less 'OFF' : ");
112        lcd.setCursor(10, 1);
113        lcd.print(t);
114        delay(500);
115    }
116 }
```

Рисунок 3.21 – Вмикання і вимикання вентилятора

Якщо температура вище 24 °С, вмикається вентилятор, якщо температура нижче 24 °С, то вентилятор вимикається.

3.5. Запуск симуляції в середовищі Proteus

Після створення схеми проєкту та завантаження скомпільованого коду (файл .hex) у віртуальний мікроконтролер Arduino у Proteus, приступаємо до запуску симуляції. Цей крок дозволяє перевірити працездатність схеми та програмного коду без використання фізичного обладнання.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

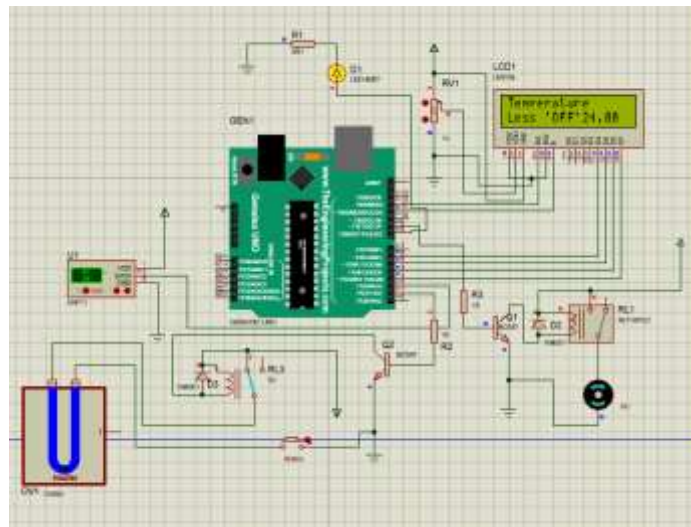


Рисунок 3.22 – Запуск симуляції

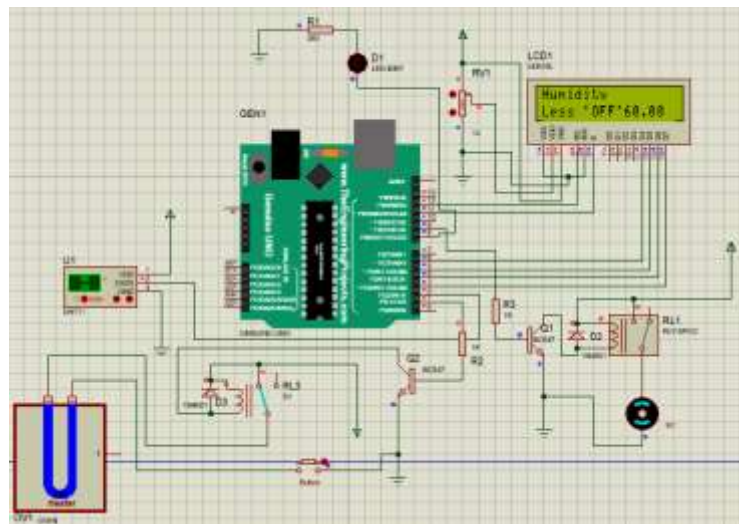


Рисунок 3.23 – Діод вимкнений

На рис.3.16 зображено запущену симуляцію, де при перевищенні вологості 61% світиться діод, при вологості 60% і нижче діод на рис.3.17 вимикається.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

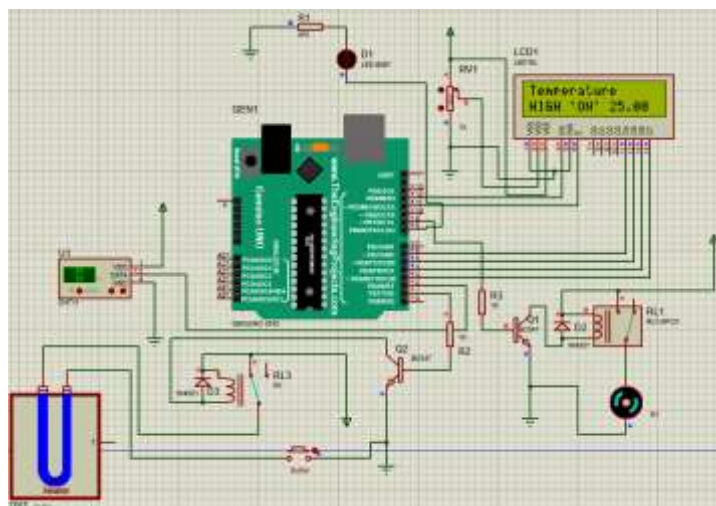


Рисунок 3.24 – Крутиться мотор вентилятора

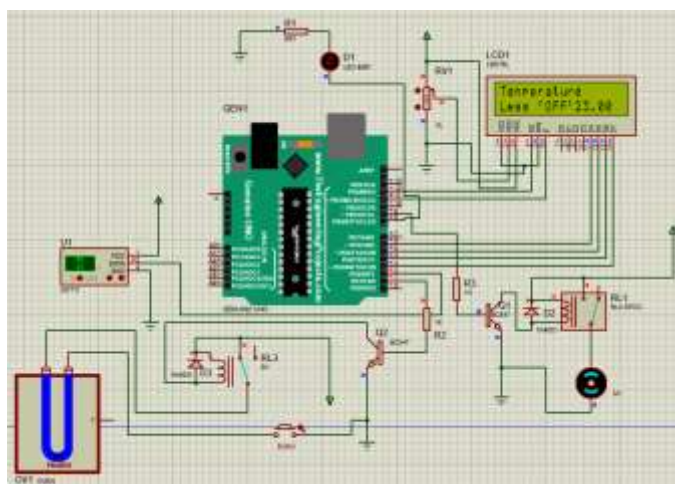


Рисунок 3.25 – Мотор вентилятора не крутиться

При температурі вище 24 °С, на рис.3.18 вмикається мотор вентилятора, при температурі 24 °С і нижче він вимикається.

