

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Юрій, КИРИЧУК
«__» _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані
системи та технології в приладобудуванні»**

**зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»**

**на тему: «Автоматизована система керування якістю повітря в
офісному приміщенні»**

Виконав:

студент II курсу, групи ПМ-21мп
Мазур Олександр Олександрович _____

Науковий керівник:

професор кафедри автоматизації та систем
неруйнівного контролю. д.т.н., проф.
Черепанська Ірина Юріївна _____

Консультант з розробки стартап-проєкту:

завідувач кафедри економічної кібернетики, д.е.н., проф.
Бояринова Катерина Олександрівна _____

Рецензент:

к.т.н., доцент
Синиця Валентин Іванович _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент Мазур О.О.

Київ - 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 151 «Автоматизації та комп'ютерно інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____Юрій, КИРИЧУК

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Мазур Олександр Олександрович

1. Тема дисертації «Автоматизована система керування якістю повітря в офісному приміщенні», науковий керівник дисертації Черепанська Ірина Юріївна, д.т.н., проф., затверджені наказом по університету від «08» листопада 2023р. № 5188-с
2. Термін подання студентом дисертації 15.01.24
3. Об'єкт дослідження є процес керування якістю повітря в офісному приміщенні з урахуванням вимог санітарних норм та правил
4. Вихідні дані
5. Перелік завдань, які потрібно розробити вступ до сфери, практична цінність та призначення системи; розгляд основних вимог до якості повітря в офісному приміщенні, класифікація типів офісних приміщень. Визначення негативних факторів які впливають на якість та їх різновиди. Опис концепції автоматизованого керування якістю повітря; аналіз методів вимірювання параметрів параметрів якості повітря. Забезпечення виконання вимірювання; розробка структурної схеми системи керування якістю повітря в офісному приміщенні; розробка функціональної схеми системи керування якістю повітря в офісному приміщенні; розробка алгоритму роботи автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні; розробка стартап-проєкту на основі розробленої автоматизованої системи керування. Висновки.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу формат А1 - автоматизована система керування якістю повітря в офісному приміщенні. Схема структурна - 1 арк; формат А1 - функціональна схема АСКЯП в офісному приміщенні - 1 арк; формат А1 - Блок схема алгоритму роботи АСКЯП в офісному приміщенні 1 арк

7. Орієнтовний перелік публікацій:

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Бояринова К.О., д.е.н., професор		

9. Дата видачі завдання 15.09.23

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літератури за темою	20.09.23	
2	Розгляд основних вимог до якості повітря в офісному приміщенні та класифікація типів. Принципи контролю та керування	30.09.23	
3	Розробка структурної схеми системи	10.10.23	
4	Розробка функціональної схеми системи	25.10.23	
5	Розробка блок-схеми алгоритму роботи системи	10.11.23	
6	Розділ №5 Розробка стартап-проекту.	25.11.23	
7	Оформлення текстової та графічної частини	01.12.23	
8	Передача матеріалів МД на перевірку науковому керівнику	08.01.24	
9	Передача матеріалів МД на перевірку виявлення збігів/схожості	09.01.24	
10	Представити МД на рецензію	11.01.24	
11	Розробка презентації та узгодження її з керівником МД	12.01.24	
12	Подання оригіналів документів до захисту	16.01.24	
13	Представити МД на затвердження зав. кафедри	16.01.24	
14	Представити МД до екзаменаційної комісії	19.01.24	

Студент

Олександр, МАЗУР

Науковий керівник

Ірина, ЧЕРЕПАНСЬКА

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу, основної частини з шести розділів, висновків та списку використаної літератури. Дисертації містить 88 сторінок, 26 рисунків, 25 таблиць та 11 посилань.

Мета і задачі магістерської дисертації. Метою дисертації є розробка автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні.

Задачі магістерської дисертації включають:

- вступ до сфери, практична цінність та призначення системи;
- розгляд основних вимог до якості повітря в офісному приміщенні, класифікація типів офісних приміщень. Визначення негативних факторів які впливають на якість та їх різновиди. Опис концепції автоматизованого керування якістю повітря;
- аналіз методів вимірювання параметрів параметрів якості повітря. Забезпечення виконання вимірювання;
- розробка структурної схеми системи керування якістю повітря в офісному приміщенні;
- розробка функціональної схеми системи керування якістю повітря в офісному приміщенні;
- розробка алгоритму роботи автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні;
- розробка стартап-проєкту на основі розробленої автоматизованої системи керування.

Об'єктом дослідження є процесу керування якістю повітря в офісному приміщенні з використанням автоматизованої системи керування.

Предметом дослідження є автоматизована система керування якістю повітря в офісному приміщенні.

Практичне значення результатів:

- розроблено структурну схему автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні;
- розроблено функціональну схему зроблено алгоритм роботи та побудовано блок-схему алгоритму роботи АСКЯПОП;

Ключові слова: автоматизована система керування, якість повітря в приміщенні, автоматизація вимірювання, контроль якості повітря.

ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, the main part of six chapters, conclusions and a list of used literature. The thesis contains 88 pages, 26 figures, 25 tables and 11 references.

The purpose and tasks of the master's thesis. The aim of the dissertation is the development of an automated air quality control system in an office space.

Master's thesis tasks include:

- introduction to the field, practical value and purpose of the system;
- consideration of the main requirements for air quality in the office premises, classification of types of office premises. Determination of negative factors affecting quality and their types. Description of the concept of automated air quality management;
- analysis of methods of measuring parameters of air quality parameters. Ensuring performance of measurement;
- development of a structural diagram of the air quality control system in the office premises;
- development of a functional scheme of the air quality control system in the office premises;
- development of the algorithm of the automated air quality management system in the office premises;
- development of a startup project based on the developed automated management system.

The object of the study is the process of air quality control in an office space using an automated control system.

The subject of research is an automated air quality control system in an office space.

Practical significance of the results:

- a structural diagram of the automated air quality management system in the office premises (AAQMSiOP) was developed;
- the functional scheme was developed, the work algorithm was made, and the block diagram of the AAQMSiOP work algorithm was built;

Keywords: automated control system, indoor air quality, measurement automation, air quality control.

ЗМІСТ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ. РОЗГЛЯД ВПЛИВУ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ. РОЗГЛЯД КОНЦЕПЦІЇ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ.....	13
1.1. Питання контролю та основних санітарних вимог для офісних приміщень. Класифікація офісних приміщень.....	13
1.2. Різновиди негативних факторів, що призводять до погіршення якості повітря.....	16
1.3. Іонізація та її вплив на здоров'я і працездатність людей. Природна та штучна іонізація.....	17
1.4. Електромагнітні поля у приміщенні зі скупченням електронних приладів.....	20
1.5. Принципи та системи контролю якості повітря в приміщенні.....	22
1.6. Огляд існуючих рішень реалізації систем автоматизованого контролю якості повітря в приміщенні.....	23
1.7. Мета та завдання магістерської дисертації.....	28
1.8. Висновки до розділу 1.....	29
2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАННЯ.....	30
2.1. Поширені методи аналізу речовинного складу повітря.....	30
2.2. Методи вимірювання пилу в повітрі.....	31
2.3. Вимірювання параметру вологості повітря.....	32
2.4. Вимірювання параметра температури.....	34
2.5. Висновки до розділу 2.....	36
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ. ОГЛЯД КОМПЛЕКТУЮЧИХ.....	37

3.1. Опис структурної схеми автоматизації керування якістю повітря в офісному приміщенні.....	37
3.2. Висновки до розділу 3.....	42
4. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ	
В ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ.....	43
4.1. Опис функціональної схеми системи.....	43
4.2. Огляд та вибір засобів вимірювання параметрів.....	45
4.2.1. Огляд датчиків вологості та температури.....	45
4.2.2. Огляд датчиків пилу.....	50
4.2.3. Огляд газоаналізаторів.....	52
4.3. Висновки до розділу 4.....	57
5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ	
В ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ.....	58
5.1. Алгоритм налаштування системи.....	58
5.2. Алгоритм процесів вимірювання параметрів.....	59
5.3. Висновки до розділу 5.....	66
6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ «СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ В ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ».....	
6.1. Опис ідеї проекту.....	67
6.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	70
6.3. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	77
6.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	81
6.5. Висновки до розділу 6.....	85
ВИСНОВКИ.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	87
ДОДАТКИ	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

- КПО - коефіцієнт природної освітленості;
- ПК - персональний комп'ютер;
- Лк - люкс, одиниця вимірювання освітленості;
- дБА - децибел, одиниця вимірювання гучності;
- ЕМП - електромагнітне поле;
- ВС - вимірювальна система;
- ЗВ - засіб вимірювання;
- МПТШ - міжнародна практична температурна шкала;
- ТТ - термометричне тіло;
- ρ_p - масова концентрація пилу;
- ВООЗ - всесвітня організація охорони здоров'я;
- РМ - рівень концентрації твердих частинок;
- ppm - частинок/мільйон, одиниця вимірювання концентрації;
- Вт - ват, одиниця вимірювання потужності;
- В - вольт, одиниця вимірювання напруги;
- А - ампер, одиниця вимірювання струму;
- мкм - мікрометр, одиниця вимірювання довжини;

ВСТУП

Актуальність теми полягає у тому, що якість повітря в офісному приміщенні займає один з ключових аспектів забезпечення комфорту для працівників, що безпосередньо впливає на їх продуктивність праці та здоров'я. Тому розробки у сфері автоматизації контролю якості повітря в приміщенні, зокрема в офісному, є дуже актуальним на сьогоднішній час.

Перед технічними спеціалістами стоїть задача реалізувати автоматизовану систему, яка на основі алгоритму матиме змогу вимірювати в реальному часі поточні параметри, які визначають якість повітря та на основі даних про оптимальні значення виконувати відповідні дії.

Автоматизовані системи контролю мають надзвичайну важливість і призначені для покращення умов праці, але окрім цього вони також призначені для того, щоб забезпечити оптимальний режим енергоспоживання та продуктивності.

Впровадження автоматизованих систем контролю якості повітря допоможе вирішити низку проблем, які виникають повсякденно. Одна з найбільших проблем це саме процес контролю безпосередньо людиною. Людина здатна забувати про необхідність контролювати ці параметри, а також це може відволікати від роботи, також іноді ручна підтримка параметрів якості може бути недостатньою та не забезпечувати необхідний рівень. Тому впровадження автоматизованого процесу контролю усуне дану проблему.

Метою роботи є розробка сучасної автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні з урахуванням санітарних вимог та правил.

Для досягання поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- 1) визначити різновиди офісних приміщень та їх особливості а також вимоги яким повинно відповідати повітря в офісних приміщеннях, дослідити та описати фактори, що призводять до погіршення якості повітря в офісі, та методи їх мінімізації;

2) дослідити сучасні принципи та системи автоматизованого контролю якості повітря в офісі;

3) розробити структурну схему системи автоматизованого керування якістю повітря;

4) розробити функціональну схему автоматизації керування якістю повітря в офісному приміщенні;

5) розробити алгоритмічно-програмне забезпечення АСКЯП в офісному приміщенні;

6) розробити стартап проєкту «Система контролю якості повітря в офісному приміщенні».

Об'єктом дослідження є процес керування якістю повітря в офісному приміщенні з урахуванням вимог санітарних норм та правил.

Предметом дослідження є автоматизована система керування якістю повітря в офісному приміщенні.

1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ. РОЗГЛЯД ВПЛИВУ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ. РОЗГЛЯД КОНЦЕПЦІЇ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ

1.1. Питання контролю та основних санітарних вимог для офісних приміщень. Класифікація офісних приміщень

Офіс - це спеціальне приміщення, яке використовується для організації робочого простору, яке містить робочі столи, крісла, шафи для зберігання документів та інші предмети. Офіси можуть знаходитися в будинках, спеціально призначених для цього, або в орендованих приміщеннях.

