

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«25» квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студента Іванечка Павла Юрійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система керування бактерицидним рекуператором

Керівник роботи кандидат технічних наук, доцент кафедри КС Жаровський Руслан Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » квітня 2026 року № 4/9-189

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20.06.2026

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема роботи рекуператора

2. Структурна схема системи

3. Схема електрична принципова

4. Блок схема роботи

5. Результати роботи системи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>			

7. Дата видачі завдання 25.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>26.01 – 02.02</i>	
2.	<i>Робота над першим розділом «Аналіз технічного завдання»</i>	<i>03.02 – 15.02</i>	
3.	<i>Робота над другим розділом «Проєктна частина»</i>	<i>20.04 – 25.04</i>	
4.	<i>Робота над третім розділом «Практична частина»</i>	<i>26.04 – 05.05</i>	
5.	<i>Робота над четвертим розділом «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»</i>	<i>07.05 – 25.05</i>	
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>26.05 – 7.06</i>	
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>8.06 – 14.06</i>	
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>15.06 – 21.06</i>	
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>27.06</i>	

Студент

_____ (підпис)

Іванечко Павло Юрійович

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Жаровський Руслан Олегович

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Іванечко П. Ю. Комп'ютерна система керування бактерицидним рекуператором: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 – комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2026.

Ключові слова: бактерицидний рекуператор, ультрафіолетове випромінювання, знезараження повітря, Arduino Nano, система керування, мікроконтролер.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуто питання підвищення ефективності знезараження повітря у громадських та житлових приміщеннях шляхом розроблення комп'ютеризованої системи керування бактерицидним рекуператором. Проведено аналіз існуючих аналогів, досліджено принципи ультрафіолетового знезараження повітря та визначено вимоги до функціональних можливостей пристрою.

Розроблено конструкцію бактерицидного рекуператора, обґрунтовано вибір основних компонентів, зокрема ультрафіолетових ламп, мікроконтролера Arduino Nano, датчиків, виконавчих механізмів та засобів індикації. Створено систему керування, що забезпечує автоматичне керування режимами роботи, налаштування графіка вмикання та вимикання, облік напрацювання ламп і відображення інформації на OLED-дисплеї. Для реалізації пристрою розроблено електричну принципову схему, програмне забезпечення та друковану плату.

Результатом роботи є комп'ютерна система керування бактерицидним рекуператором, яка забезпечує автоматизацію процесу знезараження повітря та підвищує зручність експлуатації пристрою.

ANNOTATION

Ivanechko P. U. Computer System for Bactericidal Heat Recovery Ventilator Control: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 – computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2026.

Keywords: bactericidal recuperator, ultraviolet radiation, air disinfection, Arduino Nano, control system, microcontroller.

The bachelor's qualification work considers the issue of increasing the efficiency of air disinfection in public and residential premises by developing a computerized control system for a bactericidal recuperator. An analysis of existing analogues was conducted, the principles of ultraviolet air disinfection were investigated, and the requirements for the functional capabilities of the device were determined.

The design of the bactericidal recuperator was developed, the choice of main components was justified, in particular ultraviolet lamps, the Arduino Nano microcontroller, sensors, actuators and indicators. A control system was created that provides automatic control of operating modes, setting the on and off schedule, accounting for lamp operation and displaying information on the OLED display. An electrical schematic diagram, software and printed circuit board were developed to implement the device.

The result of the work is a computer control system for a bactericidal recuperator, which automates the air disinfection process and increases the ease of use of the device.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1	АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	11
1.1	Принцип роботи бактерицидного рекуператора	11
1.2	Огляд існуючих рішень.....	15
1.3	Аналіз можливих рішень поставленого завдання	19
РОЗДІЛ 2	ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	21
2.1	Розробка узагальненої структури комп'ютерної системи	21
2.2	Обґрунтування вибору апаратного забезпечення бактерицидного рекуператора.....	23
2.3	Вибір схеми електроживлення	33
2.4	Розробка схеми електричної принципової.....	34
2.5	Обґрунтування вибору програмного забезпечення	38
РОЗДІЛ 3	ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	40
3.1	Реалізація програмного забезпечення	40
3.2	Моделювання роботи пристрою.....	43
3.3	Реалізація і тестування пристрою	44
РОЗДІЛ 4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ..	52
4.1	Надзвичайні ситуації екологічного характеру.....	52
4.2	Організація безпечної роботи електроустановок	54
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютерна система керування бактерицидним рекуператором	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.	Іванечко П. Ю.						6	
Перевір.	Жаровський Р.					ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
Реценз.	Литвиненко							
Н. Контр.	Тиш Є.В.							
Затверд.	Осухівська Г.М.							

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Перелік елементів

					<i>КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

УФ – ультрафіолет

МК – мікроконтролер

MOSFET – Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor

OLED - Organic Light-Emitting Diode

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

В умовах постійного зростання вимог до санітарно-епідеміологічної безпеки приміщень особливої актуальності набувають засоби знезараження повітряного середовища. Значна кількість бактерій, вірусів, грибків та інших мікроорганізмів може передаватися повітряно-крапельним шляхом, що створює підвищений ризик поширення інфекційних захворювань у місцях масового перебування людей. До таких об'єктів належать заклади освіти, медичні установи, офісні приміщення, торговельні центри та житлові будинки.

Бактерицидний рекуператор повітря - це кліматичний пристрій, який поєднує в собі дві критично важливі функції для створення здорового мікроклімату в приміщенні: енергоефективну вентиляцію та глибоке знезараження повітря. Ультрафіолетові лампи забезпечують руйнування ДНК та РНК мікроорганізмів, унаслідок чого припиняється їх подальше розмноження. Блок рекуперації забезпечує постійне постачання свіжого повітря в приміщення та одночасно видаляє відпрацьоване повітря, мінімізуючи при цьому втрати тепла (або прохолоди влітку).

Тому актуальним завданням є розроблення комп'ютеризованої системи керування бактерицидним рекуператором, яка забезпечуватиме автоматичне керування режимами роботи пристрою, контроль ресурсу бактерицидних ламп, відображення інформації для користувача та підвищення ефективності експлуатації обладнання.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення комп'ютерної системи керування бактерицидним рекуператором, призначеної для автоматизації процесу знезараження повітря в закритих приміщеннях.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих реалізацій та визначити їх основні характеристики;
- дослідити принципи ультрафіолетового знезараження повітря;
- розробити конструкцію бактерицидного рекуператора;

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обґрунтувати вибір апаратних компонентів системи керування;
- розробити електричну принципову схему пристрою;
- створити програмне забезпечення мікроконтролера для реалізації необхідних функцій;
- розробити друковану плату та підготувати пристрій до практичної реалізації.

Практична цінність роботи полягає у створенні пристрою, який забезпечує автоматизоване керування процесом знезараження повітря, контроль часу роботи бактерицидних ламп та можливість налаштування режимів функціонування відповідно до потреб користувача.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Принцип роботи бактерицидного рекуператора

Бактерицидний рекуператор є вентиляційним пристроєм, призначеним для одночасного забезпечення повітрообміну, знезараження повітря та зменшення теплових втрат приміщення. Використання такого обладнання дозволяє підтримувати належний санітарно-гігієнічний стан повітряного середовища та знижувати витрати енергії на опалення приміщень.

Принцип роботи рекуператора (рис. 1.1) базується на організації двох повітряних потоків. Перший потік видаляє відпрацьоване тепле повітря з приміщення назовні, а другий забезпечує надходження свіжого повітря із зовнішнього середовища. У звичайних вентиляційних системах тепле повітря викидається назовні без використання його теплової енергії, що призводить до значних теплових втрат у холодний період року [2].

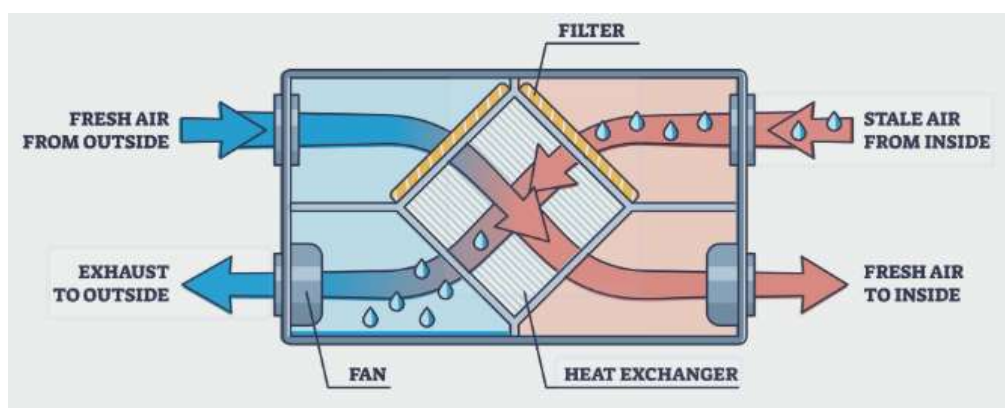


Рисунок 1.1 – Загальна схема роботи рекуператора

Для зменшення цих втрат використовується теплообмінник-рекуператор. Під час проходження через теплообмінник відпрацьоване

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Іванечко П. Ю.			Лім.	Арк.	Аркушіє
Перевір.		Жаровський Р.				11	10
Реценз.		Литвиненко			ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Аналіз технічного завдання		

повітря передає частину своєї теплової енергії припливному повітрю без їх безпосереднього змішування. У результаті свіже повітря попередньо нагрівається перед надходженням до приміщення, що дозволяє зменшити навантаження на систему опалення та підвищити енергоефективність будівлі.

Такий процес отримав назву рекуперації тепла. Ефективність сучасних рекуператорів може досягати 70–90 %, що дозволяє суттєво знизити втрати теплової енергії в холодну пору року.

Після проходження теплообмінника припливне повітря надходить до бактерицидної камери, де здійснюється його знезараження ультрафіолетовим випромінюванням.

Принцип ультрафіолетової обробки повітря наведений на рис. 1.2.

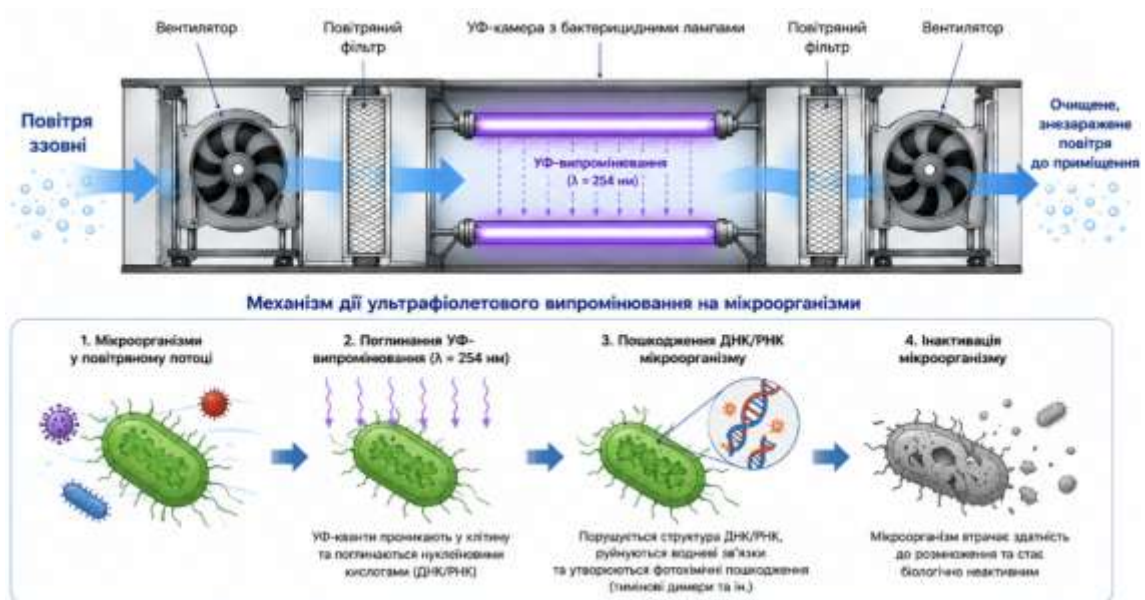


Рисунок 1.2 – Принцип ультрафіолетового знезараження повітря

Серед різновидів ультрафіолетового випромінювання особливий інтерес становить короткохвильовий ультрафіолет діапазону УФ-С (100–280 нм), який практично відсутній у природних умовах на поверхні Землі. Космічне та сонячне випромінювання цього діапазону майже повністю поглинається озоновим шаром і верхніми шарами атмосфери. На відміну від

ультрафіолетового випромінювання діапазонів УФ-А та УФ-В, які частково досягають земної поверхні, випромінювання УФ-С у природному середовищі практично не зустрічається.

Внаслідок цього бактерії, віруси, грибки та інші мікроорганізми не мають сформованих механізмів захисту від тривалого впливу УФ-С випромінювання. Саме тому даний діапазон характеризується високою бактерицидною ефективністю та широко використовується в системах знезараження повітря, води та поверхонь.

Ще більшою енергією характеризуються вакуумний ультрафіолет (VUV, 100–200 нм), екстремальний ультрафіолет (EUV, 10–121 нм) та рентгенівське випромінювання. Проте їх використання у системах знезараження повітря є недоцільним через високу поглинальну здатність повітря, складність технічної реалізації та підвищені вимоги до безпеки експлуатації.

Як показано на рис. 1.3, найбільш ефективною для інактивації мікроорганізмів є область спектра в межах 250–270 нм.