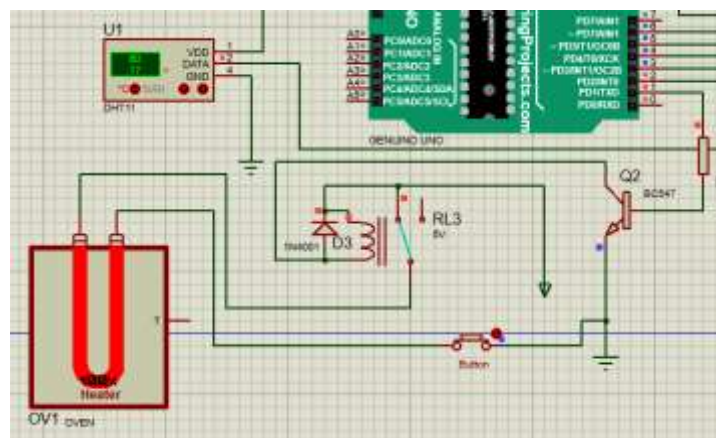


Рисунок 3.26 – Вмикається обігрівач

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

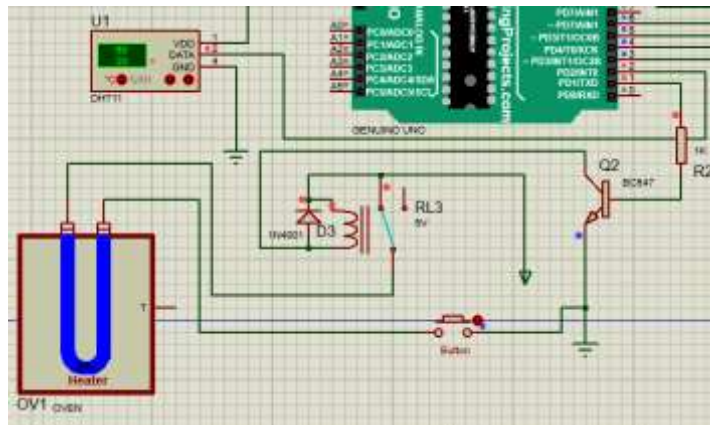


Рисунок 3.27 – Обігрівач вимкнений

При температурі нижче норми, тобто 18°C , або нижче комфортної температури для іншого водія, натискається кнопка і на рис.3.20 вмикається обігрівач, і вимикає на рис.3.21 коли температура для водія стає комфортною. Обігрівач працює в ручному режимі.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3

У Розділі 3 було детально розглянуто процес розробки системи керування мікрокліматом, починаючи від чіткої постановки задачі та закінчуючи програмною реалізацією та моделюванням.

В рамках постановки задачі були визначені ключові автоматичні функції системи: вмикання індикатора вологості (лампи) при перевищенні вологості 60%, автоматичне вмикання вентилятора при температурі понад 24°C , а також забезпечення ручного керування обігрівачем за допомогою кнопки. Ці завдання охоплюють основні потреби для підтримання комфортного мікроклімату та безпеки в салоні автомобіля.

Для програмного моделювання та тестування системи було обрано середовище Proteus, яке дозволило візуалізувати електричну принципову схему, змодельовати роботу всіх компонентів, включно з мікроконтролером Arduino Uno, датчиком DHT11, реле, транзисторами, кнопками та РК-дисплеєм. Це дало можливість перевірити логіку взаємодії елементів та реакцію системи на зміни

параметрів (температури та вологості) у віртуальному середовищі, що значно скоротило час розробки та мінімізувало ризики на етапі фізичної реалізації.