Офісні приміщення класифікують:

1) А-клас - це нова будівля, побудована з використанням найсучасніших матеріалів, устаткування і обробки, спроектована (не перебудована) як офісний комплекс з відкритим плануванням, така, що має prime location, - краще розміщення в центрі міста, хороші під'їзні шляхи і достатню кількість підземних паркінгових місць [1];

2) В-клас - можуть виглядати як А-клас, але при цьому не будуть виконувати якісь з вимог класу А. В-проекти - це також побудовані або якісно реконструйовані адміністративні будівлі, часто розташовані не в самому центрі міста, але і не околиці. Як правило, рівень якості внутрішніх характеристик тут декілька нижче, хоча внутрішнє наповнення може бути близьким до будівель класу А [1];

3) Клас-С - це побудовані або відреставровані будівлі, розташовані зазвичай поза центром міста, що мають наступні характеристики:

- обробка приміщень візуально середнього або трохи нижче середнього рівня;

- кабінетна система розташування офісів або ж наявність структурних перешкод для вільного перепланування, як результат - низька ефективність площ, що орендуються;

- власна парковка або надто мала, або відсутня;

- прості системи кондиціонування, опалювання (вентиляція, як правило, природна), або взагалі відсутні;

- мінімальні системи контролю і охорони;

- як правило, професійне управління будівлею відсутнє.

Також в цю категорію входять якісні офісні приміщення в адміністративних, інститутських і виробничих будівлях [1].

Вимоги та санітарні норми, зокрема щодо якості повітря в офісному приміщенні, є невід'ємною складовою загальної системи охорони праці та безпеки життєдіяльності людини і визначаються виключно з метою забезпечення комфорту та здоров'я працівників.

Відповідно на здоров'я людини може впливати велика кількість різних негативних чинників, які виникають у залежності від типу приміщення (офісного, виробничого, складського тощо) і ці чинники необхідно контролювати та максимально зменшувати їх негативний вплив до встановлених санітарними нормами, так як повністю виключити їх у більшості випадків неможливо.

Санітарні норми встановлюють перелік негативних чинників і їх максимальне значення, або концентрацію, у тому чи іншому приміщенні. Перелік чинників, та значення концентрації показників значно залежить від типу робочого приміщення та наявності в них різного роду приладів, систем, обладнання тощо.

Перелік основних санітарно-гігієнічних вимог до умов праці в офісних приміщеннях [2]:

1) площа приміщення - повинна становити не менше 6,0 м²/роб.місц.; відстань від стіни з вікном не менше 1,0 м.; відстань не менше 1,4 м. від стіни.

2) відстань між бічними поверхнями комп'ютерів не менше 1,2 м; відстань між тильною поверхнею одного комп'ютера та екраном іншого не менше 2,5 м.;

3) офісні приміщення заборонено облаштовувати у підвальних та цокольних приміщеннях будинків; в обладнанні приміщень заборонено використовувати полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини; покриття підлоги повинно бути матовим, а поверхня - рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями;

4) вимоги до колірної гармонії офісних приміщень, з огляду та сприйняття та психологічних комфорт;

5) щоденне вологе прибирання у робочих приміщеннях з комп'ютерами;

6) вимоги до конструкції робочого столу та крісла для забезпечення правильної робочої пози;

7) наявність систем опалення, кондиціонування повітря, або припливно-втяжної вентиляції.

У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температура повітря повинна становити 22-25°C, відносна вологість повітря - 40-60%, швидкість руху повітря - не більше 0,1 м/с. При недотриманні вказаних показників мікроклімату в офісних приміщеннях робочий день для робітників повинен бути скорочений мінімум на 10% [2];

8) вимоги до освітлення - природне освітлення має забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Для регулювання рівня освітлення природним світлом бажано застосовувати жалюзі. Робоче місце, обладнане ПК повинно бути розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого сонячного світла. Штучне освітлення приміщення має бути обладнане системою загального рівномірного освітлення. Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих сіток забороняється. Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300-500 лк.[2];

9) в офісних приміщеннях нормуються також еквівалентні рівні звуку (для програмістів - 50 дБА, а для операторів в залах обробки інформації на ПК та операторів комп'ютерного набору - 65 дБА) [2];

10) вимоги щодо рівня неіонізуючих електромагнітних випромінювань, електростатичних і магнітних полів, а також інтенсивність потоків інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювань встановлюються відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 і ДСанПіН 3.3.6.096-2002 [2].

Передбачається, що у дипломній роботі магістра основна увага буде приділятися контролю якості повітря в офісному приміщенні. Це обумовлюється тим, що дотримання цих норм має пряме значення на самопочуття працівників, ефективність роботи, зниження ризику захворювань та інші, і відповідно є важливим пошук нових рішень у сфері автоматизації процесів контролю цих параметрів.

Саме тому необхідно акцентувати основну увагу на: розташуванні та кількості електрообладнання та персональних комп'ютерів, типу приміщення, наявності систем опалення та вентиляції, наявності, рівня та інтенсивності різного роду випромінювання, а також методам і засобам боротьби зі шкідливими чинниками.

На основі цих даних можна розробляти автоматизовані системи, які будуть контролювати параметри температури, вологості, наявності різного роду випарів та їх концентрації, а також впливати на усунення наднормових значень контролюючи систему кондиціонування, вентиляції тощо.

1.2. Різновиди негативних факторів, що призводять до погіршення якості повітря

До останнього часу основні зусилля інженерів-проектувальників і санітарних лікарів було спрямовано на підтримку у виробничих приміщеннях сприятливої температури і природної вентиляції. Залежно від складності конструкції вентиляційної системи, сьогодні є можливість підтримувати

мікрокліматичні умови і здійснювати комплексне очищення від шкідливих домішок, що накопичуються в повітрі одночасно [3].

Розглянемо перелік основних негативних чинників які є причинами погіршення якості повітря:

1) недостатня вентиляція - призводить до накопичення в приміщенні вуглекислого газу, вологи, переліку шкідливих речовин CO₂, H₂S, NO₂ та NH₃ [3].

2) забруднене повітря - наявність шкідливих речовин, у результаті хімічного випаровування (неякісні меблі при нагріванні на сонці, побутові хімікати тощо); наявність різного роду та походження алергенів - пилу, бактерій, грибків тощо;

3) занижені або завищені показники вологості та температури - контроль цих параметрів середовища є одним з основних, так як їх значення впливає на комфорт робочого середовища, а також на сприяння до утворення різного роду шкідливих випарів, або навіть до розмноження шкідливих бактерій або грибків;

4) електромагнітні поля - наявність великої кількості електронної техніки створює електромагнітні поля, які в свою чергу негативно впливають на здоров'я людей у робочому приміщенні.

5) недостатня або понаднормова іонізація, яка виникає в результаті роботи великої кількості електронних приладів в приміщенні;

Недотримання вимог [4] до якості повітря в офісному приміщенні може впливати на продуктивність, якість життя та здоров'я працівників, бути причиною розповсюдження різного роду захворювань та зростання ризику заражень.

1.3. Іонізація та її вплив на здоров'я і працездатність людей. Природна та штучна іонізація

Запобігання розповсюдження захворювань - основне завдання процесу знезараження повітря та поверхонь. Особливо гостро ця проблема стоїть у

місцях великого скупчення людей, тварин, погано вентильованих приміщеннях, а також у приміщеннях з рециркуляцією повітря [5].

Застосування різних фізичних впливів у даний час стає все більш актуальним, оскільки є одним з головних методів інактивації вірусів, бактерій і грибків. Поява штучних джерел ультрафіолетового випромінювання дала змогу вирішити питання бактерицидного знезараження середовищ. Особливо актуальним є поєднання ультрафіолетового опромінення з іншими фізичними факторами впливу, такими як озонування й іонізація [5].

Іонізація це процес утворення або руйнування іонів в оточуючому середовищі, вона буває природною та штучною, а також несе у собі як позитивні так і негативні ефекти.

До позитивних ефектів іонізації можна віднести:

- 1) зменшення пилу та алергенів;
- 2) зниження концентрації запахів у приміщення;

До негативних ефектів відносять:

- 1) утворення озону у понаднормових кількостях;
- 2) велика концентрація іонів може спричинити подразнення органів дихання людини;
- 3) понаднормова іонізація може створювати електростатичне навантаження.

Розглянувши працю про моделювання фізичних процесів іонізації середовища [5] процесу іонізації, її впливу та використання можна зазначити наступне.

Особливо актуальним є поєднання ультрафіолетового опромінення з іншими фізичними факторами впливу, такими як озонування й іонізація.

Штучні іонізатори бувають: електричні уніполярні і біполярні, радіоактивні, з використанням ефекту розбризкування води, ультрафіолетового випромінювання й інші. Найчастіше застосовують штучні іонізатори, засновані на використанні коронного розряду [5].

На рис. 1 показано штучний іонізатор повітря.



Рисунок 1.1 - Іонізатор повітря

Першими застосовувалися уніполярні іонізатори, які окрім корисних ефектів виробляли ще й електростатичне поле і озон [5].

Розглянемо декілька різновидів засобів штучної іонізації [5]:

1) термоелектронні аероіонізатори - принцип дії аероіонізаторів цього типу заснований на використанні термоелектронної емісії розпечених металів під час їх нагрівання до високої температури (500-2000 °C);

2) радіоізотопні аероіонізатори - принцип дії аероіонізаторів цього типу заснований на властивості променів радіоактивних речовин іонізувати повітря;

3) фотоелектричні аероіонізатори - принцип дії аероіонізаторів цього типу заснований на використанні короткохвильових ультрафіолетових променів, що випускаються ртутнокварцовими лампами;

4) гідродинамічні аероіонізатори - принцип дії гідродинамічних аероіонізаторів (гідроаероіонізатори) заснований на баллоелектричному ефекті, що полягає в електризації найдрібніших крапель рідини, що виникають у разі дроблення і розпилення води;

5) коронні аероіонізатори - у аероіонізаторів цього типу повітря іонізується за допомогою коронного розряду, що утворюється поблизу вістря або тонкого дроту при напрузі в декілька тисяч вольт.

Варто зазначити, що рівень іонізації в офісі може змінюватися протягом робочого дня, що залежить від низки чинників, наприклад використання електронних пристроїв протягом дня може одночасно працювати різна кількість електроприладів, наприклад комп'ютерів, моніторів, принтерів тощо, що може призводити до електростатичного навантаження та змінного рівня іонізації в різних зонах офісу.

Також на зміну рівня іонізації в офісному приміщенні впливають іонізатори, які генерують іони для покращення якості повітря та зменшення пилу та алергенів.

Узагальнюючи наведене можна зазначити, що нормована іонізація повітря має виключно позитивний ефект для покращення якості повітря в офісному приміщенні, яка у свою чергу мінімізує ризик різного роду захворювань, впливу алергенів та концентрацій запахів що покращує працездатність працівників.

1.4. Електромагнітні поля у приміщенні зі скупченням електронних приладів

Працюючи в офісі людина зазвичай постійно перебуває в оточенні великої кількості електронних приладів різного призначення які випромінюють електромагнітні поля, і відповідно при одночасній роботі великої кількості приладів, наприклад персональних комп'ютерів утворюється велика кількість магнітних полів, які мають негативний вплив на робітників. Розглянемо сутність і вплив електромагнітних полів на людину.

Електромагнітні поля (ЕМП) - це змінні електричні та магнітні поля, що поширюються у просторі у формі хвиль зі швидкістю світла. Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від

частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу. Учені встановили, що найбільшу небезпеку для організму представляє тривале опромінення впродовж декількох років. Унаслідок дії електромагнітних полів можливі як гострі, так і хронічні ураження, порушення в системах і органах, функціональні зсуви в діяльності нервово-психічної, серцево-судинної, ендокринної, кровотворної та інших систем організму людини [6].