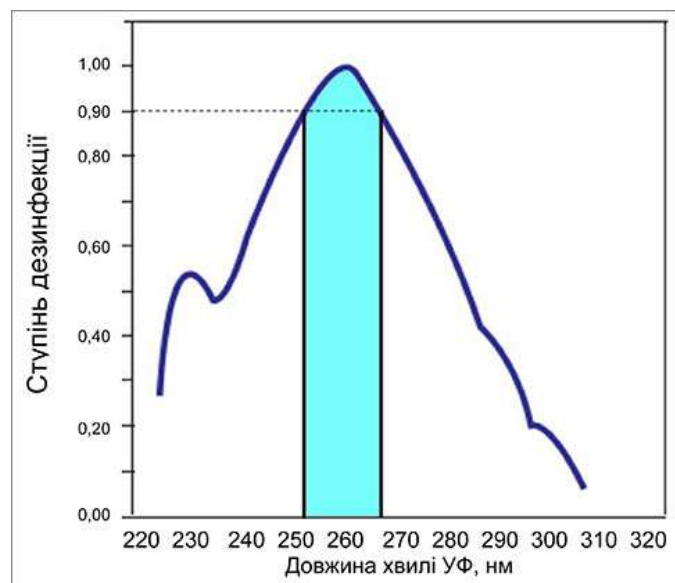


Рисунок 1.3 – Найбільш ефективний бактерицидний діапазон УФ-випромінювання

Максимальна бактерицидна дія спостерігається поблизу довжини хвилі 254 нм, яка використовується в більшості бактерицидних ламп низького тиску. У цьому діапазоні коефіцієнт знезараження може перевищувати 90–99 % залежно від типу мікроорганізмів, інтенсивності випромінювання та часу опромінення.

Механізм бактерицидної дії УФ-С випромінювання полягає у поглинанні фотонів нуклеїновими кислотами клітин мікроорганізмів. У результаті відбувається руйнування структури ДНК та РНК, утворення тимінових димерів та інших фотохімічних пошкоджень, які блокують процеси реплікації й поділу клітин. Це призводить до втрати мікроорганізмами здатності до розмноження та їх подальшої інактивації.

Для безпечної експлуатації бактерицидного рекуператора ультрафіолетові лампи розміщуються всередині герметичної камери закритого типу, яка повністю виключає вихід УФ-С випромінювання за межі корпусу. Завдяки цьому пристрій може працювати в присутності людей, забезпечуючи безперервне знезараження повітря без негативного впливу на здоров'я користувачів.

Таким чином, основою роботи бактерицидного рекуператора є поєднання двох процесів: рекуперації теплової енергії та бактерицидної обробки повітря ультрафіолетовим випромінюванням.

У процесі роботи бактерицидного рекуператора повітряний потік проходить декілька послідовних етапів обробки. Спочатку зовнішнє повітря надходить до теплообмінника, де нагрівається за рахунок тепла витяжного повітря. Після цього воно спрямовується до бактерицидної камери, в якій піддається опроміненню ультрафіолетовим випромінюванням діапазону УФ-С. Внаслідок цього до приміщення подається попередньо підігріте та знезаражене повітря. Одночасно відпрацьоване повітря видаляється з приміщення через теплообмінник, передаючи частину теплової енергії

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

припливному потоку. Узагальнену схему роботи бактерицидного рекуператора наведено на рис. 1.4.

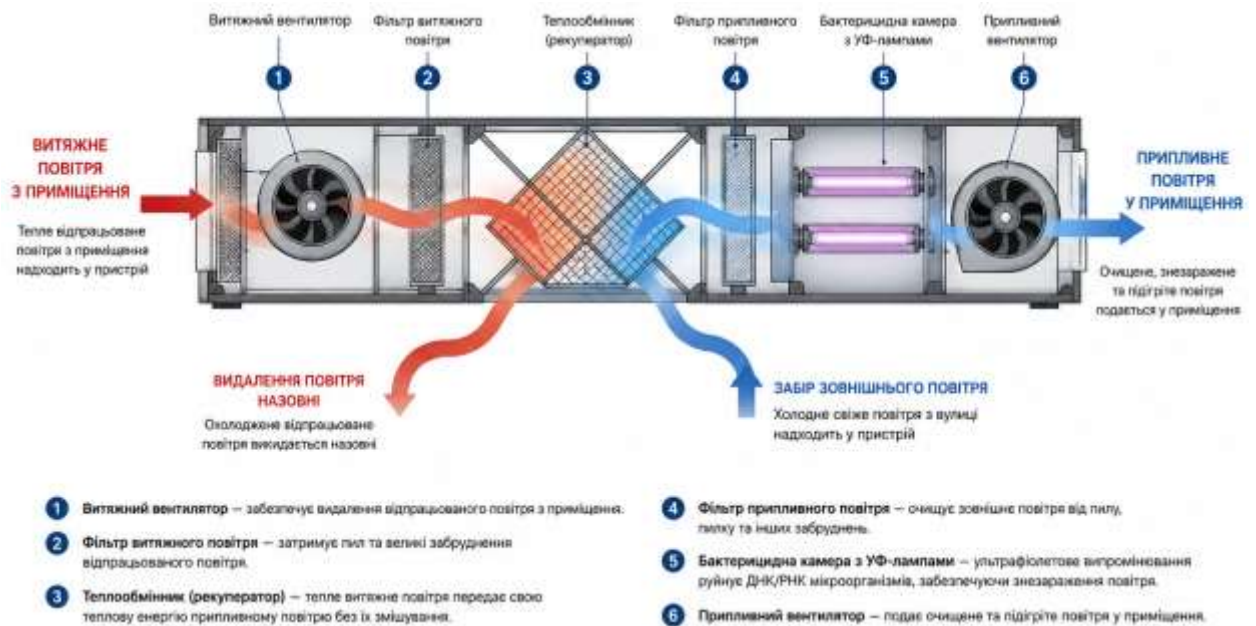


Рисунок 1.4 – Загальна схема роботи бактерицидного рекуператора

Застосування бактерицидного рекуператора дозволяє не лише забезпечити необхідний повітрообмін та знизити теплові втрати будівлі, а й підвищити санітарно-епідеміологічну безпеку приміщень шляхом безперервного знезараження припливного повітря. Це особливо актуально для громадських, медичних та освітніх закладів, де висувуються підвищені вимоги до якості повітряного середовища.

1.2 Огляд існуючих рішень

Одним із найбільш відомих виробників систем вентиляції та рекуперації є українська компанія VENTS. Серед її продукції значного поширення набули побутові рекуператори серії Мігра (рис. 1.5). Дані пристрої оснащені пластинчастими теплообмінниками, припливним та витяжним вентиляторами, а також багаторівневою системою фільтрації повітря. Коефіцієнт рекуперації

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

теплової енергії у таких системах досягає 80–90 %, що дозволяє значно зменшити теплові втрати приміщення. Однак знезараження повітря здійснюється виключно за допомогою механічних фільтрів, які не забезпечують гарантованого знищення вірусів та бактерій.



Рисунок 1.5 – Рекуператор серії VENTS Micro

Наступним прикладом є рекуператори українського виробника PRANA. Конструкція цих пристроїв відрізняється використанням мідного теплообмінника прямого типу (рис.1.6). Мідь має природні антибактеріальні властивості, що частково знижує ймовірність розмноження мікроорганізмів усередині вентиляційних каналів.

Деякі моделі додатково оснащуються системами іонізації повітря та автоматичного керування режимами роботи. Перевагами таких пристроїв є компактність, простота монтажу та високий коефіцієнт рекуперації. Разом із тим вони не забезпечують активного ультрафіолетового знезараження повітряного потоку.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.6 – Рекуператор з мідним теплообмінником

Для медичних закладів та приміщень із підвищеними вимогами до чистоти повітря широко використовуються бактерицидні рециркулятори закритого типу. Дані пристрої містять вентилятор, бактерицидні лампи ультрафіолетового діапазону УФ-С (рис.1.7). Принцип їх роботи полягає у багаторазовому пропусканні повітря через камеру опромінення, внаслідок чого відбувається інактивація більшості бактерій та вірусів. Недоліком таких систем є відсутність функції рекуперації тепла, що не дозволяє використовувати їх як енергоефективну систему вентиляції.

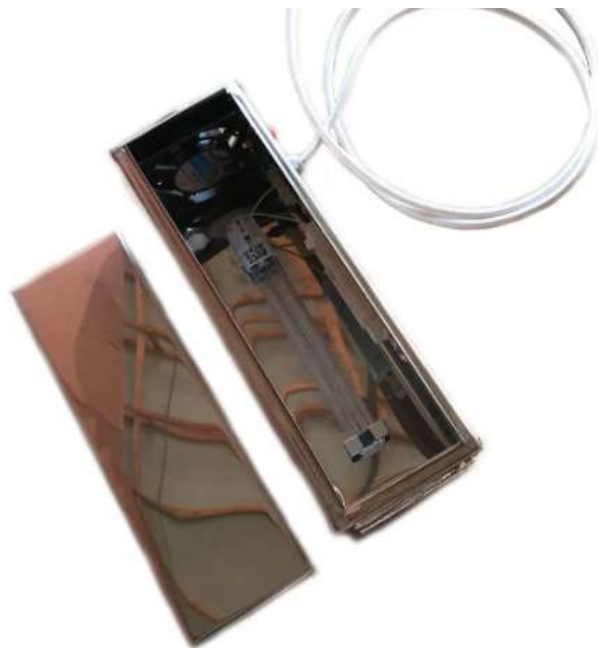


Рисунок 1.7 – Бактерицидний рециркулятор закритого типу

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрему категорію складають промислові припливно-витяжні установки з вбудованими системами ультрафіолетового знезараження (рис. 1). Такі комплекси зазвичай включають пластинчастий або роторний рекуператор, систему фільтрації, бактерицидні лампи, датчики якості повітря та автоматизовану систему керування. Вони забезпечують високий рівень очищення повітря та ефективну рекуперацію теплової енергії. Проте їх вартість є досить високою, що обмежує використання подібних рішень у побутових умовах.

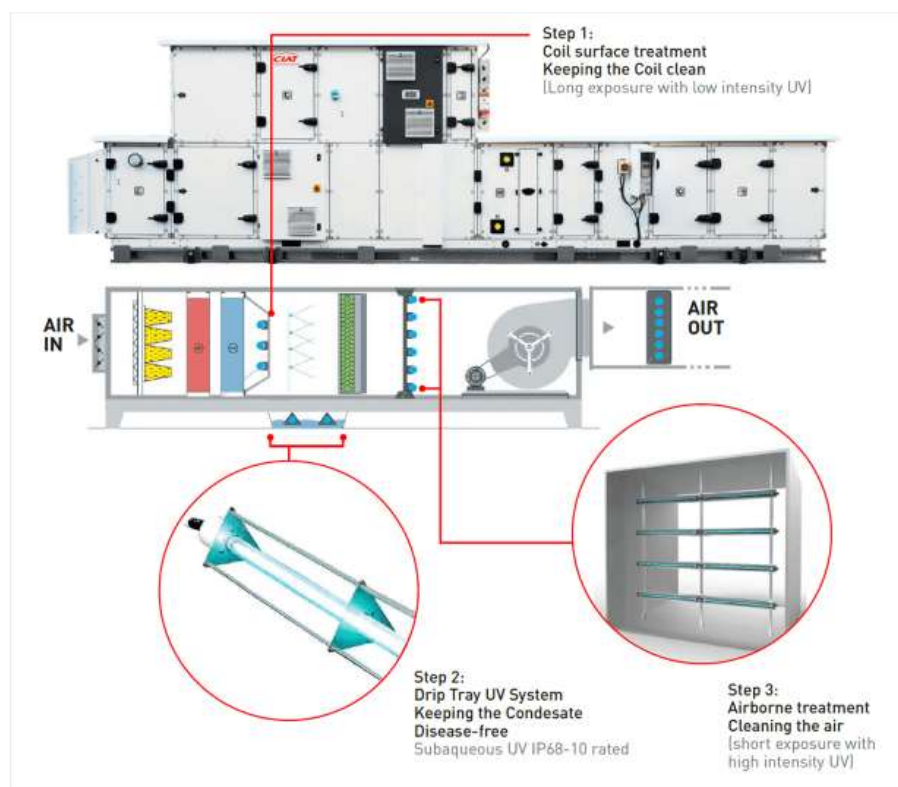


Рисунок 1.8 – Промислова припливно-витяжна установка з системою УФ-знезараження

Проведений аналіз показує, що більшість існуючих пристроїв орієнтовані на вирішення лише одного із завдань (табл.1.1).

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таблиця 1.1 – Порівняння існуючих рішень вентиляції та знезараження повітря

Тип пристрою	Рекуперація тепла	УФ-знезараження	Автоматизація	Вартість
VENTS Micra	Так	Ні	Так	Середня
PRANA	Так	Ні	Так	Середня
Бактерицидний рециркулятор	Ні	Так	Частково	Низька
Промислова вентиляційна установка	Так	Так	Так	Висока

Побутові рекуператори забезпечують енергоефективний повітрообмін, але не мають ефективних засобів знезараження повітря. Бактерицидні рециркулятори, навпаки, забезпечують високий рівень знезараження, проте не виконують функцію рекуперації тепла. Промислові установки поєднують обидві функції, однак характеризуються значною вартістю та складністю конструкції.

1.3 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Проведений аналіз існуючих систем вентиляції та знезараження повітря показав, що для забезпечення санітарно-гігієнічної безпеки приміщень можуть бути використані різні технічні рішення. Вибір конкретного варіанта залежить від вимог до ефективності знезараження, рівня автоматизації, вартості обладнання та складності його монтажу [8].

Першим можливим рішенням є використання традиційного рекуператора повітря з додатковими механічними фільтрами очищення. Перевагою такого підходу є простота реалізації та відносно невисока вартість. Однак механічні фільтри здатні лише затримувати частину забруднень і не забезпечують гарантованого знищення бактерій, вірусів та грибків.

Другим варіантом є використання бактерицидного рециркулятора повітря закритого типу. Такі пристрої забезпечують ефективно знезараження

повітря завдяки використанню ультрафіолетових ламп діапазону УФ-С. Основною перевагою є висока ефективність боротьби з патогенними мікроорганізмами та можливість роботи в присутності людей. Недоліком даного рішення є відсутність функції вентиляції та рекуперації теплової енергії, що обмежує сферу його застосування.