Програмний код був розроблений в Arduino IDE, використовуючи бібліотеки для роботи з датчиком DHT та РК-дисплеєм. Логіка керування реалізувала поставлені завдання, забезпечуючи автоматичне спрацьовування виконавчих механізмів (світлодіода, вентилятора) та ручне керування обігрівачем з відображенням стану системи на дисплеї. Симуляція в Proteus підтвердила працездатність та коректність запропонованих рішень для автоматичного керування температурою, вологістю та ручного керування обігрівом, демонструючи відповідну реакцію системи на задані умови.

Таким чином, розроблена система керування мікрокліматом показала свою ефективність та функціональність на етапі моделювання, що є важливим кроком до її подальшої фізичної реалізації та впровадження.

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ВОДІЯ

4.1. Вимоги до кваліфікації та стану здоров'я водія

Водій легкового автомобіля повинен відповідати чітким вимогам щодо кваліфікації та стану здоров'я, що є фундаментальним для забезпечення безпеки дорожнього руху.

Вимоги до кваліфікації:

- Посвідчення водія відповідної категорії: Обов'язкова наявність дійсного посвідчення водія категорії "В" для керування легковим автомобілем. Це підтверджує проходження відповідного навчання та складання іспитів.

- Знання Правил дорожнього руху ПДР України є основою безпечного водіння. Водій повинен розуміти та застосовувати правила маневрування, проїзду перехресть, дотримання швидкісного режиму, використання світлових приладів тощо.

- Навички безпечного керування: Включає вміння адекватно оцінювати дорожню ситуацію, ухвалювати швидкі та правильні рішення, виконувати маневри з дотриманням безпечної дистанції та інтервалу.

- Знання будови автомобіля та основ експлуатації: Розуміння принципу роботи основних систем автомобіля (гальмівної, рульового управління, освітлення, сигналізації) дозволяє водію своєчасно виявити несправності та вжити заходів для їх усунення або безпечного припинення руху.

- Навички надання першої допомоги: Водій повинен володіти базовими навичками надання медичної допомоги постраждалим у ДТП.

Вимоги до стану здоров'я:

- Обов'язкові медичні огляди: Водії зобов'язані проходити медичні огляди. Мета цих оглядів – виявити медичні протипоказання, що впливають на здатність безпечно керувати транспортним засобом.

- Відсутність медичних протипоказань: До таких протипоказань належать:

- 1) **Порушення зору:** Гострота зору, поле зору, кольоровідчуття мають відповідати встановленим нормам.
 - 2) **Порушення слуху:** Здатність сприймати звукові сигнали та розмову.
 - 3) **Захворювання серцево-судинної системи:** Наприклад, гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця у певних стадіях, через які водій може втрати свідомість або його стан значно погіршиться.
 - 4) **Неврологічні та психічні розлади:** Епілепсія, важкі форми депресії, психози та інші стани, що впливають на концентрацію, реакцію та адекватність поведінки.
 - 5) **Захворювання опорно-рухового апарату:** Обмеження рухливості кінцівок, що перешкоджають керуванню педалями, кермом.
 - 6) **Цукровий діабет:** У випадках, коли він призводить до гіпоглікемічних станів та втрати свідомості.
 - 7) **Хронічні залежності:** Алкогольна, наркотична, токсикоманія, що роблять керування вкрай небезпечним.
- **Психофізіологічний стан:** Водій повинен бути у стані психологічної рівноваги, не перебувати під впливом стресу, втоми, що суттєво знижують концентрацію уваги та швидкість реакції [16]. Забороняється керувати транспортним засобом у стані алкогольного, наркотичного сп'яніння або під впливом лікарських препаратів, що знижують увагу та швидкість реакції.

4.2. Основні небезпечні і шкідливі виробничі чинники

У роботі водія легкового автомобіля існує комплекс небезпечних та шкідливих виробничих чинників, що можуть негативно впливати на його здоров'я, безпеку та ефективність праці.

Небезпечні чинники (що можуть призвести до травм, аварій):

- 1) **Рухомі машини та їх елементи:** Безпосередній ризик ДТП (дорожньо-транспортних пригод) через зіткнення з іншими транспортними

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

засобами, наїзди на перешкоди, пішоходів, велосипедистів. Ризики під час маневрування, паркування, руху заднім ходом.

2) Електричний струм: Небезпека ураження електричним струмом при несправності електрообладнання автомобіля, під час обслуговування або ремонту, при контакті з пошкодженою проводкою.

3) Висока/низька температура: Ризик перегріву двигуна, пожежі, або, навпаки, переохолодження в зимовий період при несправності системи опалення.