У людини наявні механізми відбудови пошкоджених клітин, які вимагають тривалого часу (10-20 діб). Зі зростанням часу та інтенсивності впливу електромагнітних випромінювань, пошкодження набувають незворотного характеру.

Найбільший вплив на електромагнітну обстановку будь-яких будівель в діапазоні промислової частоти 50 Гц вносить електротехнічне устаткування, а саме: кабельні лінії, що підводять напругу до приміщень та системи життєзабезпечення будівлі, розподільні щити та трансформатори [6].

Як правило в офісному приміщенні знаходиться велика кількість приладів, що є джерелами магнітних полів, зокрема [6]:

- 1) мікрохвильові печі - небезпечний електричний прилад (потрібно перебувати від нього на відстані не ближче 30 см під час його роботи);
- 2) холодильники - у різних джерелах небезпека електромагнітного випромінювання різна і небезпечна відстань коливається від 30 см до 1,5 метра;
- 3) електричні чайники - область випромінювання до 25 см;
- 4) телевізори/монітори - один з найнебезпечніших побутових приладів і відстань до нього має бути не менше 1,5 метра, а для телевізорів 29 дюймів і більше – відстань слід збільшити до 2 і більше метрів;
- 5) кондиціонери - як і телевізор, є одним з найбільш випромінюючих приладів, тому безпечно знаходитися не ближче 1,5 метра;
- 6) комп'ютери – незважаючи на введення дуже жорстких заходів зі зниження електромагнітного випромінювання, цей прилад залишається досить небезпечним (бажано знаходитися не ближче 80 см від екрану);

Щодо мобільних телефонів, зараз ще немає однозначного й достовірного наукового підтвердження їхнього негативного впливу на людину, проте випромінювання від них не може не мати негативного впливу на організм [6].

Важливим питанням залишається вплив електромагнітних полів на якість повітря в офісному приміщенні. У результаті роботи великої кількості електронних пристроїв одночасно можуть виникати наступні негативні чинники:

1) зростання температури - виділення тепла, відповідно зміна рівня вологості. Безпосередньо впливає на якість повітря;

2) пил та частки - магнітні поля можуть сприяти накопиченню пилу та часток, які забруднюють повітря в офісі;

3) електростатичне навантаження - може призводити до того, що пил та частинки повітря прилипатимуть до поверхонь електроприладів, меблів, текстилю тощо, і створюватимуть забруднення в приміщенні.

1.5. Принципи та системи контролю якості повітря в приміщенні

Контроль якості повітря в офісному приміщенні - важливий аспект забезпечення комфортних та безпечних умов роботи людини. Тому є актуальним розроблення та впровадження спеціальних автоматизованих систем контролю і керування якістю повітря. Але варто зазначити що питання забезпечення якісної офісної атмосфери зокрема, повітря в офісному приміщенні не нове. Зокрема накопичена значений досвід забезпечення якості повітря, правильного розташування робочих місць та електроприладів, іонізаторів і закінчуючи розробкою та застосуванням великих автоматизованих систем.

Такого роду системи будуються на базі спеціальних сенсорів, які здатні вимірювати такі показники як температура, вологість, хімічний вміст повітря, концентрацію різного роду елементів та газів тощо.

У більшості випадків такі системи можуть бути оснащені приладами які забезпечують вентиляцію приміщення, обігрів, іонізацію тощо. Це дозволяє підтримувати рівень показників на оптимальному рівні.

Важливо зауважити, що системи контролю якості повітря повинні налаштовуватися та обслуговуватися для забезпечення належного рівня якості повітря, враховуючи загальні та індивідуальні потреби працівника для його максимальної працездатності.

1.6. Огляд існуючих рішень реалізації систем автоматизованого контролю якості повітря в приміщенні

На даний момент існує велика низка різних систем для контролю за якістю повітря в приміщення, зокрема в офісі. Розглянемо статтю [7] у якій наводиться приклад реалізації такої системи.

Такі гази, як пропан або метан, зазвичай використовуються в промисловості або на кухнях для приготування їжі, але вони можуть завдати серйозної шкоди, якщо їх не контролювати. Високі концентрації небажаних газів необхідно контролювати, щоб перевищення норми можна було виявити та вчасно повідомити про це і вжити запобіжних заходів. На даний час доступні на ринку системи є дорогими, менш портативними і їх важко реалізувати. Існує потреба в економічній системі з однаковою функціональністю [7].

Для вирішення цієї проблеми розроблена система з мікроконтролером PIC18F452, в якій він служить основним контрольно-вимірювальним блоком системи. Такі гази, як зріджений газ, метан, пропан, окис вуглецю, дим, на додаток до температури, були враховані в цьому проекті, датчики також були додані та поєднані з контрольно-вимірювальним блоком. Якщо будь-який із зазначених показників перевищує нормальний рівень, до кожного з них застосовуються певні дії, і дані про концентрацію газу або рівень температури відображаються на РК-дисплеї з інтервалом в одну секунду. На додаток до цього інформація також передається до командно-диспетчерського центру

через бездротове з'єднання, де генерується тривога, наявність згаданих елементів перевищує рівень безпеки [7].

На рис. 1.2 показано схему системи на базі мікроконтролера PIC18F452.

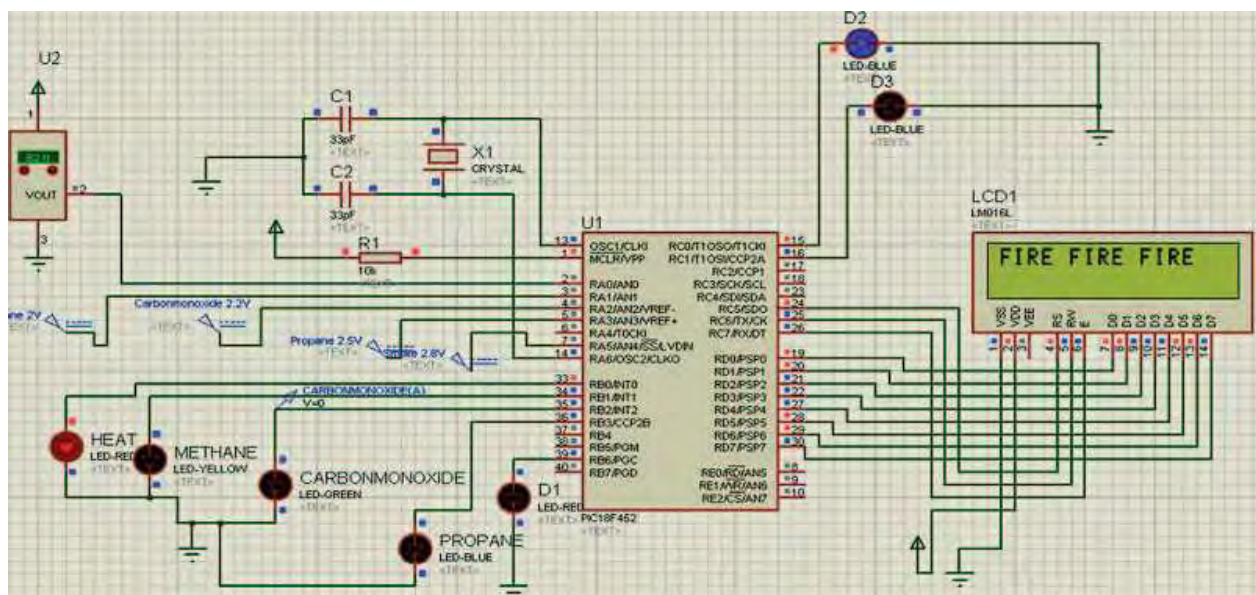


Рисунок 1.2 - Схема системи. Режим виявлення вогню [7]

Мікроконтролер постійно стежить за всіма датчиками, і як тільки будь-який датчик виявляє газ, надходить сигнал на мікроконтролер і на основі вже зроблених розрахунків виконується певна дія [7].

Дія може полягати в увімкненні водяного спринклера, витяжного вентилятора, відображення інформації на РК-дисплеї та передачі інформації в диспетчерську [7].

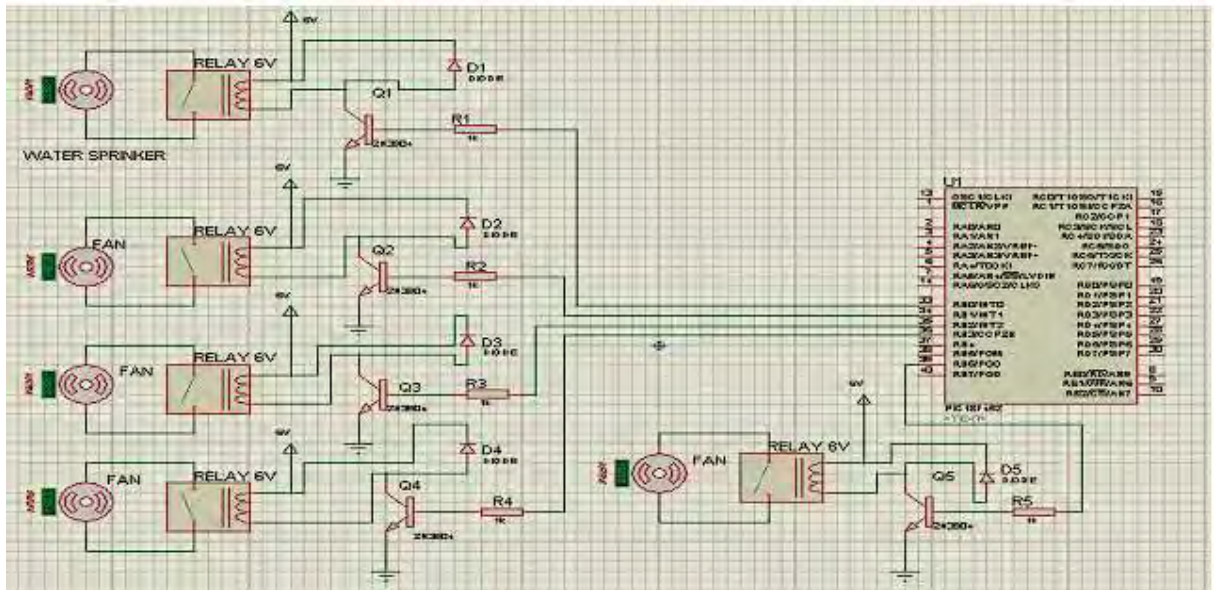


Рисунок 1.3 - Схема системи командно-диспетчерського центру

Основна мета цієї системи - зробити її економічно ефективною, портативною та простою у впровадженні без шкоди для основних функцій. Система також забезпечує одночасну концентрацію згаданих елементів, присутніх у навколишньому повітрі, щоб можна було регулювати повітрообмін будівлі або вживати коригувальних заходів. Оскільки система є автоматичною, дані в режимі реального часу можуть бути швидко проаналізовані, що призводить до своєчасних коригувальних заходів [7].

Розглянувши дану систему можна сказати, що вона є спрощеною, легко впроваджуваною, відносно не дорогою, але малофункціональною. Ця система здатна визначати низку газів, які можуть знаходитися в приміщенні та виконувати мінімальні дії, щодо керування якістю повітря.

По-перше що варто зазначити, система хоч і контролює загальні параметри якості повітря в офісі, але більше позиціонується як система безпеки, що перевіряє наявність шкідливих випарів та газів в приміщенні та усуває їх за

допомогою простої системи вентиляції. Також така система може мати низку проблем, яка пов'язана з тим, що може не забезпечити хорошу та тривалу роботу, так як використовує прості та дешеві елементи системи.