Третім можливим рішенням є інтеграція ультрафіолетового модуля знезараження до вже існуючих систем вентиляції або рекуперації. У цьому випадку бактерицидна камера встановлюється безпосередньо у вентиляційний канал після теплообмінника рекуператора. Такий підхід дозволяє поєднати переваги вентиляції, рекуперації та знезараження повітря без суттєвої зміни конструкції основної системи. Недоліком є необхідність адаптації модуля до конкретного типу вентиляційного обладнання.

Четвертим варіантом є розроблення спеціалізованого бактерицидного рекуператора, у конструкції якого функції рекуперації тепла та ультрафіолетового знезараження передбачені ще на етапі проектування. Такий пристрій дозволяє забезпечити максимальну ефективність роботи системи, оптимальне розташування теплообмінника та бактерицидної камери, а також реалізувати автоматизоване керування всіма режимами роботи.

На основі аналізу розглянутих варіантів було прийнято рішення про розроблення комп'ютеризованої системи керування бактерицидним рекуператором, яка поєднуватиме функції вентиляції, рекуперації теплової енергії та ультрафіолетового знезараження повітря.

Для реалізації системи планується використання ультрафіолетових ламп бактерицидного діапазону УФ-С, мікроконтролера, модуля годинника реального часу, OLED-дисплея та системи автоматичного керування режимами роботи. Такий підхід дозволить забезпечити високу ефективність знезараження повітря, зменшити теплові втрати приміщення та підвищити зручність експлуатації пристрою.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка узагальненої структури комп'ютерної системи

Основною метою розробки бактерицидного рекуператора є забезпечення ефективного повітрообміну приміщення із одночасним знезараженням припливного повітря та рекуперацією теплової енергії. Система повинна забезпечувати подачу свіжого повітря в приміщення, видалення відпрацьованого повітря, знезараження припливного повітря ультрафіолетовим випромінюванням та зменшення тепловтрат за рахунок використання теплообмінника [5].

Для реалізації поставлених завдань розроблено узагальнену структуру бактерицидного рекуператора, до складу якої входять підсистеми вимірювання температури, керування, відображення інформації, живлення та виконавчі механізми (рис.2.1).

Центральним елементом системи є мікроконтролер, який здійснює опитування датчиків температури, обробку отриманих даних, виконання алгоритму керування та формування сигналів для керування вентиляторами і бактерицидною лампою. Для забезпечення адаптивного керування використовуються три датчики температури. Перший датчик контролює температуру зовнішнього повітря, другий вимірює температуру теплообмінника, а третій визначає температуру повітря всередині приміщення. Отримана інформація використовується для визначення моментів перемикавання режимів припливу та витяжки повітря.

Для взаємодії користувача із системою передбачено блок кнопок керування та інформаційний екран. За допомогою кнопок користувач може здійснювати запуск та зупинку пристрою, змінювати параметри роботи або

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Іванечко П. Ю.</i>			Проектна частина	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Жаровський Р.</i>					21	19
<i>Реценз.</i>		<i>Литвиненко</i>				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

встановлювати температурні пороги. Екран забезпечує відображення поточних температур, стану ультрафіолетової лампи, режиму роботи вентиляторів та іншої службової інформації.

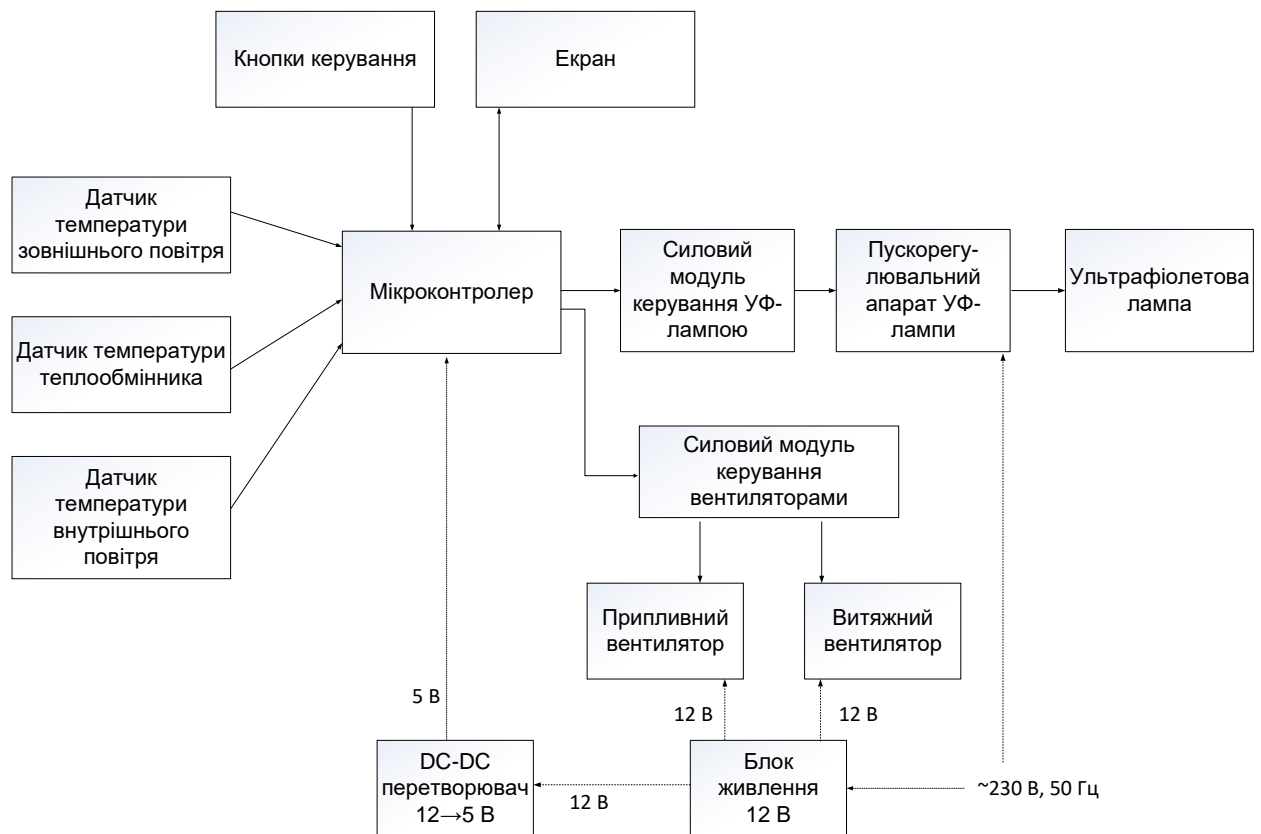


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема Бактерицидного рекуператора

Підсистема знезараження повітря складається із силового модуля керування ультрафіолетовою лампою, пускорегулювального апарата та бактерицидної ультрафіолетової лампи. У режимі припливу повітря мікроконтролер подає сигнал на силовий модуль, який вмикає пускорегулювальний апарат та забезпечує роботу ультрафіолетової лампи. Повітря, проходячи через зону опромінення, піддається бактерицидній обробці, що сприяє зниженню концентрації патогенних мікроорганізмів у приміщенні.

Підсистема вентиляції містить припливний та витяжний вентилятори, роботою яких керує силовий модуль комутації. Відповідно до розробленого алгоритму вентилятори працюють по чергово. Під час роботи припливного вентилятора теплообмінник охолоджується потоком зовнішнього повітря, а під час роботи витяжного вентилятора нагрівається теплим повітрям із приміщення. Перемикання між режимами здійснюється на основі показань датчика температури теплообмінника.

Для живлення електронних компонентів використовується імпульсний блок живлення напругою 12 В, який підключається до мережі змінного струму 230 В, 50 Гц. Живлення мікроконтролера, датчиків та допоміжної електроніки забезпечується за допомогою DC-DC перетворювача, який формує стабілізовану напругу 5 В. Вентилятори працюють безпосередньо від джерела живлення 12 В.

Розроблена структура забезпечує реалізацію функцій рекуперації тепла, знезараження припливного повітря та автоматичного керування процесом вентиляції на основі поточних температурних параметрів системи. Використання мікроконтролерного керування дозволяє підвищити енергоефективність пристрою, забезпечити гнучке налаштування режимів роботи та реалізувати моніторинг основних параметрів функціонування бактерицидного рекуператора.

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення бактерицидного рекуператора

Однією та найважливішою частиною у цій роботі є розробка модуля управління. Яка у свою чергу виступає конкурентною перевагою порівняно з аналогічними пристроями.

Перед вибором мікроконтролера необхідно визначити вимоги, які висуваються до системи керування бактерицидним рекуператором.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до розробленої структури пристрою мікроконтролер повинен забезпечувати зчитування даних із датчиків температури, керування виконавчими механізмами, відображення інформації на дисплеї та обробку команд користувача.

У системі передбачено використання трьох датчиків температури для контролю температури зовнішнього повітря, теплообмінника та повітря всередині приміщення. Для відображення інформації використовується дисплей з інтерфейсом I²C, а для налаштування параметрів роботи пристрою передбачено три кнопки керування.

Для реалізації алгоритму роботи необхідно керувати двома вентиляторами та ультрафіолетовою лампою через силові модулі комутації. Крім того, для можливості подальшого розширення функціоналу системи доцільно передбачити наявність резервних входів-виходів.

На основі аналізу структури пристрою визначено мінімальні вимоги до мікроконтролера, наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вимоги до мікроконтролера системи керування бактеріцидним рекуператором

Параметр	Необхідне значення
Кількість цифрових входів/виходів	не менше 8
Кількість аналогових входів	не менше 1
Інтерфейс I ² C	не менше 1
Інтерфейс UART	не менше 1
Flash-пам'ять	не менше 16 КБ
Оперативна пам'ять SRAM	не менше 1 КБ
Тактова частота	не менше 8 МГц
Напруга живлення	5 В
Можливість програмування через USB	обов'язково

Необхідна кількість цифрових входів-виходів визначається наступним чином:

- 1 вивід для шини OneWire датчиків температури DS18B20 [9];
- 2 виводи для дисплея I²C (SDA та SCL);
- 3 виводи для кнопок керування;
- 3 виводи для керування виконавчими пристроями (припливний вентилятор, витяжний вентилятор, ультрафіолетова лампа);
- 1–2 резервних виводи для подальшої модернізації системи.

Обсяг програмної пам'яті повинен забезпечувати зберігання програми керування, бібліотек для роботи з дисплеєм та датчиками температури, а також реалізацію користувацького меню налаштувань. Практика розробки подібних систем показує, що для цього достатньо 16–32 КБ Flash-пам'яті та не менше 1 КБ оперативної пам'яті [3].

Враховуючи наведені вимоги, для реалізації системи керування бактеріцидним рекуператором було обрано мікроконтролерну платформу Arduino Nano на базі мікроконтролера ATmega328P (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Плата Arduino Nano

Ця плата має дуже малі габаритні параметри 42 x 19, при вазі всього лише в 19 грам. Також ця плата має цифрові та аналогові порти. З яких 8 аналогових та 14 цифрових [4].

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики плати Arduino Nano

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega328P
Тактова частота	16 МГц
Напруга живлення	5 В
Рекомендована вхідна напруга	7–12 В
Flash-пам'ять	32 КБ
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Цифрові входи/виходи	14
Аналогові входи	8
Максимальний струм на вивід	40 мА
Інтерфейси	UART, SPI, I ² C
Габаритні розміри	45 × 18 мм

На рис. 2.3 зображена розпіновка цієї плати. Важливим критерієм є низьке споживання струму у робочому режимі – 24 мА.

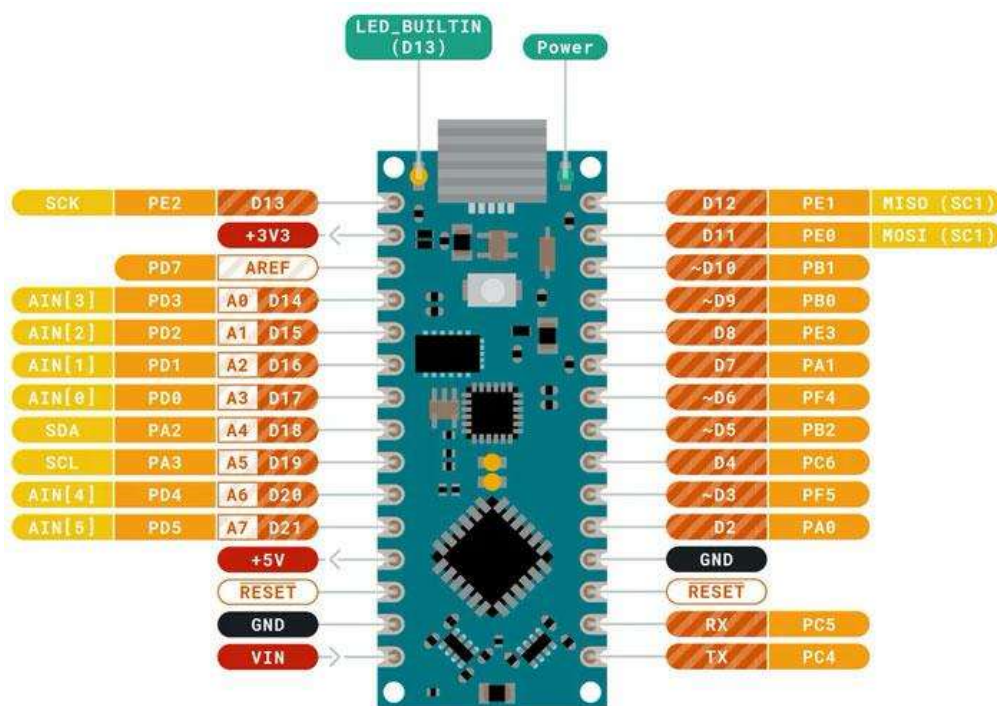


Рисунок 2.3 – Розпіновка плати Arduino Nano

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ

Арк.

26

Перше на що варто звернути увагу, так це напруга живлення даної плати. У нашому випадку напруга живлення може бути в межах від 7 - 12 В. Відповідно для живлення даної плати необхідний понижувальний перетворювач, який знизить мережну напругу 230 В до зазначених вище 7 – 12 В, або використовувати вже готовий варіант.