4) Вибухонебезпечні та пожежонебезпечні матеріали: Бензин, дизельне паливо, мастила, гази (у газобалонних автомобілях) є легкозаймистими та вибухонебезпечними речовинами.

5) Гострі кромки та виступаючі частини: Ризик порізів або травм при роботі з інструментами, несправними деталями автомобіля.

Шкідливі чинники (що можуть викликати захворювання або погіршення стану здоров'я):

1) Несприятливий мікроклімат:

– Перепади температури: Занадто висока (спека) або низька (холод) температура в салоні викликає перегрів або переохолодження організму, що знижує працездатність та концентрацію.

– Підвищена/знижена вологість: Запотівання вікон, а також до розвитку респіраторних захворювань чи грибкових інфекцій.

– Недостатня вентиляція: Накопичення вуглекислого газу (CO₂) та інших шкідливих речовин у салоні, що викликає сонливість, головний біль, зниження уваги.

2) Шум та вібрація:

– Шум двигуна, дороги, вітру: Тривалий вплив шуму призводить до слухової втоми, дратівливості, а згодом – до професійних захворювань слуху.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

– Вібрація від двигуна, дороги, несправних частин: Загальна вібрація впливає на весь організм, локальна (через кермо) – на руки та хребет, викликаючи втому, болі в суглобах, розвиток вібраційної хвороби.

3) Нераціональне освітлення:

– Недостатнє освітлення: Напружує зір, призводить до швидкої втоми очей.

– Засліплення: Від зустрічного світла фар, відблисків від мокрої дороги або сонця.

4) Фізичні та психофізіологічні перевантаження:

– Монотонність праці та вимушена робоча поза: Тривале перебування в одній позі викликає м'язове напруження, болі в спині, шийі, суглобах, розвиток остеохондрозу.

– Нервово-психічне напруження: Інтенсивний дорожній рух, необхідність постійного контролю ситуації, стресові ситуації, конфлікти на дорозі, відповідальність за пасажирів чи вантаж призводять до нервового виснаження, стресу, погіршення уваги та реакції [16].

– Втома та сонливість: Тривале перебування за кермом без достатнього відпочинку.

5) Хімічні чинники:

– Випаровування палива, мастил, охолоджуючих рідин: Викликають подразнення дихальних шляхів, алергічні реакції, головний біль.

– Продукти згоряння палива: Вихлопні гази (особливо чадний газ CO) є вкрай небезпечними та токсичними.

4.3. Нормативно-правова база з охорони праці в автотранспорті

Нормативно-правова база з охорони праці в автотранспорті в Україні є комплексною та базується на низці законів, підзаконних актів, стандартів та правил, спрямованих на створення безпечних і здорових умов праці для водіїв, обслуговуючого персоналу, а також на забезпечення безпеки дорожнього руху.

Основними нормативно-правовими актами є:

- Закон України "Про охорону праці": Це базовий закон, що визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону праці, регламентує відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. Він встановлює загальні вимоги до організації охорони праці на підприємствах усіх форм власності, включаючи автотранспортні [9].
- Кодекс законів про працю України (КЗпП): Містить розділи, що регулюють робочий час та час відпочинку, особливості праці жінок та молоді, а також відповідальність за порушення трудового законодавства та законодавства про охорону праці. Для водіїв особливо важливі норми щодо режиму праці та відпочинку [10].
- Правила дорожнього руху (ПДР) України: Незважаючи на те, що це не суто акт про охорону праці, ПДР є ключовим документом для безпеки водія та інших учасників дорожнього руху. Їх дотримання є обов'язковим для всіх водіїв і безпосередньо впливає на безпеку праці [11].
- Положення про медичний огляд кандидатів у водії та водіїв транспортних засобів: Затверджене спільним наказом Міністерства охорони здоров'я та Міністерства внутрішніх справ України. Цей документ детально регламентує порядок проведення медичних оглядів водіїв, їх періодичність, перелік протипоказань до керування транспортними засобами [12].
- Норми безкоштовної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту: Затверджені відповідними наказами Мінпраці. Регламентують, які засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) та в якому обсязі повинні надаватися водіям та іншим працівникам автотранспорту.

- Державні санітарні норми та правила: Регулюють допустимі рівні шуму, вібрації, мікроклімату на робочих місцях, що є важливим для комфорту та здоров'я водіїв.
- Галузеві нормативні акти та інструкції з охорони праці: Розробляються та затверджуються для конкретних видів робіт в автотранспорті. Наприклад, інструкції з охорони праці для водія легкового автомобіля, інструкції при проведенні технічного обслуговування та ремонту.
- Технічні регламенти та стандарти: Стосуються безпеки конструкції транспортних засобів, їхніх систем (включаючи системи клімат-контролю), якості палива, мастил та інших експлуатаційних рідин.