Розглянемо та аналізуємо ще одну реалізацію системи запропоновану в статті [8].

Архітектура запропонованої системи e-nose наведена на рис. 1.4.

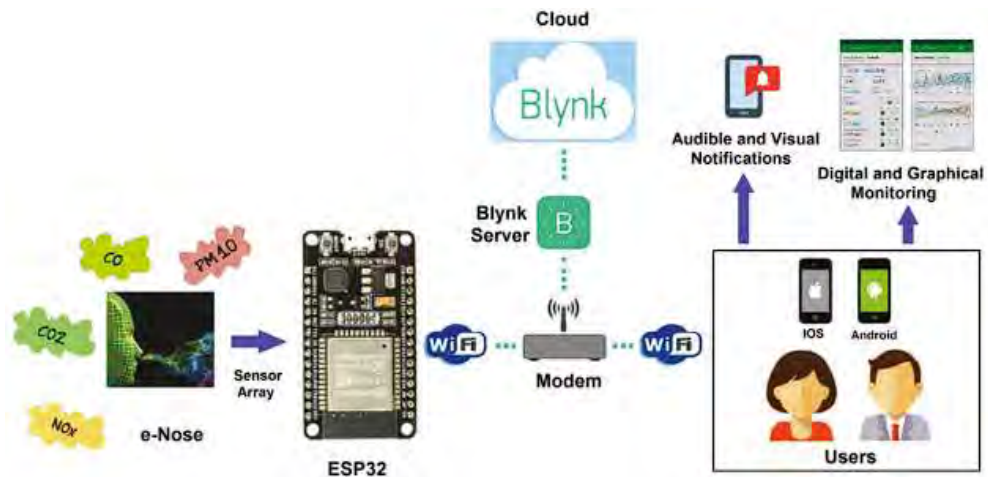


Рисунок 1.4 - Запропонована архітектура системи e-nose [8]

Система моніторингу якості повітря в реальному часі надає інформацію про концентрацію забруднюючих речовин у навколишньому середовищі. Він надає точну та детальну інформацію про якість повітря в середовищі проживання та допомагає спланувати заходи, які призведуть до покращення якості повітря [8].

Система моніторингу якості повітря e-nose в складається з двох частин: перша частина - це блок виявлення та зв'язку, що складається з матриці датчиків на основі мікроконтролера ESP32 із вбудованим Wi-Fi; а другий - мобільний інтерфейс користувача на основі Android/iOS [8].

Модуль ESP32 з вбудованим модулем Wi-Fi використовується в системі e-nose, створеної для моніторингу якості повітря. Недорогий і високопродуктивний 32-розрядний контролер якому часто віддають перевагу в програмах IoT. ESP32 має двоядерну структуру та багато внутрішніх модулів,

таких як Wi-Fi, Bluetooth, RF, IR, CAN, модуль Ethernet, датчик температури, датчик ефекту Холла та датчик дотику, необхідні для програм розумного будинку. Блок детектування включає в себе датчики GP2Y1010AU, MH-Z14, MICS-4514 і DHT22, які вимірюють такі параметри якості повітря, як CO₂, CO, PM₁₀, NO₂, температура і вологість [8].

Параметри клімату та концентрації газу є медіаною 12 вимірювань, зроблених з інтервалом у 5 секунд. Цей підхід мінімізує вплив помилкових вимірювань, спричинених несправними датчиками. Користувачів сповіщають про перевищення порогових значень концентрації газу та кліматичних показників [8].

П'ятихвилинні середні значення обчислюються та доставляються користувачам як сповіщення, запобігаючи помилковим попередженням, які можуть ввести користувачів в оману. У цій системі e-nose, яка вимірює якість повітря, для запису даних не використовується елемент пам'яті. Отримані дані записуються безпосередньо на хмарний сервер Vlynk через мобільний інтерфейс. Дані надсилаються на зареєстровану адресу електронної пошти користувача за запитом. Перед кожною передачею даних перевіряється стан підключення до Інтернету. Коли немає з'єднання, пакети даних, які не можуть бути тимчасово передані, зберігаються для забезпечення цілісності даних, а потім, коли інтернет-з'єднання відновлюється, ці пакети надсилаються на хмарний сервер із використанням тегів минулого часу. Таким чином можна запобігти втраті даних, забезпечивши безперервність потоку даних [8].

Така концепція системи контролю за якістю повітря вже включає інтернет технології, за допомогою яких є можливість отримати доступ до показань вимірювань, що є дуже зручною та технологічною. Присутній мобільний додаток за допомогою якого користувачі можуть перевіряти стан показників, а також через який отримують сповіщення про стан системи та небезпечні ситуації.

Але у такої системи відсутні виконавчі елементи, які надають можливість безпосередньо виконати регулювання і впливати на параметри якості повітря в офісі.

У системі, що розглядається в магістерській дисертації поєднується вимірювання з регулюванням, а також впроваджується спеціальне програмне забезпечення, наприклад мобільний додаток, за допомогою якого можна отримувати сповіщення про стан повітря, переглядати поточні параметри та впливати на регулювання.

Новизною такої системи є впровадження програмного забезпечення яке призначене для автоматизованого вимірювання та регулювання, що виконується для контролю якості повітря в офісі без втручання людини в цей процес.

1.7. Мета та завдання магістерської дисертації

Метою роботи є розробка сучасної автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні з урахуванням санітарних вимог та правил.

Для досягання поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- 1) визначити різновиди офісних приміщень та їх особливості а також вимоги яким повинно відповідати повітря в офісних приміщеннях, дослідити та описати фактори, що призводять до погіршення якості повітря в офісі, та методи їх мінімізації;
- 2) дослідити сучасні принципи та системи автоматизованого контролю якості повітря в офісі;
- 3) розробити структурну схему системи автоматизованого керування якістю повітря;
- 4) розробити функціональну схему автоматизації керування якістю повітря в офісному приміщенні;

- 5) розробити алгоритмічно-програмне забезпечення АСКЯП в офісному приміщенні;
- 6) розробити стартап проєкту «Система контролю якості повітря в офісному приміщенні»

1.8. Висновки до розділу 1

У розділі було розглянуто питання базових вимог щодо якості повітря в офісному приміщенні. Розглянути особливості цих вимог у залежності від категорії офісного приміщення.

Розглянуто на теоретичному рівні вплив негативних факторів які виникають, або можуть виникати в офісних приміщення під час роботи. Розглянуто перелік санітарних вимог згідно державних стандартів щодо показників якості повітря і в робочих приміщеннях, зокрема офісних.

Розглянуто та описано концепції керування та впливу та якість повітря в офісі.

2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАННЯ

2.1. Поширені методи аналізу речовинного складу повітря

Для вимірювання параметрів якості повітря, зокрема і в офісних приміщеннях, застосовуються різноманітні методи та технічні засоби, які базуються на певній технології та утворюють вимірювальні системи.

Вимірювальною системою (ВС) вважається комплекс взаємопов'язаних приладів, таких як центральний керуючий елемент, різноманітні датчики та виконавчі механізми, які призначені для проведення процесу вимірювання та обробки даних, а також контролю параметрів.

За способом визначення вимірюваної величини ЗВ поділяють на дві групи: прямої дії та порівняння. Прилади прямої дії безпосередньо оцінюють значення вимірюваної величини. Такі прилади складаються з кількох елементів, які здійснюють необхідне перетворення значення вимірюваної величини на певний сигнал і, за необхідності, посилюють його. У приладах порівняння вимірювану величину визначають через порівняння зі значенням відомої [9].

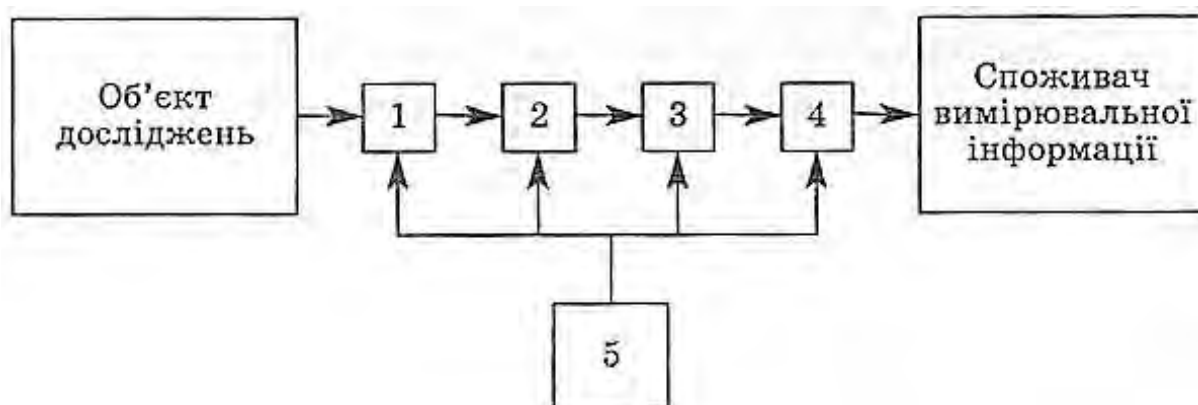


Рисунок 2.1 - Структура вимірювального приладу: 1 - вимірювальна система, до складу якої входять первинні вимірювальні перетворювачі, міри, аналогово-цифрові перетворювачі; 2 - пристрій математичного опрацювання вимірювальної інформації; 3 - пристрій передачі та зберігання вимірювальної

інформації; 4 - пристрої відображення вимірювальної інформації; 5 - пристрій автоматичного керування роботою вимірювальної інформаційної системи [9]

Вимірювальні системи можуть бути дуже різноманітними у своїй реалізації та використовуватися у різних галузях науки, промисловості чи техніки, а також в автоматизованих системах. Вони дозволяють забезпечити точне вимірювання та моніторинг параметрів, що є критичними для забезпечення безпеки, ефективності та контролю.

Для вимірювання параметрів якості повітря використовуються різні методи та засоби. Вони дозволяють вимірювати основні параметри та на основі цих даних вживати заходів щодо покращення, якщо вони не відповідають санітарним вимогам.

Розглянемо декілька методів, на основі яких побудовані вимірювальні системи та прилади.

2.2. Методи вимірювання пилу в повітрі

Вимірювання рівня концентрації пилового забруднення в офісному приміщенні є одним із основних, так як наявність понаднормових показників пилу викликає інші проблеми, що погіршують якість повітря. Існують різноманітні методи які використовуються та реалізуються технічними засобами.

Значну частину промислових викидів, що забруднюють атмосферне повітря, складає пил. За діючими в Україні й інших країнах світу нормами вміст пилу в повітрі прийнято оцінювати з допомогою величини n_p , що називається масовою концентрацією пилу. Вона дорівнює сумарній масі пилових частинок, що містяться в одиниці об'єму повітря. Однак n_p - це не єдиний показник, що має практичний інтерес. Важливе значення мають і такі характеристики пилу, як хімічний склад, розподіл його частинок за розмірами тощо. Методи вимірювань концентрації пилу в повітрі прийнято поділяти на дві групи [9]:

- 1) методи, що базуються на попередньому осадженні пилу;
- 2) методи, що реалізуються без попереднього осадження.

Методи, що реалізуються без попереднього осадження пилу. Цю групу методів можна розділити на дві досить великі підгрупи [9]:

- оптичні, що базуються на явищах поглинання і розсіювання світла частинками пилу;
- електростатичні, що базуються на вимірюванні сумарного електричного заряду частинок пилу.

При використанні оптичних методів мірою концентрації пилу служить інтенсивність одного з видів випромінювання [9]:

- ослабленого в результаті проходження через шар запиленого повітря;
- розсіяного частинками пилу.