Важливою перевагою Arduino Nano є наявність великої кількості готових програмних бібліотек для роботи з датчиками температури, дисплеями та іншими периферійними пристроями. Це дозволяє скоротити час розробки програмного забезпечення та підвищити надійність функціонування системи.

Додатковою перевагою є компактні габаритні розміри плати, що спрощує її розміщення всередині корпусу рекуператора. Крім того, Arduino Nano характеризується низьким енергоспоживанням і невисокою вартістю, що позитивно впливає на загальну собівартість пристрою.

Таким чином, плата Arduino Nano повністю задовольняє вимоги, які висуваються до системи керування бактерицидним рекуператором, та забезпечує реалізацію всіх необхідних функцій при мінімальних апаратних витратах.

Для забезпечення ефективної роботи бактерицидного рекуператора необхідно здійснювати постійний контроль параметрів повітря та теплообмінника. Відповідно до розробленого алгоритму функціонування системи передбачено вимірювання температури зовнішнього повітря, температури теплообмінника, температури повітря всередині приміщення, а також контроль відносної вологості зовнішнього та внутрішнього повітря.

На основі аналізу функціональних вимог до системи визначено такі вимоги до датчиків:

- можливість вимірювання температури в діапазоні не менше від -20 °С до +50 °С;
- похибка вимірювання температури не більше ± 1 °С;

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість роботи у складі мікроконтролерної системи на базі Arduino Nano;
- простота підключення та програмної реалізації;
- висока надійність та стабільність показів;
- можливість вимірювання відносної вологості повітря.

Для контролю параметрів повітря зовні та всередині приміщення було обрано цифрові датчики температури та вологості DHT22 (рис. 2.4) [10].

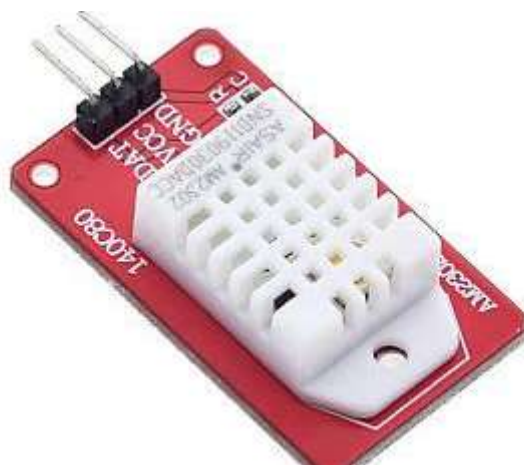


Рисунок 2.4 - Датчик температури та вологості DHT22

Основні технічні характеристики датчика DHT22 наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики датчика DHT22

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання температури	від -40 °C до +80 °C
Точність вимірювання температури	±0,5 °C
Діапазон вимірювання вологості	0–100 %
Точність вимірювання вологості	±2–5 %
Напруга живлення	3,3–6 В
Інтерфейс зв'язку	Однопровідний цифровий
Період оновлення даних	2 с

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ

Арк.

28

Застосування датчиків DHT22 дозволяє не лише контролювати температуру повітря, але й отримувати інформацію про рівень вологості, що може бути використано для оцінювання мікроклімату приміщення та аналізу умов утворення конденсату у вентиляційній системі.

Для контролю температури теплообмінника використовується цифровий датчик температури DS18B20 (рис. 2.5) [9].



Рисунок 2.5 - Датчик температури DS18B20

Вибір DS18B20 обумовлений особливостями його конструкції та високою точністю вимірювання температури. На відміну від DHT22, датчик DS18B20 може встановлюватися безпосередньо на поверхню теплообмінника, забезпечуючи контроль його фактичної температури. Саме температура теплообмінника використовується як основний параметр при керуванні режимами роботи припливного та витяжного вентиляторів.

Основні технічні характеристики DS18B20 наведені в табл. 2.4. Датчик DS18B20 встановлюється безпосередньо на теплообміннику та використовується для визначення моментів перемикавання режимів роботи рекуператора. Під час роботи припливного вентилятора контролюється охолодження теплообмінника до заданого значення температури. Після перемикавання в режим витяжки відстежується нагрівання теплообмінника до температури, близької до температури повітря у приміщенні. Отримані дані

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуються мікроконтролером для реалізації алгоритму керування рекуператором.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики датчика DS18B20

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання температури	від -55 °С до +125 °С
Точність вимірювання	±0,5 °С
Роздільна здатність	9–12 біт
Напруга живлення	3,0–5,5 В
Інтерфейс зв'язку	OneWire
Час перетворення	до 750 мс

Для забезпечення взаємодії користувача із системою бактерицидного рекуператора необхідний пристрій відображення інформації. До основних вимог, що висуваються до дисплея, належать компактні габарити, низьке енергоспоживання, простота підключення до мікроконтролера та достатня інформативність. Для реалізації системи було обрано OLED-дисплей з роздільною здатністю 128×64 пікселів на базі контролера SSD1306 (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 - OLED-дисплей 128×64 пікселів

Передача даних здійснюється за допомогою інтерфейсу I²C, який потребує лише двох сигнальних ліній, що дозволяє економно використовувати ресурси мікроконтролера Arduino Nano [11].

На дисплеї відображаються температура зовнішнього повітря, температура теплообмінника, температура та вологість повітря в приміщенні, поточний режим роботи рекуператора, стан ультрафіолетової лампи, а також інформація про налаштування системи.

Основні технічні характеристики OLED-дисплея наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики OLED-дисплея SSD1306

Параметр	Значення
Тип дисплея	OLED
Контролер	SSD1306
Роздільна здатність	128×64 пікселів
Діагональ	0,96 дюйма
Інтерфейс	I ² C
Напруга живлення	3,3–5 В
Споживаний струм	до 30 мА
Кількість контактів	4
Робоча температура	-40...+85 °С

Для забезпечення роботи бактерицидного рекуператора в автоматичному режимі необхідно реалізувати функції відліку поточного часу та збереження часових параметрів незалежно від наявності основного живлення. Крім того, відповідно до технічних вимог системи необхідно забезпечити облік напрацювання бактерицидної ультрафіолетової лампи, ресурс якої є обмеженим і потребує періодичної заміни [12].

Основними вимогами до модуля годинника реального часу є:

- висока точність відліку часу;
- наявність автономного резервного живлення;
- сумісність з мікроконтролером Arduino Nano;
- підтримка інтерфейсу I²C;
- низьке енергоспоживання;
- можливість тривалої роботи без корекції часу.

Для реалізації зазначених функцій було обрано модуль годинника реального часу DS3231 (рис. 2.7).

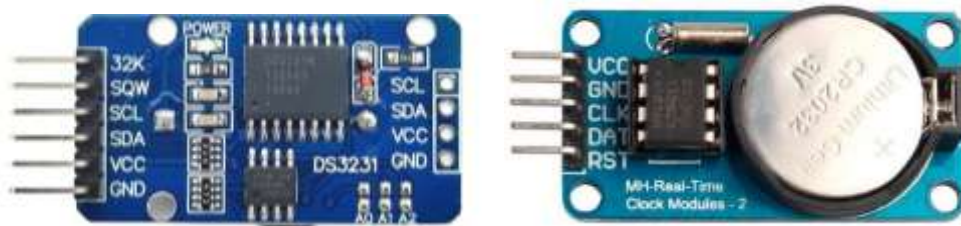


Рисунок 2.7 - Модуль DS3231

Модуль DS3231 побудований на базі високоточного годинника реального часу з вбудованим температурно-компенсованим кварцовим генератором.

До складу модуля входить батарея резервного живлення типу CR2032, яка забезпечує безперервний відлік часу навіть при відключенні основного живлення системи. Основні технічні характеристики модуля DS3231 наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики модуля DS3231

Параметр	Значення
Мікросхема	DS3231
Напруга живлення	2,3–5,5 В
Інтерфейс зв'язку	I ² C
Точність ходу	±2 ppm
Формат часу	12/24 години
Календар	День, дата, місяць, рік
Резервне живлення	Батарея CR2032
Робоча температура	від -40 до +85 °С

Таким чином, модуль годинника реального часу DS3231 повністю задовольняє вимоги, що висуваються до системи керування бактерицидним

рекуператором, забезпечуючи точний відлік часу, підтримку автоматичних режимів роботи та контроль ресурсу бактерицидної ультрафіолетової лампи.

Одними з основних виконавчих елементів бактерицидного рекуператора є припливний та витяжний вентилятори, які забезпечують транспортування повітря через теплообмінник та зону бактерицидного опромінення. Від їхніх характеристик залежить ефективність вентиляції, продуктивність рекуператора та рівень шуму під час роботи пристрою.

Для реалізації системи було обрано вентилятори Xilence Performance C XPF92.R.PWM (XF041) розміром 92×92 мм. Даний вентилятор призначений для використання в системах охолодження та характеризується низьким рівнем шуму, високою надійністю та підтримкою PWM-регулювання швидкості обертання.

2.3 Вибір схеми електроживлення

Для забезпечення роботи бактерицидного рекуператора необхідно сформувати дві напруги живлення: 12 В для виконавчих пристроїв та 5 В для мікроконтролера і периферійних модулів.

Аналіз електричних параметрів обладнання показав, що припливний і витяжний вентилятори працюють від напруги 12 В. Мікроконтролер Arduino Nano, датчики DHT22, DS18B20, OLED-дисплей SSD1306 та модуль годинника реального часу DS3231 потребують стабілізованої напруги 5 В [13].

Для реалізації системи живлення обрано імпульсний блок живлення 12 В та понижувальний DC-DC перетворювач LM2596, який забезпечує перетворення напруги 12 В у 5 В.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Розробка схеми електричної принципової

В попередньому розділі наведені основні елементи бактерицидного рекуператора. Тепер необхідно здійснити розробку схеми електричної принципової і вибрати інші необхідні компоненти які забезпечать роботу всіх компонентів бактерицидного рекуператора.

Підключення датчиків температури здійснюється по схемах наведених на рис.2.8 – 2.9.

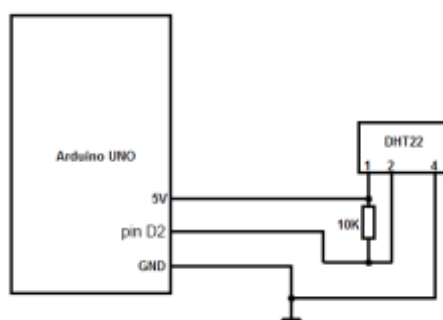


Рисунок 2.8 – Схема підключення датчика DHT 22

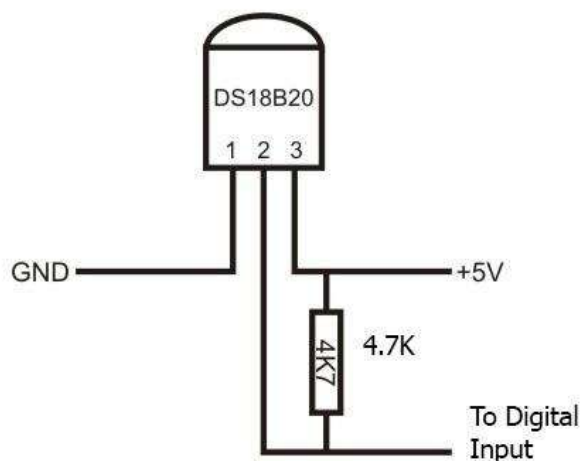


Рисунок 2.9 – Схема підключення датчика DS18B20

Для підключення цих датчиків необхідно використовувати підтягувальний резистор на 4,7-10 кОм. підключений між виводами живлення

та лінією передачі даних. Дане значення відповідає рекомендаціям виробника та забезпечує стабільний обмін даними між датчиком і мікроконтролером.

Для OLED-дисплея SSD1306 128×64 схема підключення до Arduino Nano дуже проста, оскільки використовується лише чотири контакти. Оскільки модуль годинника реального часу DS3231 також працює по шині I²C, його можна підключити до тих самих ліній. Також здійснимо підключення кнопок керування і зуммера для звукової індикації (рис. 2.10).

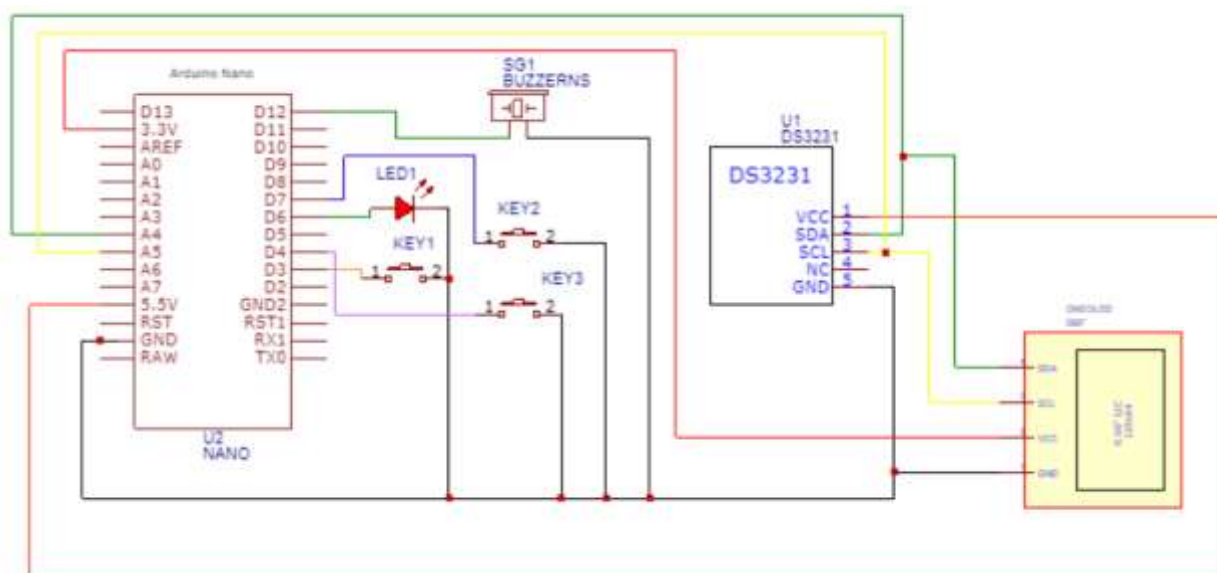


Рисунок 2.10 – Схема підключення OLED-дисплея, годинника реального часу DS3231 і кнопок керування

Включення та вимикання рекуператора здійснюється за рахунок керуючого сигналу, а саме цифрового виходу контролера. Напряга за високого логічного рівня цифрового виходу +5 В.