4.4. Комфортні умови водія як чинник безпеки

4.4.1. Ергономіка кабіни: сидіння, органи управління, оглядовість

Ергономіка кабіни водія відіграє ключову роль у забезпеченні його комфорту, безпеки та ефективності, мінімізуючи втому та підвищуючи концентрацію.

- Сидіння: Має бути анатомічним, з можливістю широкого регулювання (висота, кут нахилу спинки, поздовжнє переміщення, підтримка попереку). Правильно налаштоване сидіння забезпечує оптимальну позу, рівномірно розподіляє навантаження на тіло, запобігаючи болям у спині та шиї, покращуючи кровообіг і знижуючи втому під час тривалих поїздок.
- Органи управління: Кермо, педалі, важелі перемикання передач, кнопки на панелі приладів та центральній консолі повинні бути розташовані інтуїтивно зрозуміло, в зоні легкого доступу та видимості, без необхідності відволікатися від дороги. Матеріал та форма повинні забезпечувати надійне захоплення та тактильний зворотний зв'язок.

4.4.2. Параметри мікроклімату: температура, вологість, вентиляція

Оптимальні параметри мікроклімату в салоні автомобіля є важливим фактором комфорту та безпеки, оскільки безпосередньо впливають на фізіологічний стан водія.

- **Температура:** Комфортна температура в салоні автомобіля зазвичай становить $+20-24^{\circ}\text{C}$. Відхилення від цього діапазону призводить до перегріву (млявість, зниження концентрації, ризик зневоднення) або переохолодження (дискомфорт, скутість рухів, зниження реакції), що негативно впливає на здатність керувати.

- **Вологість:** Оптимальний рівень відносної вологості в салоні має бути в межах 40-60% [7]. Занадто висока вологість викликає відчуття духоти, запотівання вікон, сприяє розвитку бактерій та грибків. Через низьку вологість з'являється сухість слизових оболонок, подразнення очей та дихальних шляхів.

- **Вентиляція:** Забезпечує постійний притік свіжого повітря, видалення надлишкового тепла, вологи, запахів та шкідливих речовин (наприклад, CO_2). Ефективна вентиляція підтримує оптимальний газовий склад повітря, запобігаючи сонливості та головним болям. Важливо уникати сильних протягів.

4.5. Заходи безпеки під час руху і зупинки транспортного засобу

4.5.1. Огляд технічного стану систем перед виїздом

Основні елементи, що підлягають перевірці:

- Гальмівна система: Перевірка ефективності гальм, рівня гальмівної рідини, відсутність сторонніх шумів при гальмуванні.
- Рульове управління: Контроль вільного ходу керма, відсутність люфтів, справність гідропідсилювача (якщо є).
- Шини: Огляд на наявність пошкоджень, контроль тиску в шинах згідно з нормативами виробника.
- Зовнішні світлові прилади: Перевірка працездатності фар (ближнє/дальнє світло), показчиків поворотів, стоп-сигналів, габаритних вогнів, протитуманних фар.
- Склоочисники та склоомивачі: Перевірка справності щіток, наявності достатньої кількості омиваючої рідини.
- Рівень експлуатаційних рідин: Контроль рівня моторної оливи, охолоджуючої рідини, рідини в бачку омивача.
- Прилади освітлення та сигналізації: Перевірка звукового сигналу, освітлення салону та панелі приладів.

4.5.2. Поведінка водія у разі аварійної ситуації або несправності

Першочергово необхідно зберігати спокій та, якщо це можливо, відвести автомобіль на безпечне узбіччя або уникнути створення перешкод. Слід негайно увімкнути аварійну світлову сигналізацію та, у темний час доби або в умовах недостатньої видимості, увімкнути габаритні або ближнє світло фар.

Далі необхідно:

- Встановити знак аварійної зупинки: На безпечній відстані від автомобіля (згідно з ПДР, зазвичай 20 м у населених пунктах та 40 м поза ними) для попередження інших водіїв.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

- Оцінити ситуацію та власну безпеку: Переконатися у відсутності безпосередньої загрози (наприклад, розливу палива, диму) перед тим, як виходити з автомобіля.
- Повідомити про подію: Зателефонувати до екстрених служб (поліція, швидка допомога, пожежна служба) у разі ДТП або до служби технічної допомоги при несправності.
- Надати першу допомогу (за потреби): Якщо є постраждалі, негайно надати домедичну допомогу до прибуття медиків.
- Залишатися на місці події: Не залишати місце ДТП до прибуття поліції.
- Зафіксувати обставини: По можливості, сфотографувати місце події, пошкодження, розташування транспортних засобів.

Чіткі та виважені дії водія в критичній ситуації можуть врятувати життя та здоров'я, а також допомогти у подальшому розслідуванні.