Визначення концентрації пилу електростатичними методами, базується на вимірюванні електричного заряду, який переносить аерозольні частинки [9].

А також варто зазначити, що у системах які здатні вимірювати параметр запиленості та впливати на очищення широко використовуються фільтраційні методи. У системах вентиляції або повітряних очисниках встановлюються фільтри, які призначені для безпосереднього очищення.

2.3. Вимірювання параметру вологості повітря

Вимірювання рівня вологості повітря - це важливий параметр для контролю якості повітря в різних середовища, включно з офісними приміщеннями, а також квартирами, будинками, промисловими приміщеннями, складськими тощо. Рівень вологості вимірюється та представляється у відсотках.

Одним із засобів для вимірювання вологості є використання гігрометрів. Принцип роботи гігрометрів може базуватися на різних методах вимірювання, наприклад бувають конденсаційні, ємнісні тощо.

Сорбційні методи. Вони основані на залежності деяких фізичних властивостей гігрометричних тіл від кількості сорбованої ними з повітря води, що знаходиться в стані динамічної рівноваги з водяною парою в повітрі. При динамічній рівновазі інтенсивності процесів конденсації і випаровування на поверхні тіла однакові. Тому маса сорбованої вологи згодом не змінюється і залежить від відносної вологості повітря [9].

Психрометричний метод. Йому властиві такі переваги: досить висока точність, порівняльна простота та ін. Цей метод базується на залежності інтенсивності випаровування з водяної поверхні від вологості дотичного з нею повітря. Прилади, що реалізують психрометричний метод, називаються психрометрами. До складу психрометра входять два ртутні термометри (або термометри опору). За допомогою одного термометра (його називають «сухим») вимірюють температуру навколишнього повітря. За допомогою другого термометра (його називають «змоченим») вимірюють температуру випарної поверхні - нейтрального гігроскопічного покриття, що змочується дистильованою водою [9].

Вимірювання концентрації водяної пари в повітрі може, у принципі, здійснюватися за допомогою різних електрофізичних методів. У практиці метеорологічних вимірювань найбільшого поширення набули методи, що базуються на використанні процесів випаровування і конденсації вологи [9].

Метод вимірювання рівня вологості повітря обирається у залежності від конкретно заданих умов чи вимог. Точність та надійність вимірювання відіграє важливу роль, особливо у приміщеннях де працює багато людей, або існує вимога на підвищений рівень чистоти.

Загалом забезпечення оптимального рівня вологості в офісі є дуже важливим, так як недостатній або понаднормовий рівень впливатиме на такі аспекти:

- задля збереження здоров'я дихальних шляхів працівників варто уникати низького рівня вологості, так як це сприятиме сухості слизової оболонки і

викликатиме подразнення, як результат підвищення вразливості до респіраторних інфекцій;

- також низький рівень вологості впливає на сухість шкіри та волосся, що спричинятиме дискомфорт;

- понаднормовий рівень вологості підвищує ризик розвитку плісняви та грибків, що є дуже небезпечним для здоров'я та життя людини;

- неправильна підтримка рівня вологості може впливати на інші системи, такі як опалення та вентиляція, таким чином знижуючи їх вплив, або навпаки буде сприяти розвитку шкідливих бактерій та грибків тощо.

Отже, оптимальний рівень вологості в офісі забезпечить комфорт та якість повітря. Задля збереження оптимального рівня вологості варто використовувати зволожувачі та вентиляційні системи, а також варто враховувати погодні умови.

2.4. Вимірювання параметра температури

Показник температури та температурний режим відіграє важливу роль у підтримці якості повітря в офісі, оскільки її значення може впливати на всі інші показники, такі як вологість, а це в свою чергу впливає на здоров'я працівників та стан техніки.

Відсутність оптимального контролю температури може впливати на недостатню циркуляцію повітря в приміщенні та призводитиме до збільшення концентрації вуглекислого газу та інших забруднювачів.

Одним з основних питань організації температурних вимірювань вважається вибір температурної шкали, що забезпечує одержання порівнянних даних про тепловий стан середовища. В даний час у світовій практиці вимірювань температури використовується Міжнародна практична температурна шкала, прийнята Міжнародним комітетом мір і ваг у 1968 р. (МІТШ-68) [9].

Градування всіх засобів вимірювання температури в даний час здійснюється тільки за МПТШ-68. Методи вимірювання температури, що застосовують у практиці контролю забруднення природного середовища, можна поділити в залежності від принципу дії на дві великі групи [9]:

- прямі методи [9];
- непрямі методи [9].

Група прямих методів базується на застосуванні термометричних тіл. Термометричне тіло (ТТ) розміщується в досліджуваному середовищі і сприймає його температуру у результаті теплообміну. Серед різних вимірювачів температури, що реалізують прямі методи, необхідно, насамперед, відзначити ртутні термометри. У них роль ТТ виконує ртуть, що змінює свій об'єм у залежності від температури. До числа широко розповсюджених ТТ також належать терморезистори, про температуру яких можна судити по їх опорі [9].

Прямі методи вимірювання температури середовища набули найбільшого поширення в практиці контролю стану природного середовища [9].

Група непрямих методів базується на використанні залежності деяких параметрів досліджуваного середовища від його температури. Наприклад, швидкість поширення звукових коливань у повітрі залежить від його температури [9].

Ще одним важливим прикладом непрямих методів є методи, що ґрунтуються на законах температурного випромінювання тіл. Їх прийнято називати безконтактними [9].

Безконтактні методи використовуються для дистанційних вимірювань температури різних об'єктів земної поверхні чи атмосфери. Вимірювання інтегральної температури досліджуваних територій і акваторій дозволяє, зокрема, оцінювати рівень їхнього забруднення [9].

Звісно, що значення оптимального діапазону температури може відрізнятися від індивідуальних вподобань працівника, але існують певні стандарти, які визначають мінімальний та максимальний задовільні показники.

Важливо враховувати індивідуальні вподобання працівників та санітарні норми, щоб забезпечити можливість регулювання температури в офісі для досягнення найкращого показника комфорту та якості повітря.

2.5. Висновки до розділу 2

У розділі було проведено детальний аналіз методів вимірювання параметрів якості повітря та розглянуто питання забезпечення виконання вимірювання. Проаналізовано поширені методики.

Розглянуто перелік параметрів якості, методи їх вимірювання, особливості їх проведення та технічні засоби які для цього використовуються.

Особливу увагу приділено розгляду методик вимірювання базових параметрів якості повітря в приміщенні, а саме вимірювання температури, вологості та аналіз концентрації часток пилу.

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ. ОГЛЯД КОМПЛЕКТУЮЧИХ

3.1. Опис структурної схеми автоматизації керування якістю повітря в офісному приміщенні

Загальна схема системи автоматизованого керування та контролю якості повітря в офісному приміщенні представлена класичною схемою системи керування зі зворотнім зв'язком.

У цілому пропонується система керування являє собою комплекс апаратних і програмних засобів, узгоджена взаємодія яких направлена на об'єкт керування, стан якого контролюється зворотним зв'язком [8].

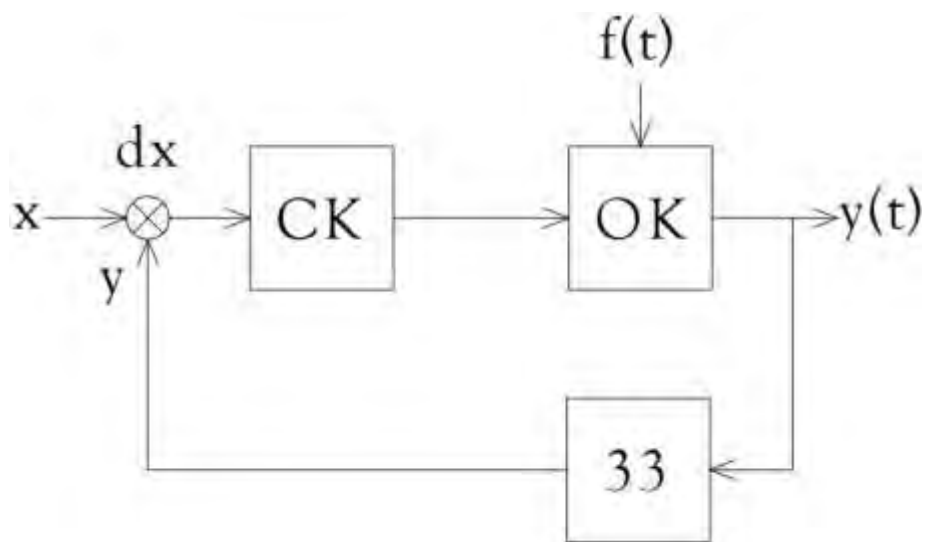


Рисунок 3.1 - Узагальнена структурна схема автоматизованої системи контролю якості повітря в офісному приміщенні зі зворотним зв'

Пропонується система контролю якості повітря в офісному приміщенні (АСКЯПОП) являє собою складну систему, що містить множину взаємозв'язаних елементів із структурними, функціональними, інформаційними зв'язками. Загалом АСКЯПОП являє собою структурно та функціонально складну багатокomпонентну систему, що характеризується

багатомірністю та різноманітністю структури, різноманіттям природи та фізичних властивостей елементів та взаємозв'язків між ними. Крім того, всі елементи АСКЯПОП також можуть бути подані та розглядатися як підсистеми цілісної макросистеми [8].

Структурна схема містить у своєму складі три підсистеми:

1) система керування (СК) - що містить у собі центральний елемент системи (мікроконтролер, контролер або мікрокомп'ютер) та виконавчі елементи для керування опаленням, вентиляцією, увімкненням спеціальних приладів, електроприладами загалом тощо, які у загальній сукупності призначені для організації керування зміною параметрів якості повітря і для подальшого контролю їх значення;

2) об'єкт керування (ОК) - у даному випадку об'єктом керування виступає конкретне офісне приміщення, а точніше параметри якості повітря цього приміщення які підлягають вимірюванню та контролю;

3) зворотній зв'язок (ЗЗ) - реалізується різними датчиками, у даному випадку це датчики для вимірювання рівня температури, вологості, іонізації, пилового забруднення, різні датчики газів тощо. На виході цього блоку формується інформація про поточні параметри якості повітря - у.

На рис. 3.2 зображено повну структурну схему автоматизованої системи контролю якості повітря.