Робоча напруга необхідна для живлення ультрафіолетової лампи 230 В, що набагато більше, ніж напруга виходу керування Arduino nano. Для вирішення цієї ситуації відмінно підійде оптопара МОС3061 (рис. 2.11) у корпусі DIP -6 [13-14].



Рисунок 2.11 – Оптосимістор МОС3061

Дана мікросхема містить всередині інфрачервоний світлодіод і симистор. Суть роботи даної мікросхеми така, що при подачі на інфрачервоний світлодіод напруги 5 В, він починає світитися, і його світло потрапляючи на симистор, до якого підключено навантаження і відкриває його. Для підключення даної мікросхеми використана схема наведена на рис (рис. 2.12).

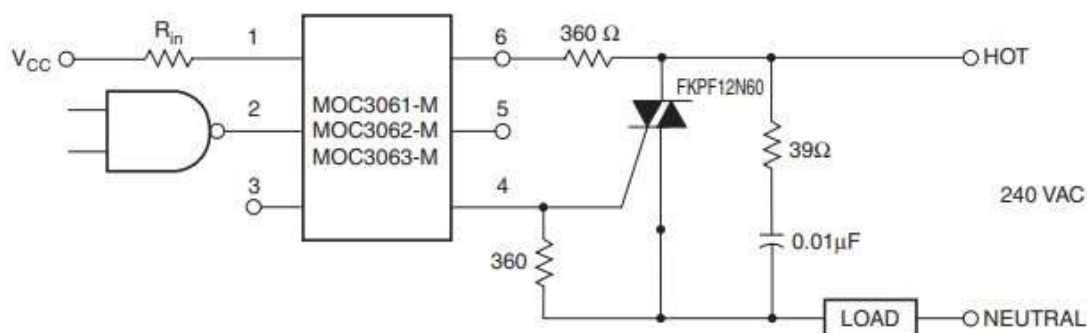


Рисунок 2.12 – Схема включення МОС3061

Виходячи з даної схеми бачимо, що в ній є обмежувальний резистор R_{in} , завдяки якому відбувається обмеження максимального струму, що проходить через світлодіод. У нашому випадку це 60 мА.

За умови, що робочий струм світлодіода 5 мА. Прийемо це значення за 10 мА врахувавши втрату ефективності світлодіода з часом. Розрахуємо номінал даного резистора за формулою:

$$R_{in} = \frac{U_{vcc} - U_r}{I_f} = \frac{5 - 1.3}{0.01} = 370 \text{ Ом.}$$

Візьмемо найближчий за номіналом резистор 360 Ом. Крім обмежувального резистора в ланцюгу семістора встановлений обмежувач RC для його захисту від зовнішніх перенапруг. Номінали даного обмежувача вже відомі, це $R = 39 \text{ Ом}$, $C = 0,01 \text{ мкФ}$.

Для керування припливним та витяжним вентиляторами бактерицидного рекуператора використано силові модулі на основі MOSFET-транзистора IRF520 (рис. 2.13). Застосування готових модулів дозволяє здійснювати комутацію навантаження з напругою живлення 12 В за допомогою цифрових сигналів мікроконтролера Arduino Nano, рівень яких становить 5 В.

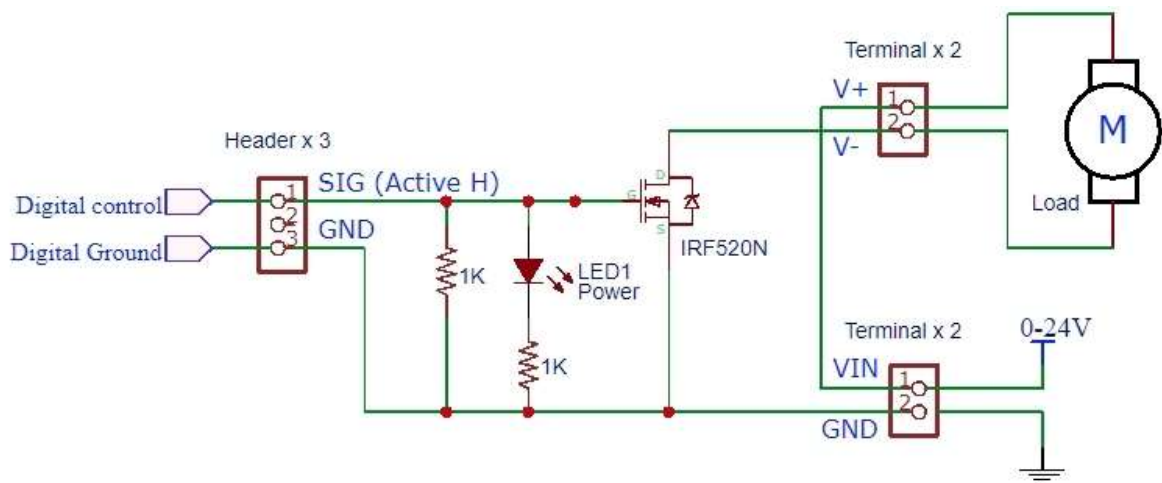


Рисунок 2.13 – Схема підключення IRF520

Модуль IRF520 являє собою електронний ключ, що забезпечує вмикання та вимикання навантаження без використання електромеханічних реле. Основними перевагами такого рішення є висока швидкодія, відсутність механічного зношування контактів, низьке енергоспоживання та простота підключення.

Загальна схема електрична принципова наведена в графічній частині КРБ.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2.5 Обґрунтування вибору програмного забезпечення

Для розроблення програмного забезпечення було обрано платформу Arduino IDE.

Для реалізації роботи датчиків температури та вологості DHT22 використовується бібліотека DHT Sensor Library, яка забезпечує отримання даних про температуру та відносну вологість повітря. Для роботи з датчиком температури DS18B20 використовується бібліотека OneWire та DallasTemperature, що реалізують обмін даними за протоколом OneWire та спрощують отримання температурних значень.

Відображення інформації на OLED-дисплеї SSD1306 реалізовано за допомогою бібліотек Adafruit SSD1306 та Adafruit GFX. Дані бібліотеки дозволяють відображати текстову та графічну інформацію, забезпечуючи зручне формування користувацького інтерфейсу.

Для роботи з модулем годинника реального часу DS3231 використовується бібліотека RTClib, яка забезпечує доступ до поточних значень часу та дати. За допомогою даного модуля реалізовано функції автоматичного запуску та зупинки бактерицидного рекуператора за розкладом, а також облік напрацювання бактерицидної лампи.

Під час роботи системи програмне забезпечення здійснює накопичення часу роботи ультрафіолетової лампи. Для збереження даних при відключенні живлення значення напрацювання періодично записується до енергонезалежної пам'яті EEPROM мікроконтролера ATmega328P. Після відновлення живлення система зчитує збережене значення та продовжує підрахунок ресурсу лампи без втрати інформації.

Отримані дані використовуються для контролю ресурсу бактерицидної лампи та формування повідомлення користувачу про необхідність її заміни після досягнення встановленого терміну експлуатації.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмне забезпечення реалізовано мовою програмування C++, яка є основною мовою розробки для платформи Arduino. Використання даної мови забезпечує високу швидкодію програми, ефективне використання обчислювальних ресурсів мікроконтролера та можливість створення структурованого програмного коду.

Таким чином, обране програмне забезпечення повністю задовольняє вимоги, що висуваються до системи керування бактерицидним рекуператором. Використання Arduino IDE та спеціалізованих бібліотек дозволяє забезпечити стабільну роботу всіх модулів системи, спростити процес розроблення та підвищити надійність функціонування пристрою.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						39
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Реалізація програмного забезпечення

Програмне забезпечення бактерицидного рекуператора реалізовано на базі мікроконтролера Arduino Nano та призначене для автоматичного керування процесом вентиляції, рекуперації теплової енергії та знезараження припливного повітря ультрафіолетовим випромінюванням.

Після подачі живлення відбувається ініціалізація всіх апаратних модулів системи. Мікроконтролер налаштовує інтерфейс I²C для роботи з OLED-дисплеєм SSD1306 та модулем годинника реального часу DS3231, виконує запуск датчиків DHT22 та DS18B20, завантажує з EEPROM збережені налаштування користувача і значення напрацювання бактерицидної лампи.

Після завершення ініціалізації система переходить у режим моніторингу. На цьому етапі виконується періодичне зчитування температури зовнішнього повітря, температури та вологості повітря в приміщенні, а також температури теплообмінника. Отримані дані використовуються для прийняття рішення щодо режиму роботи рекуператора (рис.3.1).

Після запуску пристрою активується режим припливу повітря. У даному режимі вмикається припливний вентилятор та бактерицидна лампа. Зовнішнє повітря проходить через теплообмінник та зону ультрафіолетового опромінення, внаслідок чого відбувається його знезараження перед подачею до приміщення. Під час роботи постійно контролюється температура теплообмінника. Після охолодження теплообмінника до значення, близького до температури зовнішнього повітря, система переходить у режим витяжки.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Іванечко П. Ю.</i>			Практична частина	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Жаровський Р.</i>					40	12
<i>Реценз.</i>		<i>Литвиненко</i>				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

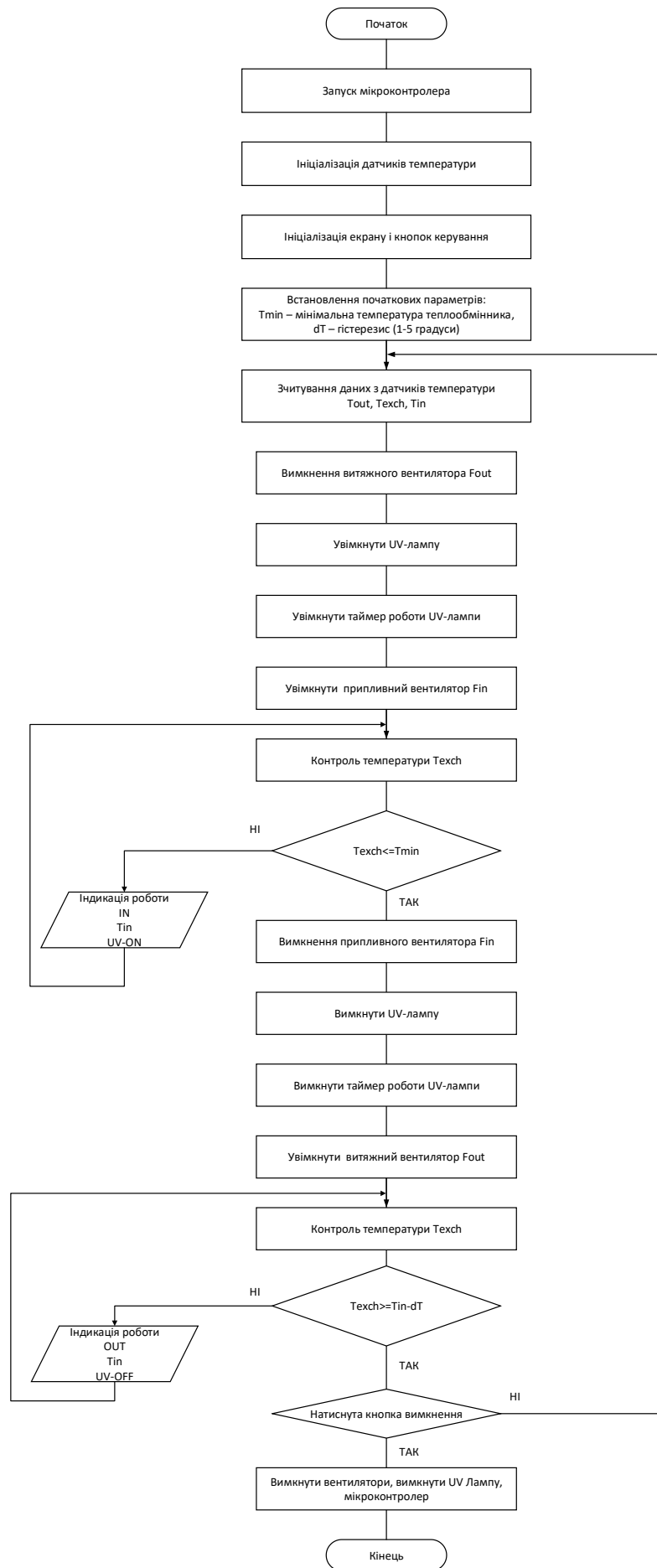


Рисунок 3.1 – Алгоритм роботи бактреицидного рекуператора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ

Арк.

41

У режимі витяжки припливний вентилятор і бактерицидна лампа вимикаються, а вмикається витяжний вентилятор. Тепле повітря з приміщення проходить через теплообмінник і нагріває його. Мікроконтролер здійснює безперервний контроль температури теплообмінника. Після досягнення температури, близької до температури повітря в приміщенні, витяжний вентилятор вимикається і система повертається до режиму припливу. Таким чином реалізується циклічний процес накопичення та передачі теплової енергії, що забезпечує рекуперацію тепла та зменшення теплових втрат приміщення.

Паралельно з основним алгоритмом виконується облік напрацювання бактерицидної лампи. Під час її роботи програмне забезпечення накопичує час експлуатації та періодично зберігає його у вбудованій енергонезалежній пам'яті EEPROM. Після досягнення встановленого ресурсу система формує повідомлення про необхідність заміни лампи.

Для взаємодії з користувачем використовується OLED-дисплей та кнопки керування. На дисплей виводяться значення температури зовнішнього повітря, температури та вологості всередині приміщення, температура теплообмінника, поточний режим роботи системи, показники напрацювання бактерицидної лампи та поточний час.