4.5.3. Вимоги до засобів індивідуального захисту, аптечок, знаків аварійної зупинки

Дотримання вимог до наявності та стану засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), аптечок та знаків аварійної зупинки є обов'язковим для кожного водія та автомобіля, забезпечуючи готовність до непередбачених ситуацій.

1) Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Хоча для водіїв легкових автомобілів перелік ЗІЗ не такий широкий, як для спеціалізованого транспорту, базовими елементами є:

- Спецодяг: Зазвичай це не є обов'язковим для приватних водіїв, але для тих, хто займається перевезеннями, може бути передбачений.
- Рукавички: Для захисту рук при роботі з технічними рідинами або дрібному ремонті.
- Захисні окуляри: Можуть бути корисними при роботі під капотом або під час заміни колеса.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

– Світловідбивний жилет: Обов'язковий у багатьох країнах (і рекомендований в Україні) для водія, який перебуває на дорозі поза автомобілем у темний час доби або в умовах поганої видимості.

2) Автомобільна аптечка: Обов'язкова для кожного автомобіля. Вона повинна бути укомплектована згідно з діючими нормативами, містити перев'язувальні матеріали, антисептики, засоби для зупинки кровотечі, засоби для серцево-легеневої реанімації (особливо для професійних водіїв). Важливо регулярно перевіряти термін придатності всіх компонентів та поповнювати аптечку.

3) Знак аварійної зупинки: Є обов'язковим елементом оснащення автомобіля. Має бути належної форми (трикутник), світловідбивним або з підсвічуванням, та відповідати встановленим стандартам. При його встановленні необхідно дотримуватися правил безпеки та дистанції, зазначених у ПДР [11].

Наявність та належний стан цих предметів не тільки відповідає законодавчим вимогам, але й є запорукою швидкої та ефективної допомоги у критичній ситуації, що суттєво підвищує шанси на збереження життя та здоров'я.

4.6. Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці водія

4.6.1. Вентиляція, фільтрація повітря, недопущення шкідливих речовин у салон

Якісна вентиляція та фільтрація повітря в салоні автомобіля є критично важливими для здоров'я водія та пасажирів, а також для безпеки дорожнього руху.

– Вентиляція: Забезпечує постійний обмін повітря, видаляючи надлишкове тепло, вологу, запахи та вуглекислий газ (CO₂), рівень якого в закритому салоні може швидко зростати, викликаючи сонливість, головний біль та зниження концентрації. Правильно організована вентиляція підтримує свіжість повітря без створення неприємних протягів [18].

– Фільтрація повітря: Салонні фільтри (пилкові, вугільні) відіграють ключову роль у очищенні повітря, що надходить у салон, від пилу, пилку рослин, сажі, алергенів, а також шкідливих газів та неприємних запахів ззовні [10]. Це особливо важливо в умовах міського руху або на забруднених трасах.

– Недопущення шкідливих речовин у салон: Включає герметичність салону для запобігання проникненню вихлопних газів (особливо чадного газу СО, який є смертельно небезпечним), парів палива, мастил та інших токсичних речовин від працюючого двигуна або зовнішнього середовища. Регулярний контроль системи випуску відпрацьованих газів та цілісності кузова є запорукою цього.

Забезпечення чистого та свіжого повітря в салоні не тільки запобігає розвитку захворювань дихальних шляхів та алергічних реакцій, але й підтримує високу пильність та розумову активність водія [18].

4.6.2. Обов'язкові перерви та гігієнічні умови

1) Обов'язкові перерви: Регулярні короточасні перерви під час тривалих поїздок є критично важливими для відновлення фізичних та психологічних сил водія. Тривале безперервне керування призводить до накопичення втоми, зниження концентрації уваги, уповільнення реакції та розвитку сонливості [17]. Правила дорожнього руху та трудове законодавство регламентують максимальний час безперервного керування та мінімальну тривалість перерв (наприклад, після 4-5 годин керування необхідна перерва на 45 хвилин, або менші перерви частіше). Під час перерви рекомендується вийти з автомобіля, розім'ятися, змінити позу, випити води [9].

2) Гігієнічні умови: Включають:

– Особиста гігієна водія: Підтримання чистоти тіла та одягу.

– Чистота салону автомобіля: Регулярне прибирання, видалення пилу, сміття, залишків їжі. Це запобігає розмноженню бактерій, появі неприємних запахів та алергенів.

- Наявність санітарних засобів: Водій повинен мати доступ до питної води, вологих серветок, дезінфікуючих засобів.
- Доступ до санітарних вузлів: Можливість зробити зупинку для задоволення природних потреб, що також є частиною комфорту та гігієни.

4.7. Інструктажі, Медичний Огляд, Відповідальність За Порухення

4.7.1. Первинний, повторний, позаплановий інструктаж

Система інструктажів з охорони праці є ключовим інструментом для забезпечення безпеки водіїв та всіх працівників. Вона гарантує, що кожен працівник має необхідні знання та навички для безпечного виконання своїх обов'язків [13].