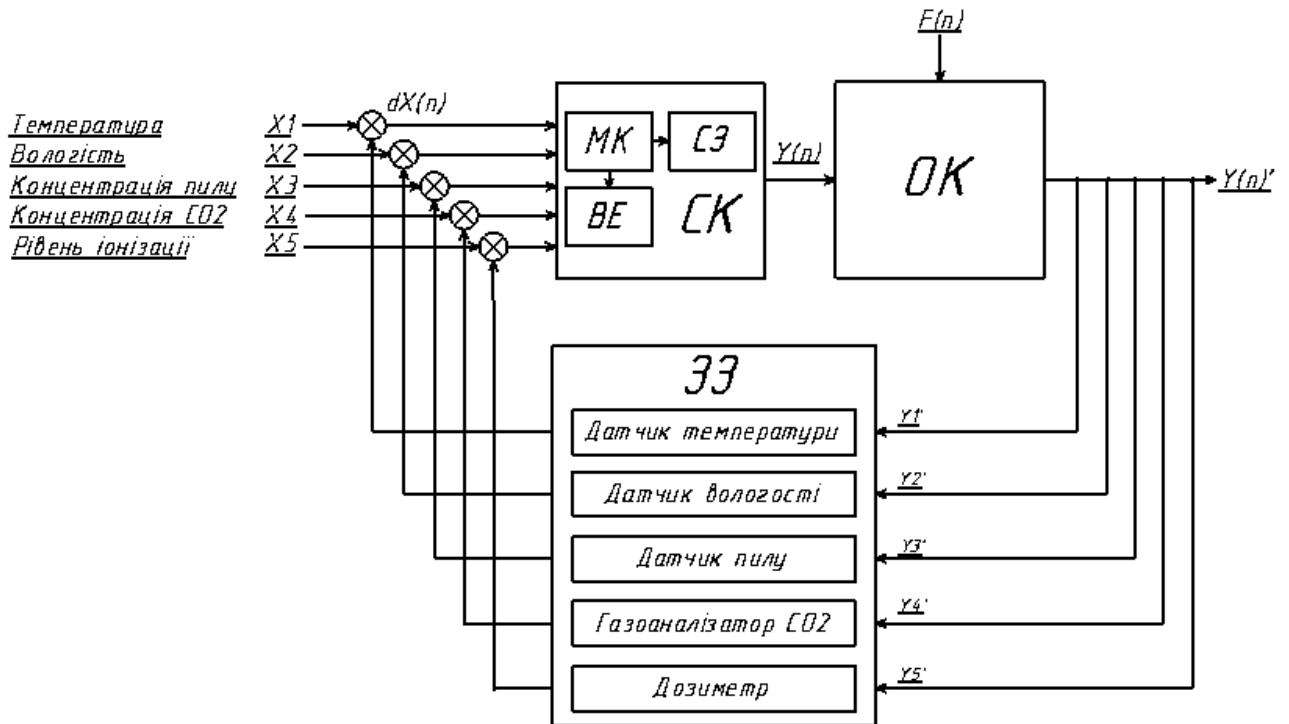


Рисунок 3.2 - Деталізована структурна схема АСКЯПОП

На вхід СК подається інформація x , у даному випадку задані параметри температури, вологості, концентрація пилу, концентрація CO_2 та рівень іонізації згідно вимог якості повітря, значення яких повинно дотримуватися у певному визначеному діапазоні, з певним допустимим відхиленням.

Зазначається [2] що оптимальні показники температури в офісі становлять від $+21\text{ }^{\circ}C$ до $+25\text{ }^{\circ}C$. Блок СК у даному випадку містить загальні елементи такі як: МК - мікроконтролер, СЗ - система зв'язку (комунікації) та ВЕ - виконавчі елементи наприклад вентилятори, кондиціонери, обігрівачі, іонізатори тощо.

Відбувається початкове налаштування системи і виконуються перші вимірювання поточних параметрів. Тобто отримуємо певне значення різниці Δx між поточним і заданим значенням параметра. Важливу роль відіграє знак числа Δx , який характеризує певний параметр, так як він визначає перевищення певного параметру чи навпаки.

Згідно виміряних параметрів блок СК здійснює вплив на ОК. Варто зазначити що на якість повітря впливають зовнішні фактори, такі як погодні умови, кількість працюючих електроприладів у поточний момент часу, кількість працівників на робочому місці одночасно. Тобто на блок ОК діють зовнішні збурюючі фактори $f(t)$ які впливають на параметри якості повітря і можуть постійно змінюватися, зокрема протягом дня або в різну погоду чи навіть пору року тощо.

Опис елементів і принципів їх роботи системи у складі АСКЯПОП (див. рис. 3.2):

1) контроль температури - оптимальним показником температури в офісному приміщенні за санітарними нормами України [2] є температури в межах від 21°C до 25°C . Для підтримки значення температури у вказаних межах використовують різні виконавчі елементи, наприклад система опалення, обігрівачі, вентиляція тощо. У загальній сукупності вони здатні впливати на зміну температури в офісному приміщенні.

Для вимірювання поточного параметра температури використовується датчик температури. Датчик вимірює поточний параметр, який у подальшому порівнюється з заданим значенням, наприклад обравши середнє значення 23°C , на МК визначається різниця між поточним і виміряним значенням для того, щоб компенсувати цю різницю;

2) контроль вологості - оптимальним показником вологості є значення від 40% - 60% [2]. Контроль рівня вологості відбувається з використанням систем вентиляції, обігрівачів, кондиціонерів, зволожувачів повітря та інших пристроїв які впливають на рівень вологості та наявні в конкретному офісі. Контроль виконується наступним чином, у якості вхідного сигналу маємо заданий показник вологості в межах 40% - 60%, вимірюється поточне значення вологості у приміщенні та порівнюється з заданим. У результаті цього порівняння отримуємо значення різниці, і в залежності від знаку виконуються дії що сприяють підвищенню або зниженню рівня вологості;

3) концентрація пилу - концентрація пилу залежить від низки факторів, температури, вологості, іонізації і для різних типів робіт і у різних ситуаціях це значення може відрізнятися, але за даними ВООЗ [10] вказується що для стандартного рівня концентрації твердих частинок (PM), при діаметрі частинок менше 2,5 мікрметра (PM_{2,5}), оптимальне значення становить 12 мікрограм/м³, а при PM₁₀ - не повинен перевищувати 20 мікрограм/м³. Датчик пилового забруднення Для зменшення рівня пилового забруднення використовують іонізатори, вентиляцію та інші заходи які не можуть бути виконані автоматично але є обов'язковими, зокрема вологе прибирання. Тому система при визначені понаднормового значення забруднення виконує дії щодо мінімізації пилових часток, а також сигналізує користувача про рівень забруднення;

4) рівень CO₂ - на рівень вуглекислого газу можуть впливати різні фактори, зокрема кількість працівників у приміщенні. Оптимальним рівнем концентрації CO₂ для забезпечення комфортної роботи в офісі становить 400-600 ppm [11]. Визначення поточного рівня вуглекислого газу здійснюється з використання датчика CO₂, порівнюється з заданим значення і контролюється, наприклад системою вентиляції приміщення. Датчик вуглекислого газу CO₂ є пристроєм, що призначений для вимірювання концентрації цього газу у повітрі. Основна функція датчика - моніторинг рівня CO₂ та надання інформації системі для виконання порівняння з заданим значенням.

5) рівень іонізації - оптимальним показником рівня іонізації в офісі є значення в межах [12] 1500-3000 іонів/см³. Саме таке значення іонізації може забезпечити комфортне робоче середовище і мати виключно корисний вплив. Технічно впливати на рівень іонізації можна іонізатором. Іонізатори це пристрої, що використовуються для підвищення рівня іонізації в повітрі, особливо це актуально в закритих приміщеннях, зокрема таких як офіси.

3.2. Висновки до розділу 3

Розділ присвячено розробці структурної схеми автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні.

Було описано загальний принцип роботи системи, її складові елементи та взаємозв'язки які визначають особливості її роботи та можливості.

Детально розглянуто та описано вимірювальні елементи системи, які реалізують зворотній зв'язок та забезпечують автоматизоване керування та контроль якості повітря.

Детально описано кожен датчик системи, її особливості, діапазон значень та призначення у цій системі.

4. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ В ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ

4.1. Опис функціональної схеми системи

Розглянемо розроблену [9] функціональну схему автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні (див. рис. 4.1).

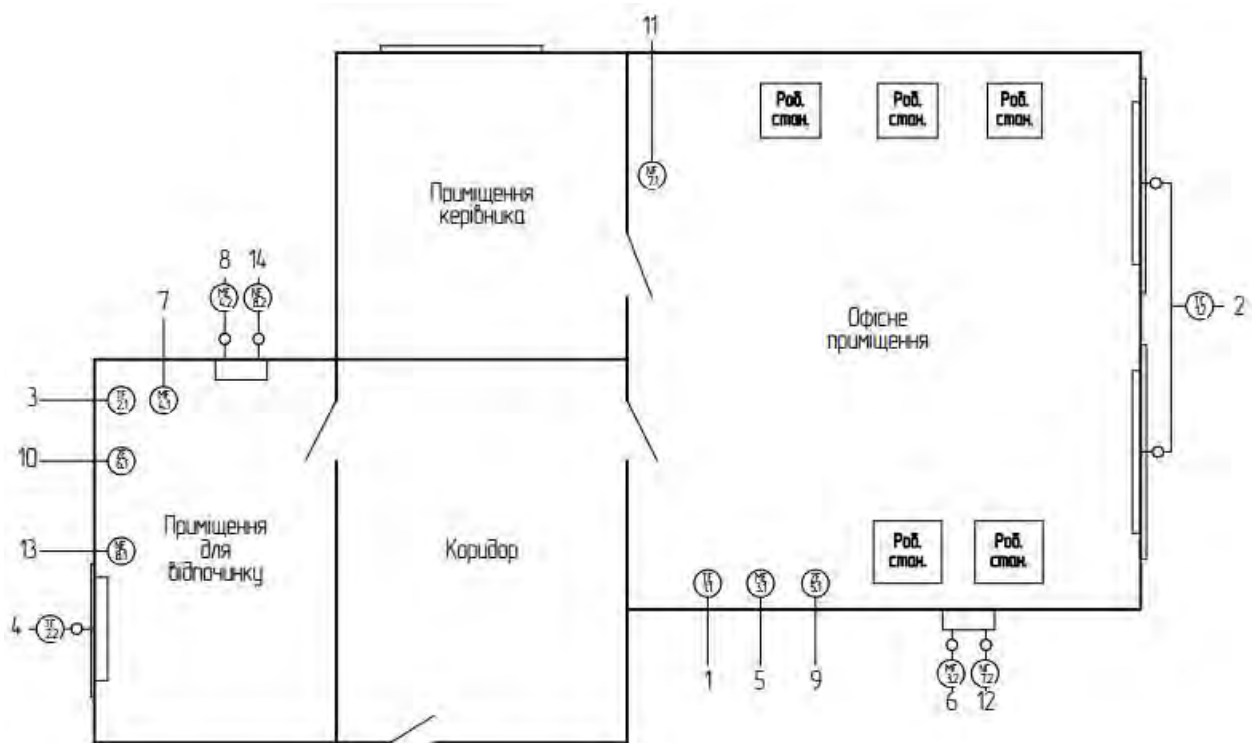


Рисунок 4.1. Функціональна схема АСКЯП в офісному приміщенні

На схемі схематично показано приклад офісного приміщення, яке складається з основного офісу - робоча кімната, кімнати вбиральні та не робочої кімнати, яка може бути кімнатою відпочинку.

У приміщенні офісу заходиться перелік датчиків та виконавчих механізмів які призначені для виконання контролю параметрів якості повітря та підтримки цих параметрів в оптимальному діапазоні значень згідно санітарних вимог.

Розглянемо детальніше описані елементи у таблиці (див. рис. 4.2).

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<i>Технічні засоби автоматизації місцеві</i>		TE 11	TE 12	TE 13	TE 21	TE 22	TE 23	TE 31	TE 32	TE 33	TE 41	TE 42	TE 43	TE 51	TE 52	
<i>Технічні засоби автоматизації на щиті</i>																
	<i>Вимірювання</i>		•		•		•		•		•		•		•	
	<i>Регулювання</i>		•		•		•		•				•		•	
	<i>Керування</i>															
	<i>Сигналізація</i>	<i>Технологічна</i>		•		•		•		•				•		•
		<i>Аварійна</i>														
	<i>Захист і блокування</i>															
	<i>Регістрація</i>	<i>Безперервна</i>		•		•		•		•		•		•		•
		<i>За викликом</i>														
	<i>Індикація</i>	<i>Безперервна</i>		•		•		•		•		•		•		•
		<i>За викликом</i>														
	<i>Ручне дистанційне керування</i>			•		•		•		•		•		•		•
	<i>Архівування</i>															

Рисунок 4.2. Таблиця підключених вимірювальних приладів та виконавчих елементів

У цій таблиці відображено усі вище описані пристрої, які виконують вимірювання параметрів та здійснюють керування.