Програмне забезпечення також виконує контроль справності датчиків. У випадку втрати зв'язку з датчиками або отримання некоректних значень система переходить у безпечний режим роботи, вимикає виконавчі пристрої та повідомляє користувача про виникнення несправності.

Реалізований алгоритм забезпечує автоматичне керування бактерицидним рекуператором, ефективне використання теплової енергії, знезараження припливного повітря та контроль технічного стану основних вузлів системи.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Моделювання роботи пристрою

У середовищі Fritzing було сформовано монтажну схему бактерицидного рекуператора на базі мікроконтролера Arduino Nano. До складу моделі включено модуль годинника реального часу DS3231, OLED-дисплей SSD1306, два датчики температури та вологості DHT22, датчик температури теплообмінника DS18B20, кнопки керування, звуковий сигналізатор, два модулі керування вентиляторами на базі IRF520 та модуль керування бактерицидною лампою через оптосимістор MOC3061 (рис. 3.2).

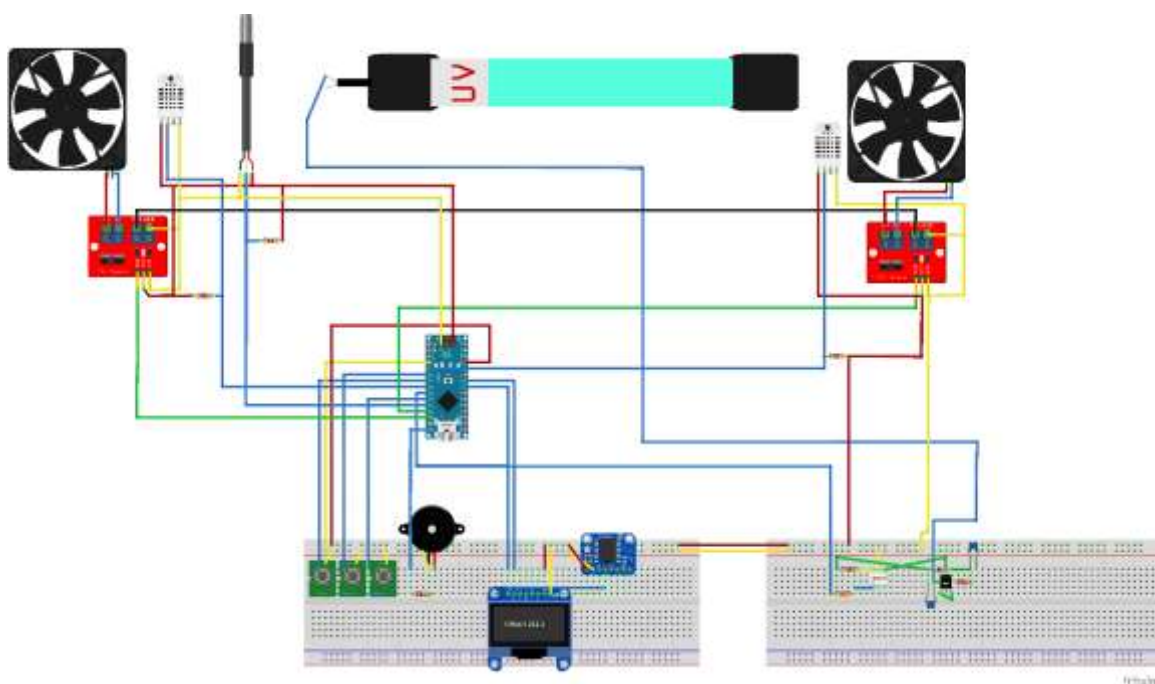


Рисунок 3.2 – Бактерицидний рекуператор в середовищі Fritzing

Було виконано розподіл цифрових та аналогових виводів мікроконтролера між усіма периферійними пристроями. Особливу увагу приділено організації шини I²C, до якої одночасно підключено OLED-дисплей та модуль DS3231. Також перевірено коректність підключення датчиків DHT22 та DS18B20 відповідно до вимог виробників.

Окремо було змодельовано систему керування вентиляторами. Для цього використано два MOSFET-модулі IRF520, які забезпечують комутацію

вентиляторів живленням 12 В. Один модуль відповідає за роботу припливного вентилятора, а другий — за роботу витяжного вентилятора.

Моделювання кола керування бактерицидною лампою виконано із застосуванням оптосимістора МОС3061 та симістора ВТ136. Таке рішення забезпечує гальванічну розв'язку між низьковольтною частиною пристрою та мережею змінного струму 220 В. Комутація здійснюється по колу живлення електронного пускорегулювального апарата Philips HF-P 1×15 TL-D, який забезпечує роботу бактерицидної лампи потужністю 15 Вт.

У результаті було підтверджено правильність підключення всіх компонентів системи, відсутність конфліктів між використовуваними виводами мікроконтролера та можливість практичної реалізації розробленої схеми. Отримана модель стала основою для подальшого виготовлення принципової схеми та розробки друкованої плати бактерицидного рекуператора.

3.3 Реалізація і тестування пристрою

Форму корпусу бактерицидного рекуператора переважно задають самі ультрафіолетові лампи, які має довжину в середньому 50 сантиметрів.

Вибір зупинив на ПВХ трубі діаметром 110 мм., довжиною 1 м. Матеріал стійкий до дії на нього ультрафіолетових випромінювань (однак в даному випадку внутрішню поверхню додатво екранували фольгою, що також покращить знезаражувальні властивості за рахунок відбиття світла (рис.3.3)), а також до дії вологи, достатня міцність труби.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.3 – Корпус бактерицидного рекуператора

Дані параметри були обрані, виходячи з габаритів ультрафіолетових ламп, які будуть встановлені паралельно один одного в самій трубі (рис. 3.4). А також наявного вентилятора, що сприяє прокачуванню повітря через площину труби, який безпосередньо буде опромінений ультрафіолетом, тим самим проводячи знезараження повітря.



Рисунок 3.4 – Встановлення ультрафіолетової лампи у трубу

Крім підбору корпусу для пристрою. Важливим кроком був пошук повітряного фільтра, який би встановлювався на виході пристрою. Так як

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

корпус рекуператора має циліндричну форму, було прийнято рішення в підборі, такого фільтра, який би вставлявся в корпус пристрою. Як фільтр використаний вентиляційний дифузор, який має в собі сіточку, для фільтрації повітря.

Цей дифузор має діаметр 100 мм, що відмінно підходить для нашої конструкції. Крім установки дифузора, пристрій має модуль управління, який поєднує в собі oled дисплей розміру 128x64, модуль годинника реального часу DS3231, п'єзодинамік, а також кнопки, що відповідають за включення та вимикання живлення.

Однією з найважливіших завдань – це грамотний підбір ультрафіолетових ламп. Оскільки цей модуль є «серцем» пристрою. Адже безпосередньо від нього залежить якість знезараження повітря, крім того середній номінальний термін служби, який закладає виробник. За підсумками аналізу ринку ультрафіолетових ламп наш вибір зупинився на лампі TUV TL-D 15Вт T8 G13 PHILIPS (рис. 3.5) [17].



Рисунок 3.5 – Лампа бактерицидна Philips TUV 15W/G15 T8 G13

Дана лампа має технічні характеристики наведені в табл. 3.1.

Середній номінальний термін служби – 9000 годин дозволить використовувати лампу протягом майже 2,5 років, за умови того, що лампа відпрацьовуватиме кожен робочий день по 10 годин.

Потужність лампи 15 Вт. Такий показник є оптимальним, тому що в ході аналізу було виявлено, що при даній потужності об'єм повітря, що обробляється, досягає 30 м³/год.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи, що в розроблюваному бактерицидному рекуператорі використовується ультрафіолетова лампа Philips TUV 15W/G15 T8, для її роботи необхідне застосування електронного пускорегулювального апарата (ЕПРА). Даний пристрій забезпечує запуск лампи, стабілізацію робочого струму та підтримання необхідного режиму її функціонування.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики бактерицидної лампи Philips TUV 15W/G15 T8 G13

Параметр	Значення
Тип лампи	Бактерицидна ртутна лампа низького тиску
Цоколь	G13
Тип колби	T8
Номінальна потужність	15 Вт
Бактерицидна потужність (УФ-С)	4,9 Вт
Довжина хвилі випромінювання	253,7 нм
Напруга лампи	55 В
Струм лампи	0,31 А
Довжина лампи	438 мм
Діаметр колби	26 мм
Термін служби	до 9000 годин
Вміст ртуті	близько 2 мг
Матеріал колби	УФ-прозоре кварцове скло
Основне призначення	Знезараження повітря, води та поверхонь
Максимум бактерицидної ефективності	253,7 нм

Для живлення лампи Philips TUV 15W/G15 T8 було обрано електронний пускорегулювальний апарат Philips HF-P 1 15 TL-D, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 3.6 [18].



Рисунок 3.6 – Електронний пускорегулювальний апарат Philips HF-P 1 15 TL-D

Даний пристрій призначений для роботи з однією люмінесцентною або бактерицидною лампою типу T8 потужністю 15 Вт. Баласт забезпечує живлення від мережі змінного струму напругою 220–240 В та реалізує програмований запуск лампи з попереднім підігрівом електродів. Високий коефіцієнт потужності, низький рівень втрат енергії та тривалий ресурс роботи роблять його оптимальним рішенням для використання у складі комп'ютеризованої системи керування бактерицидним рекуператором.

Основні технічні характеристики обраного ЕПРА наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики електронного пускорегулювального апарата Philips HF-P 1 15

Параметр	Значення
Найменування	Philips HF-P 1 15 TL-D
Тип пристрою	Електронний пускорегулювальний апарат (ЕПРА)
Виробник	Philips
Призначення	Для люмінесцентних та бактерицидних ламп T8
Кількість ламп	1
Номінальна потужність лампи	15 Вт

Параметр	Значення
Тип лампи	TL-D (T8), G13
Напруга живлення	220–240 В
Частота мережі	50/60 Гц
Споживана потужність	16 Вт
Коефіцієнт потужності	$\geq 0,95$
Струм мережі	0,08 А
Тип запуску	Програмований запуск з підігрівом електродів
Час запуску лампи	менше 1 с
Робоча температура навколишнього середовища	від -10 °С до +50 °С
ККД	понад 90 %
Захист від несправної лампи	Наявний
Захист від короткого замикання	Наявний
Термін служби	до 50 000 годин
Габаритні розміри	280 × 30 × 21 мм
Маса	близько 180 г

Наступним етапом була збірка схеми на макетній платі для її коректної налагодження. Спершу були протестовані окремі елементи для перевірки їх коректної роботи (рис. 3.7).

Після завершення монтажу та налагодження системи було проведено експериментальну перевірку роботи бактерицидного рекуператора (рис.3.8). Під час випробувань контролювалася коректність зчитування даних із датчиків температури та вологості, перемикання режимів припливу і витяжки відповідно до температури теплообмінника, а також робота системи знезараження повітря.

У процесі тестування було встановлено, що система коректно здійснює керування припливним та витяжним вентиляторами, забезпечує циклічне накопичення та передачу теплової енергії через теплообмінник, а також автоматично керує роботою бактерицидної лампи. OLED-дисплей забезпечує

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відображення основних параметрів роботи пристрою, а система обліку напруцювання лампи дозволяє контролювати її ресурс та своєчасно виконувати заміну.