- Первинний інструктаж: Проводиться з водієм перед початком самостійної роботи, при переведенні на іншу роботу, або при прийомі на роботу [13]. Метою є ознайомлення з загальними правилами охорони праці, вимогами до автомобіля, основними небезпечними факторами та способами їх запобігання, діями в аварійних ситуаціях. Це початкова база знань для безпечної діяльності.

- Повторний інструктаж: Проводиться періодично, згідно з графіком, але не рідше одного разу на три місяці для працівників, зайнятих на роботах з підвищеною небезпекою, та не рідше одного разу на шість місяців для інших працівників. Він має на меті систематизувати, поновити та перевірити знання водія щодо вимог охорони праці, враховуючи специфіку його діяльності та можливі зміни в законодавстві або умовах праці.

- Позаплановий інструктаж: Проводиться у разі зміни технологічного процесу, заміни обладнання, виявлення порушень вимог охорони праці, нещасних випадків або професійних захворювань, а також за вимогою посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці [13]. Його мета – оперативно донести до водія інформацію про зміни та небезпеки, що виникли, та навчити правильним діям.

4.7.2. Періодичні медичні огляди

Періодичні медичні огляди є невід'ємною частиною системи охорони праці для водіїв, забезпечуючи їхню відповідність вимогам здоров'я для безпечного керування транспортним засобом.

Основна мета цих оглядів – своєчасне виявлення будь-яких медичних протипоказань, які впливають на здатність водія безпечно виконувати свої професійні обов'язки [12]. Це включає перевірку:

- Зорових функцій: Гострота зору, поля зору, кольоросприйняття.
- Слухових функцій: Здатність сприймати звукові сигнали.
- Серцево-судинної системи: Виявлення гіпертонії, ішемічної хвороби, аритмій, через які стан водія різко погіршується.
- Нервової системи: Оцінка психоемоційного стану, відсутність епілепсії, психічних розладів, що впливають на концентрацію та реакцію.
- Опорно-рухового апарату: Перевірка рухливості суглобів, відсутність значних обмежень, що перешкоджають керуванню.
- Наявність хронічних захворювань: Контроль стану здоров'я при наявності таких захворювань, як цукровий діабет, які потребують регулярного медичного контролю.

4.7.3. Види відповідальності у разі порушення вимог охорони праці

Порушення вимог охорони праці несе за собою різні види відповідальності, спрямовані на запобігання подібним інцидентам у майбутньому та забезпечення справедливості [14]. Ці види відповідальності застосовуються як до працівників (водіїв), так і до роботодавців.

- Дисциплінарна відповідальність: Застосовується до працівників за невиконання або неналежне виконання своїх трудових обов'язків з охорони праці. Це може бути догана або звільнення. Наприклад, якщо водій не пройшов інструктаж, не дотримувався швидкісного режиму, або керував автомобілем у стані перевтоми.

- **Адміністративна відповідальність:** Передбачена за порушення законодавства про охорону праці, що не мають ознак кримінального злочину. Вона буде накладена як на водія (наприклад, за керування несправним ТЗ, недотримання ПДР), так і на посадових осіб підприємства (за не допуск до роботи без інструктажу, відсутність ЗІЗ, порушення норм робочого часу). Передбачає накладення штрафів.
- **Матеріальна відповідальність:** Виникає у випадку, якщо внаслідок порушення вимог охорони праці було завдано матеріальної шкоди підприємству або третім особам (наприклад, пошкодження автомобіля внаслідок ДТП через порушення водієм правил). Працівник зобов'язаний відшкодувати завдані збитки.
- **Кримінальна відповідальність:** Настає за порушення вимог законодавства про охорону праці, якщо вони спричинили тяжкі наслідки для життя або здоров'я людей (наприклад, загибель людей, тяжкі тілесні ушкодження). Вона передбачає покарання у вигляді штрафів, виправних робіт, обмеження або позбавлення волі.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 4

Під час виконання спеціальної частини з охорони праці було досліджено ключові аспекти безпеки та здоров'я водія легкового автомобіля, зокрема при впровадженні автоматизованих систем мікроклімату. Визначено актуальність забезпечення безпеки праці на всіх етапах життєвого циклу таких систем. Проаналізовано вимоги до кваліфікації та здоров'я водія, а також потенційні небезпечні та шкідливі чинники його професійної діяльності, включаючи ризики ДТП, несприятливий мікроклімат та психоемоційні навантаження. Розглянуто загрози при встановленні й обслуговуванні електроніки, правила безпечного поведіння з обладнанням, пожежну безпеку та захист від короткого замикання. Особливу увагу приділено впливу комфорту робочого місця на безпеку та ефективність водія, підкреслюючи роль ергономіки, оптимальних параметрів

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

мікроклімату та автоматичного клімат-контролю у зниженні втомлюваності. Визначено необхідність дотримання процедур перед виїздом, правильної поведінки в аварійних ситуаціях та використання ЗІЗ. Підкреслено важливість інструктажів (первинного, повторного, позапланового) та періодичних медичних оглядів. Розглянуто різні види відповідальності за порушення вимог охорони праці. Загалом, проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що комплексний підхід до охорони праці, що охоплює всі стадії впровадження та експлуатації автоматизованих систем, а також безпосередньо роботу водія, є запорукою мінімізації ризиків, підвищення безпеки дорожнього руху та збереження здоров'я працівників.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі було успішно вирішено актуальну задачу автоматизації створення клімат-контролю в салоні легкового автомобіля.