Елемент TE призначений для вимірювання параметру температури, цей параметр він передає дистанційно на центральний елемент. Використовуючи виконавчий елемент у вигляді ТС, у даному випадку обігрівач чи електрична батарея, виконує підтримку значення температури.

Елемент QE призначений для вимірювання параметру вологості в офісі, та також передає виміряні значення у дистанційному режимі. Виконавчий елемент QC у вигляді кондиціонера забезпечує підтримку оптимального рівня вологості. Також при підтримці оптимального значення вологості може задіюватися обігрівач або система опалення.

Елемент ZE - призначений для вимірювання параметру пилового забруднення та передає дані на контролер, для подальшої обробки. Підтримка

низького рівня пилового забруднення виконується користувачем особисто або працівниками офісу. Система здатна сповіщувати про наявність понаднормового рівня пилового забруднення.

Елемент МЕ призначений для контролю рівня вмісту газів у офісному приміщенні, наприклад цигаркового диму чи понаднормового значення вуглекислого газу. Виконавчий елемент МС у вигляді вентиляції здатний автоматично позбутися та знизити рівень концентрації газів.

4.2. Огляд та вибір засобів вимірювання параметрів

4.2.1. Огляд датчиків вологості та температури

Датчики температури є важливою складовою вимірювальних систем, їх використання також є актуальним для автоматизованої системи контролю якості повітря в офісі. Вони здатні вимірювати тепловий стан та надають числові значення, які є важливими для контролю та подальшого регулювання температурного режиму.

Датчики вологості займають важливе місце у системах вимірювання якості повітря та параметрів середовища. Їх використання є доречним для контролю клімату. Контроль вологості є необхідним ще з тих причин що її значення впливає на якість робочого процесу, самопочуття працівників, розповсюдження шкідливих бактерій тощо.

Першим датчиком який поширений і може використовуватися для системи контролю якості повітря це датчик вологості та температури DHT21/AM2301A (див. рис. 4.3).



Рисунок 4.3. Датчик вологості та температури DHT21/AM2301A []

Зазначається [10], що датчик DHT21/AM2301A є датчиком для вимірювання температури та вологості підвищеної точності, та підключається по однопровідному інтерфейсу.

Має наступні особливості та переваги [10]:

- наявність захисного корпусу, що дозволяє використовувати датчик на вулиці;

- не вимагає ніякої зовнішньої об'язки;

З рекомендації до цього датчика вказується що не варто перевищувати довжину проводів більше ніж 30 метрів при напрузі 5В, та не більше 100 см при напрузі 3,3В. Використовується підтягувальний резистор на 5,1К для забезпечення заявленої в даташиті точності вимірювань [10].

Загальні технічні характеристики датчика:

- тип підключення: 3-дротове;

- тип інтерфейсу: цифровий;

- інтерфейс: 1-wire;

- точність: 0,1 °C;

- діапазон вимірювання вологості: 0-100%;

- діапазон виміру температури: від -40 до 80 °C;

- точність вимірювання вологості: $\pm 2\%$ RH;
- точність вимірювання температури: $\pm 0,5\%$.

Наступний датчик який буде розглянуто це - датчик вологості та температури DHT22 (див. рис. 4.4).



Рисунок 4.4. Датчик вологості та температури DHT22 [10]

Даний датчик є цифровим вимірювальним пристроєм, який також забезпечує підвищену точність. Його доречно використовувати у системах які вимагають низького енергоспоживання та надійності.

Даний датчик, як і більшість подібних, здатний працювати за напруги живлення 3,3 - 6 В, в також як попередній, може використовувати підключення з довгими дротами. У даному випадку буде доречним організувати окремий модуль який зможе передавати дані дистанційно.

Датчик має наступні характеристики [10]:

- тип: AM2302 цифровий;
- точність: 0,1 °С;
- діапазон вимірювання вологості: 0 - 100%;
- діапазон виміру температури: від -40 до 80 °С;
- точність вимірювання вологості: $\pm 2\%$ RH;
- точність вимірювання температури: $\pm 0,5$ градуса;
- напруга живлення: 3,6 - 6 В;

- кількість виводів: 4;
- ультранизьке енергоспоживання;
- не вимагає обв'язки.

Цей датчик є середньої цінової категорії, але досить надійним та точним, що робить його доречним для використання у системах контролю якості повітря у будинку.

Наступний вимірювальний пристрій, який буде розглянуто це датчик вологості і температури AM2320 (див. рис. 4.5)



Рисунок 4.5. Датчик вологості і температури AM2320 [10]

Даний датчик також є цифровим і забезпечує вимірювання з підвищеною точністю, але варто зазначити, що він має нижчу цінову категорії і нижчі характеристики у порівнянні з розглянутими попередньо датчиками.

Також він характеризується низьким енергоспоживанням, що робить можливість його інтеграції у модуль вимірювання температури та вологості з автономним режимом роботи.

Даний датчик має наступні характеристики:

- тип датчика: цифровий;
- тип підключення: шина I2C;
- діапазон вимірювання вологості: від 1 до 99%;
- діапазон виміру температури: від -40 до +80 °C;
- точність вимірювання вологості: $\pm 3\%$ RH;

- точність вимірювання температури: 0,1 °С;
- похибка вимірювання температури: $\pm 0,5$ °С;
- напруга живлення: 3,3 - 5,5 В;
- мінімальний час між зчитуванням показань: 2 с;
- ультранизьке енергоспоживанням (в режимі очікування 10 мкА)
- розміри: 20x12x4 мм;

Розглянемо ще один датчик температури та вологості, а саме цифровий датчик SHT-31D (див. рис. 4.6).

Даний датчик особливий тим [10], що має схему обробки і посилення сигналу, блок пам'яті калібрування, АЦП та схему скидання живлення.



Рисунок 4.6. Датчик температури та вологості SHT-31D [10]

Цей датчик також може бути застосований для реалізації автоматизованих вимірювань системи контролю якості повітря в офісі. Датчик також підтримує низьке енергоспоживання.

Має наступні характеристики [10]:

- діапазон вимірювання температури: від 0 до +90 °С;
- точність діапазону температури: ± 0.2 °С;
- точність діапазону відносної вологості: 2%;
- тип інтерфейсу: I2C;
- час відгуку вимірювання вологості: 8 с;
- напруга живлення: 2,15 - 5,5 В;
- потужність споживання: мінімуму 5 мВт при напрузі 2,4 В;
- робоча температура: від -40 до +125 °С.

4.2.2. Огляд датчиків пилу

Датчики пилу використовуються у всіх системах забезпечення якості повітря в різного роду галузях, включно з промисловістю, сферою охорони здоров'я, а також в офісах тощо.

Варто розглянути наявні датчики, які поширені для використання в автоматизованих системах, та визначити оптимальні варіанти.

Для початку розглянемо поширений модуль датчика пилу GP2Y1010AU0F (див. рис. 4.7)



Рисунок 4.7. Модуль датчика пилу GP2Y1010AU0F [10]

Зазначається [10] що цей датчик здатний виявляти у повітрі дрібні частинки розміром більше 0,8 мкм, а також сигаретний дим. Забезпечує низьке енергоспоживання. Має вбудований стабілізатор напруги для широкого діапазону живлячої напруги.

Датчик має наступні характеристики:

- чутливість: 0,5 В / (100 мкг / м³);
- діапазон вимірювання: 500 мкг / м³;
- напруга живлення: 2,5 В - 5,5 В;

- робочий струм: 20 мА (максимальний);
- робоча температура: від -10°C до -65°C.
- габаритні розміри: 63,2 мм × 41,3 мм × 21,1 мм;
- розмір отвору для повітря: 9,0 мм.

Може використовувати як, або у складі систем очистки повітря, кондиціонування, моніторингу якості повітря, детектора PM2.5.

Розглянутий датчик відповідає усім вимогам для того, щоб бути основним модулем підсистеми детектора пилового забруднення і може бути використаним у системі автоматизованого контролю якості повітря в офісному приміщенні.

Ще один датчик, який можна використовувати для вимірювання наявності пилу та частинок у повітрі це оптичний датчик пилу і диму GP2Y1010AU0F SHARP (див. рис. 4.8).



Рисунок 4.8. Оптичний датчик пилу і диму GP2Y1010AU0F SHARP [10]

Датчик, як і попередній здатний вимірювати та визначати рівень пилу та диму у повітрі приміщення, відповідно до 0,6 мг/м³. Може використовуватися у системах автоматизації контролю якості повітря, у системах вентиляції та кондиціонування.

Принцип роботи датчика GP2Y1010AU0F SHARP ґрунтується на вимірюванні фотодатчиком ступеня розсіювання інфрачервоного

випромінювання світлодіода в вимірюваному середовищі. Вимірювання проводиться в імпульсному режимі, що також знижує споживаний від джерела живлення струм [10].

Даний модуль має наступні характеристики:

- чутливість: 0,5 В / 0,1 мг/м³;
- діапазон роботи: від -10 °С до +65 °С;
- енергоспоживання: 11 - 20 мА;
- напруга живлення: 4,5 - 5,5 В
- потужність яка розсіюється: 55 мВт;
- принцип роботи: вимірювання розсіювання потоку інфрачервоного випромінювання;
- тип датчика: аналоговий;
- габаритні розміри: 46.0 × 30.0 × 17.6 мм;
- струм: 20 мА, імпульсний на час вимірювання;
- розрізняє дим від пилу різних вихідною напругою;
- час вимірювання: 32 мс;
- час встановлення параметрів вимірювання: 28 мс;
- виконано відповідно до вимог RoHS (2002/95 / EC).

Описаний датчик є чудовим представником, який здатний забезпечити точне вимірювання концентрації пилу, часток та цигаркового диму. Його використання може допомогти реалізувати якісну та точну систему контролю якості повітря в офісі.

4.2.3. Огляд газоаналізаторів

Газоаналізатори використовуються для визначення хімічного складу газових сумішей, які можуть знаходитися у повітрі. Їх використання поширене у різних галузях, зокрема і в складі систем контролю якості повітря офісного приміщення.

Варто розглянути різновиди газоаналізаторів, їх різновиди та аспекти застосування в системах автоматизації вимірювання.

Розглянемо комбінований модуль датчиків якості повітря CCS811 і HDC1080 для вимірювання та визначення CO₂ та VOCs (див. рис. 4.9).



Рисунок 4.9. Комбінований модуль датчиків якості повітря CCS811 і HDC1080 [10]

Даний модуль здатний проводити вимірювання температури та вологості завдяки датчику HDC1080, а також виявляти вміст газів у повітрі завдяки датчику CCS811.

CCS811 - мініатюрний газовий цифровий датчик для контролю якості повітря. Датчик оксиду металу (МОКС) інтегрований для вимірювання загального еквівалента летючих органічних сполук eTVOCs і еквівалентного змісту eCO₂. Значення вмісту газу само-коригується, на підставі значення температури і вологості, та в подальшому записується на внутрішній регістр CCS811 [10].

Даний датчик є хорошим представником, для використання в системах автоматизованого вимірювання. Має низьке енергоспоживання, що має велике значення для автономних систем.