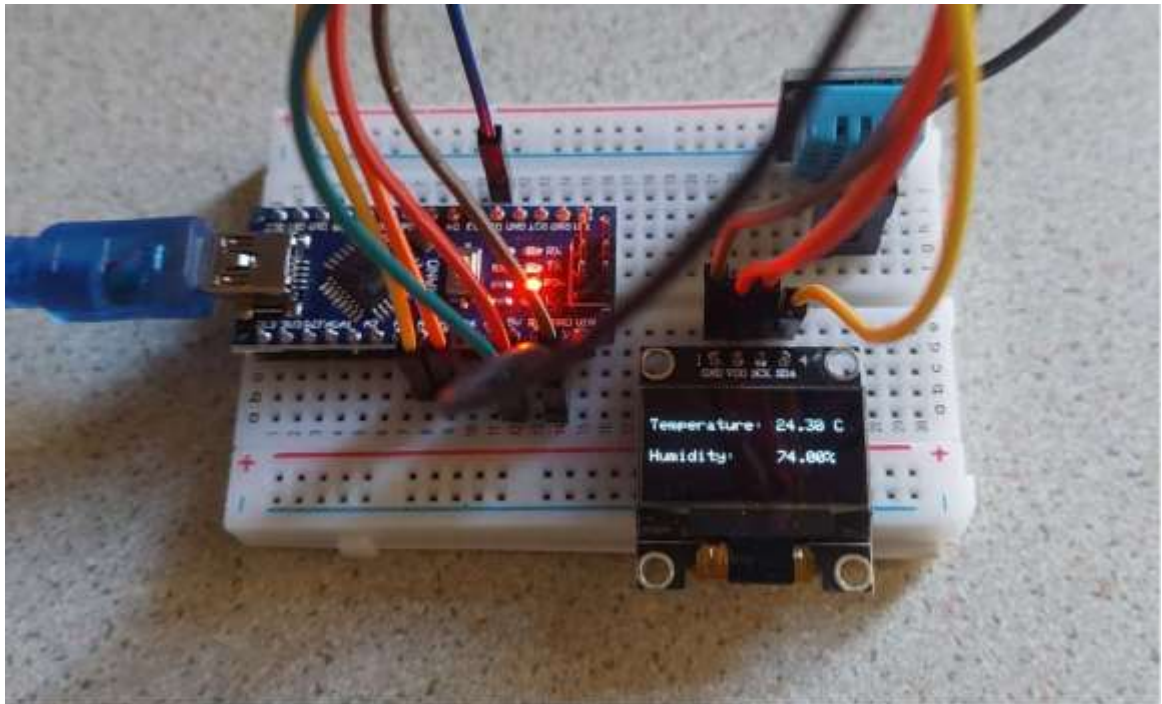


Рисунок 3.7 – Приклад роботи датчика температури і вологості

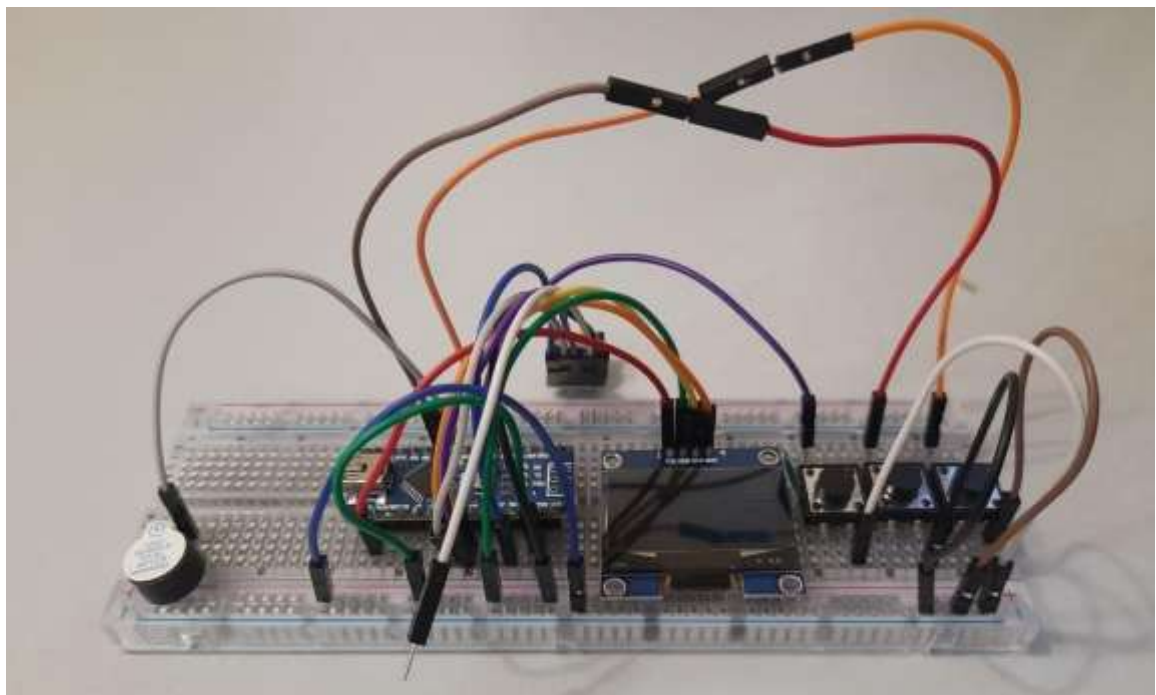


Рисунок 3.8 – Зібрана система керування на макетній платі

За підсумками схеми включення було проведено тестування, у якому перевірялася робота оптопари яка здійснює увімкнення живлення вентиляторів і лампи. На рис. 3.9 зображено макетну плату з встановленими в ній компонентами керування пуском ультрафіолетової лампи.

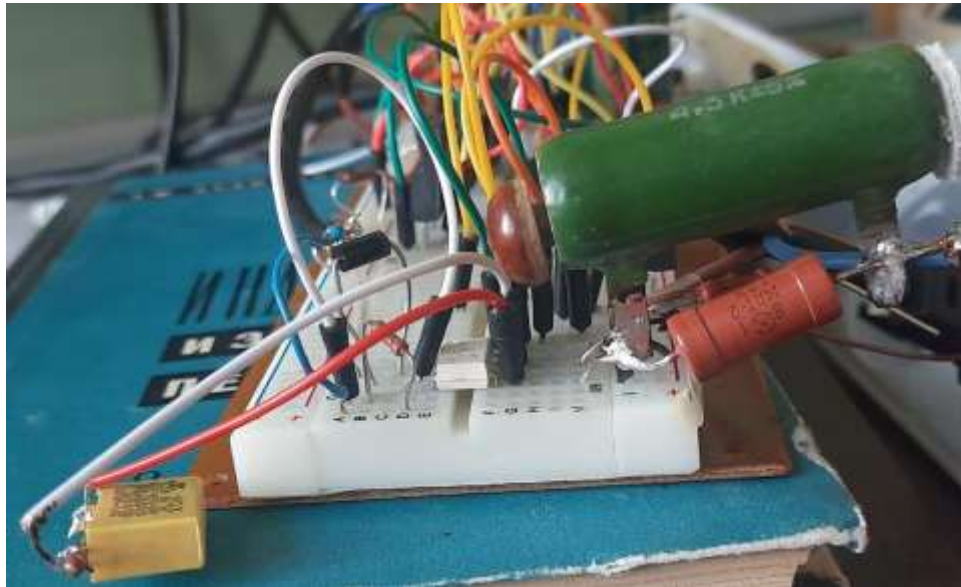


Рисунок 3.9 – Макетна плата із встановленими компонентами керування пуском ультрафіолетової лампи

У процесі налагодження було перевірено коректність роботи всіх функціональних вузлів системи, зокрема зчитування показів датчиків температури та вологості, відображення інформації на OLED-дисплеї, роботу годинника реального часу DS3231, керування вентиляторами та бактерицидною лампою. Результати тестування підтвердили правильність роботи розробленого програмного забезпечення та відповідність фактичної роботи пристрою закладеному алгоритму керування.

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Надзвичайні ситуації екологічного характеру

Надзвичайні ситуації екологічного характеру належать до одних із найбільш небезпечних видів надзвичайних ситуацій, оскільки їх наслідки можуть впливати не лише на окремі об'єкти чи території, але й на значні регіони протягом тривалого часу. Вони виникають у результаті природних процесів або діяльності людини та супроводжуються суттєвим погіршенням стану навколишнього природного середовища. До таких ситуацій належать забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів, аварії на промислових підприємствах із викидом небезпечних речовин, масштабні пожежі, руйнування очисних споруд, біологічне забруднення територій та інші події, які можуть негативно впливати на здоров'я населення та екосистеми [19].

Однією з найактуальніших екологічних проблем сучасності є погіршення якості атмосферного повітря. Основними джерелами забруднення є промислові підприємства, транспортні засоби, теплоелектростанції, котельні установки та наслідки воєнних дій. В атмосферу потрапляють пилові частинки, оксиди азоту, оксиди сірки, чадний газ, леткі органічні сполуки та інші шкідливі речовини. Крім хімічних забруднювачів, небезпеку становлять біологічні аерозолі, які можуть містити бактерії, віруси, грибки та алергени. У закритих приміщеннях концентрація таких забруднювачів часто перевищує показники зовнішнього середовища через недостатній повітрообмін та велику кількість людей. Особливої актуальності питання якості повітря набули після поширення гострих респіраторних захворювань та пандемії COVID-19.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Іванечко П. Ю.</i>			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Жаровський Р.</i>					52	5
<i>Консульт.</i>		<i>Сенчишин В</i>				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

У межах даної кваліфікаційної роботи розглядається комп'ютерна система керування бактерицидним рекуператором, яка призначена для покращення якості повітря та підвищення рівня екологічної безпеки приміщень. Робота системи базується на поєднанні процесів вентиляції, рекуперації теплової енергії та ультрафіолетового знезараження повітря. Завдяки цьому забезпечується надходження свіжого повітря до приміщення, видалення забрудненого повітря та одночасне зниження концентрації патогенних мікроорганізмів.

Значну роль у забезпеченні екологічної безпеки відіграє рекуперація тепла. Традиційні вентиляційні системи видаляють нагріте повітря з приміщення без використання його теплової енергії, що призводить до додаткових витрат на опалення. У рекуператорі тепло витяжного повітря передається припливному через теплообмінник, що дозволяє зменшити енергетичні втрати. Зниження споживання енергії сприяє скороченню навантаження на енергетичну систему та зменшенню непрямих викидів забруднюючих речовин і парникових газів у навколишнє середовище.

Для знезараження повітря у системі використовуються бактерицидні лампи ультрафіолетового діапазону УФ-С. Випромінювання з довжиною хвилі близько 254 нм є найбільш ефективним для руйнування структури ДНК та РНК мікроорганізмів. Під впливом такого випромінювання бактерії, віруси та грибки втрачають здатність до розмноження, що суттєво знижує ризик поширення інфекційних захворювань. Використання ультрафіолетового знезараження дозволяє уникнути застосування хімічних дезінфекційних засобів, які можуть утворювати небезпечні побічні продукти та негативно впливати на навколишнє середовище.

Важливим аспектом екологічної безпеки є правильна експлуатація бактерицидних ламп. Незважаючи на високу ефективність УФ-С випромінювання, пошкодження лампи може призвести до потрапляння незначної кількості ртуті в навколишнє середовище. Саме тому лампи повинні розміщуватися всередині захищеного корпусу, який виключає можливість їх

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механічного пошкодження під час роботи. Після завершення терміну експлуатації відпрацьовані лампи необхідно передавати на спеціалізовані підприємства для утилізації відповідно до екологічних норм і вимог чинного законодавства.

Ще одним важливим фактором є автоматизація роботи системи. Завдяки використанню мікроконтролерної системи керування забезпечується робота бактерицидного рекуператора відповідно до заданих режимів, що дозволяє раціонально використовувати електроенергію та ресурс ультрафіолетових ламп. Автоматичне керування зменшує ймовірність помилок користувача та підвищує загальну ефективність функціонування системи.

Таким чином, надзвичайні ситуації екологічного характеру можуть становити серйозну загрозу для здоров'я населення та стану навколишнього середовища. Одним із ефективних шляхів зменшення негативного впливу таких факторів є використання сучасних вентиляційних систем із функціями рекуперації тепла та знезараження повітря. Розроблювана комп'ютерна система керування бактерицидним рекуператором дозволяє підвищити якість повітряного середовища, зменшити ризик поширення патогенних мікроорганізмів та забезпечити більш раціональне використання енергетичних ресурсів, що позитивно впливає як на безпеку людини, так і на екологічний стан довкілля [20].

4.2 Організація безпечної роботи електроустановок

Безпечна робота електроустановок є одним із найважливіших аспектів охорони праці під час проектування, монтажу та експлуатації комп'ютерної системи керування бактерицидним рекуператором. Недотримання вимог електробезпеки може призвести до ураження електричним струмом, пошкодження обладнання, виникнення пожежі або виходу системи з ладу. Особливо актуальним це питання є для розроблюваного пристрою, оскільки

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

його конструкція містить як низьковольтні електронні компоненти, так і обладнання, що працює від мережі змінного струму напругою 220 В.

До складу бактерицидного рекуператора входять мікроконтролерна система керування, модуль годинника реального часу, OLED-дисплей, вентилятори, ультрафіолетова бактерицидна лампа та електронний пускорегулювальний апарат. При цьому мікроконтролер та допоміжні модулі працюють від безпечної низької напруги, а живлення ультрафіолетової лампи та електронного баласта здійснюється від мережі 220 В. Наявність у пристрої мережевих кіл вимагає впровадження комплексу технічних заходів щодо забезпечення електробезпеки.

Однією з основних вимог є правильне виконання електричного монтажу. Усі провідники повинні мати надійну ізоляцію, а їх переріз має відповідати струмовим навантаженням. Мережеві кола та кола низької напруги необхідно розділяти між собою для виключення можливості потрапляння небезпечної напруги на елементи керування. Для комутації ультрафіолетової лампи доцільно використовувати оптоелектронну розв'язку, яка забезпечує гальванічне відокремлення мікроконтролерної частини від мережі змінного струму.

Важливим елементом забезпечення безпечної роботи є використання захисного заземлення. У разі пошкодження ізоляції та появи напруги на металевих елементах корпусу заземлення забезпечує відведення струму та спрацьовування захисних пристроїв. Для додаткового захисту рекомендується використовувати автоматичні вимикачі та пристрої захисного вимкнення, які відключають живлення при виникненні струму витоку або короткого замикання [21].

Особливу увагу слід приділяти електронному пускорегулювальному апарату бактерицидної лампи. Під час роботи ЕПРА знаходиться під мережевою напругою, тому його необхідно розміщувати всередині ізольованого корпусу з обмеженим доступом користувача. Монтаж та заміну лампи слід виконувати лише після повного відключення пристрою від

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромережі. Під час технічного обслуговування необхідно перевіряти стан ізоляції провідників, надійність контактних з'єднань та відсутність механічних пошкоджень елементів системи.

Для безпечної експлуатації бактерицидного рекуператора важливим є також навчання персоналу правилам електробезпеки. Особи, які виконують монтаж, налагодження або ремонт обладнання, повинні знати вимоги Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, порядок відключення живлення, правила роботи з електрообладнанням та способи надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

Під час проведення монтажних або ремонтних робіт необхідно використовувати відповідні засоби індивідуального захисту. До них належать діелектричні рукавиці, інструмент з ізольованими ручками та засоби контролю відсутності напруги. Застосування таких засобів дозволяє значно знизити ризик травмування персоналу.

Окремим аспектом безпеки є забезпечення належного теплового режиму роботи електрообладнання. Тривала робота вентиляторів, електронного баласта та інших компонентів може супроводжуватися нагріванням елементів конструкції. Тому корпус бактерицидного рекуператора повинен забезпечувати достатнє охолодження електронних компонентів та виключати можливість перегрівання провідників і комутаційних елементів.

Таким чином, організація безпечної роботи електроустановок у складі комп'ютерної системи керування бактерицидним рекуператором передбачає правильний електричний монтаж, використання захисного заземлення, застосування сучасних засобів захисту від аварійних режимів, дотримання правил експлуатації електрообладнання та регулярний контроль його технічного стану. Реалізація зазначених заходів дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію пристрою, підвищити його надійність та запобігти виникненню аварійних ситуацій [22].

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне завдання розроблення комп'ютерної системи керування бактерицидним рекуператором. Система призначена для забезпечення енергоефективної вентиляції та знезараження повітря в закритих приміщеннях. Актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення санітарно-епідеміологічної безпеки приміщень та зменшення теплових втрат під час організації повітрообміну.