Була розроблена структурна схема системи, обґрунтовано вибір мікроконтролера Arduino Uno як центрального елемента, а також датчика DHT11 для моніторингу температури та вологості, а також інших необхідних компонентів, таких як реле, транзистори, кнопки та РК-дисплей. Створена електрична принципова схема системи, що дозволила візуалізувати взаємодію всіх елементів. Розроблено програмний код в середовищі Arduino IDE, що забезпечив автоматичне спрацювання виконавчих механізмів, а саме вмикання вентилятора при температурі понад 24°C, вмикання світлодіода при вологості понад 60% та ручне керування обігрівачем, а також відображення параметрів на дисплеї. Програмне моделювання та тестування в середовищі Proteus підтвердило працездатність та коректність запропонованих рішень.

Ретельно досліджено ключові аспекти безпеки та здоров'я водія легкового автомобіля, зокрема при впровадженні автоматизованих систем мікроклімату. Визначено актуальність забезпечення безпеки праці на всіх етапах життєвого циклу таких систем, проаналізовано потенційні небезпечні та шкідливі чинники, а також розглянуто загрози при встановленні й обслуговуванні електроніки. Особливу увагу приділено впливу комфорту робочого місця на безпеку та ефективність водія, підкреслюючи роль ергономіки та автоматичного клімат-контролю у зниженні втомлюваності. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що комплексний підхід до охорони праці, що охоплює всі стадії впровадження та експлуатації, є критично важливим для забезпечення безпечного та ефективного функціонування розробленої системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васильєв С. І. Системи кондиціонування повітря : підручник / С. І. Васильєв. — К. : Арістей, 2014. — 312 с.
2. Копитко В. І., Козлов Ю. П. Системи опалення та кондиціонування транспортних засобів / В. І. Копитко, Ю. П. Козлов. — Харків : ХНАДУ, 2018. — 205 с.
3. Карабутов А. А., Савченко І. М. Автомобільні системи клімат-контролю / А. А. Карабутов, І. М. Савченко. — Київ : КНУТД, 2020. — 144 с.
4. Ткаченко С. П. Мікроклімат у салоні автомобіля: вплив на водія і пасажирів // Автомобільний транспорт. — 2021. — № 2. — С. 45–52.
5. Гаврилюк О. П. Автоматизація систем мікроклімату в автомобілях // Сучасні технології в автомобілебудуванні. — 2022. — № 4. — С. 33–39.
6. Канарейкін В. П. Основи автоматичного регулювання : підручник / В. П. Канарейкін. — К. : Либідь, 2017. — 287 с.
7. ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. — Geneva : International Organization for Standardization, 2005.
8. ДСТУ 3587-97. Автомобілі. Кліматичні вимоги до мікроклімату салонів. Загальні положення. — [Чинний від 1998-07-01]. — К. : Держстандарт України, 1997. — 8 с.
9. Закон України "Про охорону праці" від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами).
10. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 № 322-VIII (зі змінами).
11. Про затвердження Правил дорожнього руху [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text> – Загол. з екрану.

151 «Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля»
Автоматизація створення мікроклімату в салоні легкового автомобіля

12. Про затвердження Положення про медичний огляд кандидатів у водії та водіїв транспортних засобів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0236-13#Text> – Загол. з екрану.

13. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> – Загол. з екрану.

14. Законодавство України про охорону праці // Збірник нормативних документів. – К.: Держнаглядохоронпраці; Основа, 2006 р. (Приклад, якщо є конкретне видання з вашої бібліотеки).

15. Москальова В. М. Основи охорони праці. Підручник. – Київ: ВД Професіонал, 2005. – 666 с.

16. Гандзюк М. П., Желібо Е. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці / За ред. Гандзюка М. П. – К.: Каравела 2003 – 405 с.

17. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В.В., та інші. Основи охорони праці: Підручник. – К.: Основа, 2006. – 444 с.

18. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. – К.: Основа, 2002. – 320 с.