У ході виконання роботи проведено аналіз існуючих систем рекуперації та знезараження повітря, визначено їх переваги та недоліки. Встановлено, що більшість наявних рішень реалізують або функцію рекуперації тепла, або функцію бактерицидної обробки повітря, тоді як їх поєднання переважно характерне для дорогих промислових установок.

На основі проведеного аналізу розроблено структуру бактерицидного рекуператора. Для реалізації системи обґрунтовано вибір мікроконтролера Arduino Nano, датчиків DHT22 та DS18B20, OLED-дисплея SSD1306, модуля годинника реального часу DS3231, силових модулів керування та бактерицидної лампи Philips TUV 15W/G15 T8.

У роботі розроблено електричну принципову схему пристрою, яка забезпечує підключення вимірювальних модулів, засобів індикації та виконавчих механізмів. Для керування бактерицидною лампою використано оптосимістор MOC3061 та симістор, що забезпечують гальванічну розв'язку між низьковольтною частиною системи та мережею змінного струму 230 В. Для керування вентиляторами застосовано MOSFET-модулі IRF520.

Розроблено програмне забезпечення мікроконтролера, яке реалізує автоматичне перемикання режимів припливу та витяжки повітря відповідно до температурного стану теплообмінника, керування бактерицидною лампою, відображення інформації на OLED-дисплеї, контроль справності датчиків та облік напрацювання ультрафіолетової лампи із використанням енергонезалежної пам'яті EEPROM.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконано моделювання роботи системи, що дозволило перевірити правильність підключення компонентів та відсутність конфліктів між використовуваними ресурсами мікроконтролера. Результати випробувань підтвердили працездатність розробленого пристрою, коректність роботи датчиків, системи індикації, алгоритмів керування вентиляторами та бактерицидною лампою.

Практичним результатом роботи є створення комп'ютеризованої системи керування бактерицидним рекуператором, яка забезпечує автоматичне знезараження припливного повітря, рекуперацію теплової енергії та моніторинг основних параметрів функціонування пристрою. Розроблена система може бути використана у житлових, офісних, освітніх та інших приміщеннях, де існує потреба у забезпеченні якісного повітрообміну та підвищенні санітарно-гігієнічної безпеки.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						58
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.

2. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірвальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

3. Atmel Corporation. ATmega328P Datasheet. 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash. Microchip Technology Inc., 2023. 660 p.

4. Демчан Н.І, Жаровський Р.О. Методи та програмно апаратні засоби контролю за вирощування рослин з врахуванням евапотранспірації. Матеріали XIV міжнародної науково-технічної конференції молодих учнів та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (11-12 грудня 2025 року). Тернопіль: ТНТУ. 2025. 254-255 с.

5. Жаровський Р., Цірка І. Архітектура системи збору, передачі та зберігання даних водоспоживання у багатоквартирних будинках. Актуальні задачі сучасних технологій: матеріали XIII наук.-техн. конф.— ТНТУ ім. І.Пулюя (11-12 грудня 2024). Тернопіль, 2024. 45 с.

6. Ключко Д., Лецишин Ю. З., Жаровський Р. О. Комп'ютерна система моніторингу сейсмічної активності земної кори. Інформаційні моделі, системи та технології : матеріали XII наук.-техн. конф. (Тернопіль, 18–19 груд. 2024 р.). — Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 131.

7. Марценюк І.В. Паламар А. М., Жаровський Р. О., Комп'ютеризована система виявлення небезпечних концентрацій метану на основі сенсорних мереж Інформаційні моделі, системи та технології : матеріали XII наук.-техн. конф. (Тернопіль, 18–19 груд. 2024 р.). — Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 494.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Паламар А. М., Жаровський Р. О., Гарбич Ю. С. Система моніторингу атмосферного тиску за допомогою IoT-технологій. Інформаційні моделі, системи та технології : матеріали XII наук.-техн. конф. (Тернопіль, 18–19 груд. 2024 р.). — Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 115.

9. Datasheet DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. Maxim Integrated Products, Inc. 2021. 27 p.

10. Datasheet DHT22 (AM2302) Digital Temperature and Humidity Sensor. Aosong Electronics Co., Ltd. 2022. 10 p.

11. Datasheet SSD1306 128×64 Dot Matrix OLED/PLED Segment/Common Driver. Solomon Systech Limited. 2021. 59 p.

12. Datasheet DS3231 Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal. Maxim Integrated Products, Inc. 2021. 22 p.

13. Datasheet MOC3061 Zero-Cross Optoisolator Triac Driver Output. ON Semiconductor. 2021. 11 p.

14. Datasheet BT136 Series Triacs. NXP Semiconductors. 2020. 13 p.

15. Слюз І., Жаровський Р. Критерії ефективності тестування комп'ютерної інформаційної системи. Матеріали XI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 174

16. Слюз І., Жаровський Р. Принципи та основні етапи комплексного тестування комп'ютерної інформаційної системи. Матеріали X науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі системи та технології» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 93.

17. Philips Lighting. TUV TL-D 15W T8 Germicidal Lamp. Technical Specification. Eindhoven : Philips Lighting, 2023. 4 p.

18. Philips Lighting. HF-P 1 15 TL-D Electronic Ballast. Product Data Sheet. Eindhoven : Philips Lighting, 2023. 6 p.

19. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Київ, 2012. 376 с.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Запорожець О.І., Бойченко С.В., Матвеева О.Л. Екологічна безпека : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 456 с.

21. Міністерство енергетики України. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ : Міненерго України, 2023. 308 с.

22. ДСТУ EN 61140:2022. Захист від ураження електричним струмом. Загальні положення щодо безпеки установок і обладнання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 54 с.

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ БАКТЕРИЦИДНИМ
РЕКУПЕРАТОРОМ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н., доц. Жаровський Р.О.

“ 2 ” лютого 2026 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-41

_____ Іванечко П. Ю.

“ 2 ” лютого 2026 р..

Тернопіль 2026

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерна система керування бактерицидним рекуператором».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.265.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІс-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Іванечко П. Ю.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету №4/9-189 від 24.04.2026 р.

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 26.01.2026 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 21.06.2026 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи – наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Проектована комп'ютерна система призначена для автоматизованого керування бактерицидним рекуператором повітря з метою забезпечення ефективної вентиляції приміщень, зниження теплових втрат та знезараження припливного повітря. Система повинна забезпечувати підтримання комфортних умов мікроклімату в приміщенні шляхом організації контрольованого повітрообміну з одночасним використанням теплової енергії витяжного повітря.

Система повинна бути реалізована як мікроконтролерний комплекс, що поєднує засоби вимірювання температури та вологості повітря, модулі керування виконавчими пристроями, засоби відображення інформації та алгоритми автоматичного прийняття рішень. Основою системи є мікроконтролер Arduino Nano, який виконує збір та обробку інформації від датчиків, а також формує керуючі сигнали для вентиляторів і бактерицидної лампи.

Основним завданням системи є забезпечення циклічної роботи припливного та витяжного каналів рекуператора відповідно до температурного стану теплообмінника. Для цього система повинна

здійснювати контроль температури зовнішнього повітря, параметрів повітря всередині приміщення та температури теплообмінника. На основі отриманих даних виконується автоматичне перемикання між режимами припливу та витяжки, що забезпечує накопичення та передачу теплової енергії між повітряними потоками.

2.2 Мета створення системи

Метою створення комп'ютерної системи керування бактерицидним рекуператором є підвищення енергоефективності вентиляції приміщень та покращення якості повітряного середовища шляхом автоматизації процесів рекуперації теплової енергії і знезараження припливного повітря.

2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом автоматизації є бактерицидний рекуператор повітря, який поєднує функції припливно-витяжної вентиляції, рекуперації тепла та ультрафіолетового знезараження повітря.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Система повинна забезпечувати безперервний контроль параметрів повітря та автоматичне керування режимами роботи рекуператора.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

До складу системи повинні входити:

- мікроконтролер;
- датчики температури;

- модуль DS3231;
- OLED-дисплей;
- кнопки керування;
- звуковий сигналізатор;
- силові модулі;
- модуль керування бактерицидною лампою;
- блок живлення 12 В;
- понижувальний перетворювач 5 В.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Обмін інформацією між компонентами системи повинен здійснюватися через цифрові інтерфейси мікроконтролера. Для передачі даних повинні використовуватись:

- шина I²C для дисплея;
- інтерфейс OneWire;
- цифрові входи;
- цифрові виходи для керування.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Система повинна підтримувати такі режими:

- режим припливу;
- режим витяжки;
- автоматичний режим;
- режим налаштування;
- аварійний режим.

В аварійному режимі система повинна вимикати всі компоненти.

3.1.4 Вимоги по діагностуванню системи

Для діагностування системи використовуються інструменти діагностування основних процесів системи, які вмонтовані в операційну

систему і програмне забезпечення, а також засоби для діагностики апаратного забезпечення.

Система повинна контролювати:

- справність датчиків;
- роботу дисплея;
- роботу модуля DS3231;
- працездатність виконавчих пристроїв;
- коректність показників температури та вологості.

У разі виникнення несправності система повинна повідомляти користувача за допомогою дисплея та звукової сигналізації.

3.1.5 Перспективи розвитку, проектування системи

Передбачається можливість:

- підключення Wi-Fi модуля;
- дистанційного моніторингу через мережу Інтернет;
- додавання датчиків якості повітря;
- інтеграції із системами «Розумний будинок»;
- автоматичного регулювання продуктивності вентиляторів..

3.2 Показники призначення

Система повинна передбачати можливість масштабування. Можливості масштабування повинні забезпечуватися засобами використовуваного базового програмного і технічного забезпечення.

Система повинна забезпечувати:

- підтримання температури 15...25 °С;
- точність стабілізації температури не гірше ± 2 °С;
- автоматичне регулювання температури;
- час виходу на робочий режим не більше 15 хв;
- безперервний режим роботи.

3.2.1 Вимоги до надійності

Система повинна забезпечувати працездатність:

- при тривалій безперервній роботі;
- при короткочасних змінах напруги живлення;
- при зміні температури навколишнього середовища.

Для захисту елементів системи повинні використовуватись:

- запобіжники;
- захисні діоди;
- система аварійного вимкнення нагрівача.

Для захисту апаратури від стрибків напруги і комутаційних завад повинні застосовуватися мережні фільтри.

3.3 Вимоги до безпеки

Зовнішні елементи технічних засобів системи, що перебувають під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику, а самі технічні засоби мати занулення або захисне заземлення .

Система електроживлення повинна забезпечувати захисне вимикання при перевантаженнях і коротких замиканнях в колах навантаження, а також аварійне ручне вимикання.

Загальні вимоги пожежної безпеки повинні відповідати нормам на побутове електрообладнання. У разі пожежі не мають виділятися отруйні гази і дим. Після зняття електроживлення має бути доступне застосування будь-яких засобів пожежогасіння.

3.3.1 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання компонентів системи

Мікроклімат в приміщеннях повинен відповідати нормам виробничого мікроклімату по ДСН 3.3.6.042-99:

- температуру повітря в межах від +10°C до +35°C;
- відносну вологість повітря при 25°C в межах від 30% до 80%;
- атмосферний тиск 760 ± 25 мм рт. ст.

Періодичне технічне обслуговування використовуваних технічних засобів має проводитися відповідно до вимог технічної документації, але не рідше ніж один раз на рік.

Періодичне технічне обслуговування і тестування технічних засобів повинні включати обслуговування і тестування всіх використовуваних засобів, датчики, контролери, системи передачі даних, пристрої безперебійного живлення.

На підставі результатів тестування технічних засобів повинні проводитися аналіз причин виникнення виявлених дефектів і прийматися заходи по їх ліквідації.

3.4 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Система повинна забезпечувати захист від несанкціонованого доступу на рівні не нижче встановленого вимогами, що пред'являються до категорії 1Д по класифікації документа, що діє, “Автоматизовані системи. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Класифікація автоматизованих систем”.

3.4.1 Вимоги по стандартизації і уніфікації

Система повинна відповідати вимогам ергономіки і зручності користування за умови комплектування високоякісним обладнанням (ЕОМ, монітор і інше обладнання), що має необхідні сертифікати відповідності і безпеки.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 - а) Структурна схема.
 - б) Блок схема роботи комп'ютеризованої системи.
 - в) Схема електрична принципова.
 - г) Реалізація чи модель роботи системи.

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка технічного завдання	26.01 – 02.02
2	Робота над першим розділом «Аналіз технічного завдання»	03.02 – 15.02
3	Робота над другим розділом «Проектна частинв»	20.04 – 25.04
4	Робота над третім розділом «Практична частина»	26.04 – 05.05
5	Робота над четвертим розділом «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»	07.05 – 25.05
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	26.05 – 7.06
7	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	8.06 – 14.06
8	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	15.06 – 21.06
9	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	27.06

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б
Перелік елементів

Позн.	Найменування	К-ть	Примітка
	<u>Мікронтролер</u>		
D1	Arduino Nano (Rev3.0)	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1,	K50-35-400-0,5 мкФ	1	
C2	K50-35-400-0,1 мкФ	1	
	<u>Модулі</u>		
D2	Adafruit DS3231	1	
D3	OLED 128x64 1.3 inch	1	
MF1, MF2	IFR520 MOS module	2	
	<u>Датчики</u>		
DHT3, DHT4	DHT22	2	
DS2	DS18B20	1	
	<u>Резистори</u>		
R1, R5	FMP100JR-52-220	2	220 Ом
R2	FMP100JR-52-330	1	330 Ом
R3	FMP100JR-52-360	1	360 Ом
R4	FMP100JR-52-470	1	470 Ом
R6-R8	RS P4.7 kΩ MF 0.4W 0.25%	3	4,7 кОм
МОС1	МОС3043	1	
U1	BT136	1	симістор

					КС КРБ 123.265.00.00 ПЕ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютерна система керування бактерицидним рекуператором Перелік елементів					
Розроб.		Іванечко П. Ю.						Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Жаровський Р.							1	2
Реценз.		Литвиненко						ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
Н. Контр.		Тиш Є.В.								
Затверд.		Осухівська Г.М.								