Розглянемо характеристики датчика температури/вологості HDC1080[10]:

- робоча температура: від -20°C до 70°C ;
- діапазон вимірювання датчика вологості: від 0 до 100% RH;
- точність датчика вологості: похибка 14 біт $\pm 2\%$ відносної вологості;
- точність повторюваності вологості: $\pm 0,1\%$ RH;
- час відгуку датчика вологості: 15 с;
- час вимірювання вологості: 8 біт 2,5 мс, 11 біт 3,85 мс, 14 біт 6,5 мс;
- точність датчика температури: $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ (температура навколишнього середовища від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+60^{\circ}\text{C}$);
- повторюваність вимірювання температури: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$;
- час вимірювання температури: 11 біт / 3,85 мс, 14 біт / 6,5 мс;
- робоча частота інтерфейсу I2C: 400 кГц;
- робоча адреса I2C: 1000000x (контрольний біт для читання / запису);
- напруга живлення: рекомендується 3,3 В;

Також варто розглянути основні технічні характеристики аналізатора газу CCS811 []:

- напруга живлення: рекомендується 3,3 В;
- потужність: до 60 мВт;
- робоча частота інтерфейсу I2C: 400 кГц;
- діапазон виявлення eTVOC: від 0 до 32768 ppb;
- діапазон виявлення eCO₂: від 400 до 32768 ppm;
- автоматичний час корекції вихідних умов сенсора: 24 години;
- можливість налаштування і зчитування часу датчика після включення: не менше 20 хвилин.

Розглянемо наступний модуль датчика якості повітря (аналіз вміст повітря на газ) MICS-5524 TVOC, який також може бути включений у систему контролю якості повітря в офісі (див. рис. 4.10).



Рисунок 4.10. Модуль датчика якості повітря MICS-5524 TVOC [10]

Датчик якості повітря MICS5524 TVOC призначений для виявлення в повітрі пар таких речовин, як етанол (від 10 до 500 ppm), CO (від 1 до 1000 ppm), водню (від 1 до 1000 ppm), аміаку (від 1 до 500 ppm) і газів метан/бутан/ізопропан (>1000 ppm), однак, датчик не повідомляє концентрацію якої речовини він виявив, вважаючи, що будь-яка з перерахованих речовин значно знижують якість повітря [10].

Датчик має наступні технічні характеристики:

- тип датчика: електрохімічний;
- визначаються речовини:
 - етанол (C₂H₅OH): від 10 до 500 ppm;
 - чадний газ (CO): від 1 до 1000 ppm;
 - водень (H): от 1 від 1000 ppm;
 - аміак (NH₃): від 1 до 500 ppm;
 - метан/бутан/ізопропан (LPG): > 1000 ppm;
- напруга живлення: +5В;
- споживаний струм: 25 - 35 мА;
- вихід датчика: аналоговий.

Даний датчик може використовуватися як детектор на наявність вмісту небезпечних газів та сумішей у повітрі, але не здатний виміряти концентрацію вміст тієї чи іншої речовини, що може зробити його використання частково обмеженим.

Для використання у системі контролю якості повітря він є доречним. Його використання дозволить автоматизувати процес визначення небезпечних речовин, та забезпечити їх усунення, або сповіщення про наявність небезпечних газів. Він також може забезпечити енергоефективність у складі автономних систем контролю.

Також може бути актуальним використання наступного елемента - датчика якості повітря AGS02MA (див. рис. 4.11).



Рисунок 4.11. Датчик якості повітря AGS02MA [10]

Датчик AGS02MA є високопродуктивним датчиком TVOC, оснащений спеціалізованим чіпом ASIC, в якому використовується спеціальна технологія виявлення та аналізу газу. Датчик має гарну продуктивність, високу надійність, низьке енергоспоживання та високу чутливість [10].

Зазначається, що цей детектор наявності газів та шкідливих речовин здатний визначити наявність:

- етанол;

- аміак;
- сульфід;
- пари бензолу;
- дим.

Детектор володіє наступними характеристиками [10]:

- робоча напруга: від 3,3 В до 5,5 В постійного струму;
- робочий струм: 28 ± 5 мА;
- період вибірки: ≥ 2 с;
- час попереднього нагрівання: ≥ 120 с;
- робоча температура від 0°C до 50°C;
- робоча вологість: від 0 до 95% відносної вологості;
- тривалість життя: >5 років (25 °С, чисте повітря);
- режим виведення даних: I2C ведений режим (≤ 30 кГц)
- категорія датчика: напівпровідниковий датчик;
- діапазон вимірювання: від 0 до 99 999 частин на мільярд;
- типова точність: 25% (25°C/50% відносної вологості).

4.3. Висновки до розділу 4

Розділ присвячено розробці функціональної схеми автоматизованої системи керування якістю повітря в офісному приміщенні.

Побудовано базовий план офісу у якому визначено орієнтовне розташування вимірювальних елементів та виконавчих механізмів автоматизованої системи. Описано кожен елемент функціональної схеми, його призначення та взаємодія з іншими елементами.

Надано перелік датчиків та їх технічні характеристики. Ці датчики здатні забезпечити процес вимірювання параметрів якості повітря з високою точністю та швидкістю, що робить їх використання у складі системи доречним.

5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ В ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ

5.1. Алгоритм налаштування системи

Кожен алгоритм програми починається з етапу підготовки та налаштування. Цей процес необхідний, так як надає можливість визначити справність кожної складової та у випадку проблеми сповістити про це користувача (див. рис. 5.1).

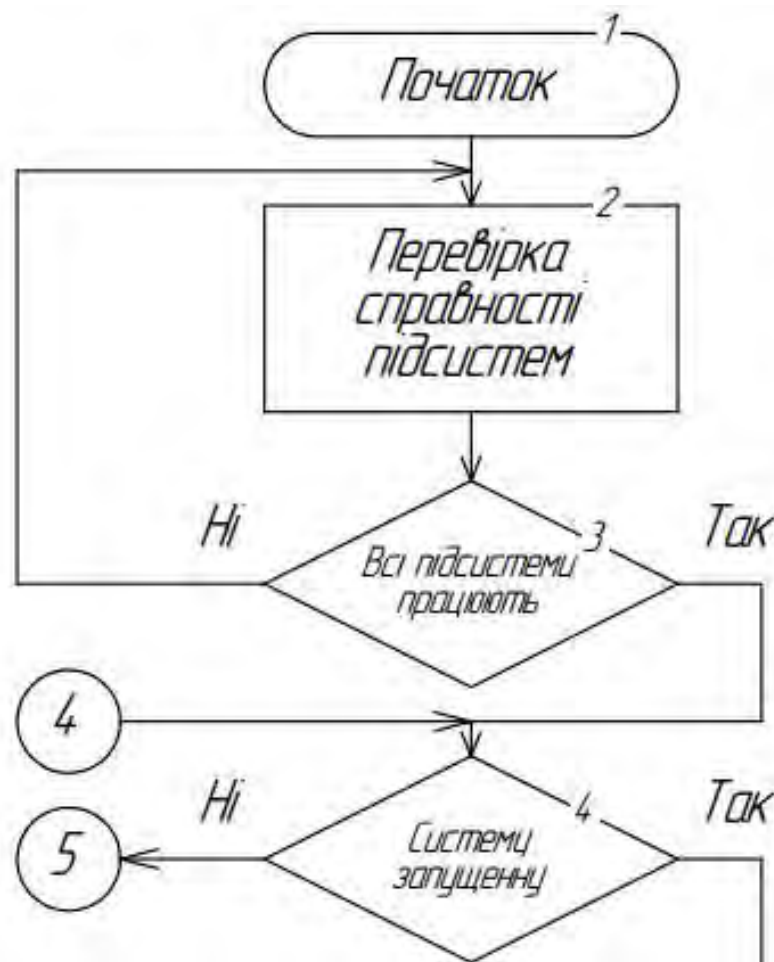


Рисунок 5.1. Фрагмент блок-схеми алгоритму, що виконується на етапі налаштування системи та підготовки до запуску

Алгоритм налаштування та перевірки працездатності включає блок, у якому реалізовано перевірку на наявність та працездатність усіх підключених у системі вимірювальних та виконавчих елементів. Відповідно також відображається статус кожного елемента в системі.

Якщо якийсь елемент у системі виявився непрацездатним і на етапі перевірки умови було зафіксовано такий елемент, система спробує виконати переналаштування. Відповідно користувач зможе побачити в додатку що конкретний модуль не працює і треба його перевірити.

Наявність такої перевірки обумовлена тим, що система повинна мати алгоритму захисту та забезпечення безпеки. Якщо модуль буде непрацездатним це вплине на якість повітря в офісному приміщенні та погіршить його, або навпаки буде виконувати неправильні дії і виникне аварійна або небажана ситуація.

Після запуску системи і вдалого налаштування кожного складового модуля виконується перевірка умови на початок вимірювання. Цей момент необхідний для того, щоб система працювала тільки тоді коли це є необхідно, або для того, щоб користувач міг безпечно вимкнути систему, наприклад з мобільного пристрою.

5.2. Алгоритм процесів вимірювання параметрів

Після вдалого налаштування усіх складових систем, параметрів та запуску програми починається цикл вимірювань параметрів якості повітря у визначеній наступній послідовності.

Етапи вимірювання реалізують окремі блоки, у кожному з яких наявний елемент визначення параметра та порівняння з заданим значенням. У результаті перевірки умови здійснюється один із двох варіантів, а саме просто фіксація значення за умови якщо все добре і навпаки запуск відповідних систем для досягнення заданого значення або мінімізації відхилення.

Першим етапом вимірювання є визначення значення параметру температури (див. рис. 5.2).

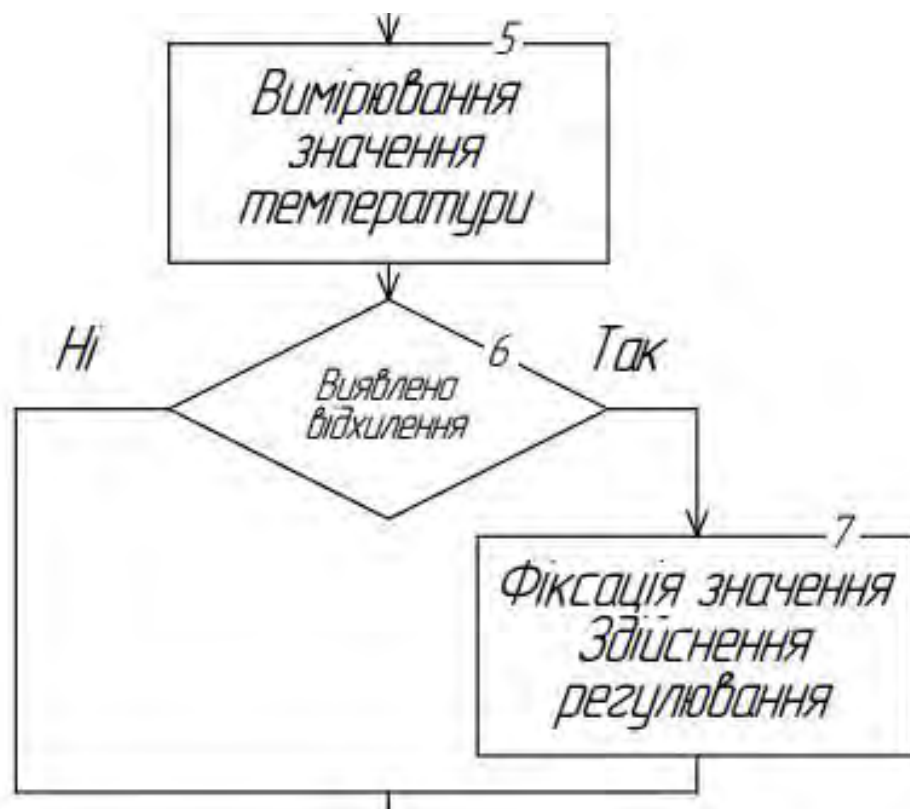


Рисунок 5.2. Фрагмент блок-схеми алгоритму, що виконується на етапі вимірювання параметра температури

На даному етапі виконується зчитування з датчиків температури та порівнюється кожен з них з заданим значенням. Якщо у якомусь з приміщень офісу виявлено недопустиме відхилення від заданого значення відбувається процес регулювання. У даному випадку або запуску системи опалення або її відключення.

Наступним етапом є процес вимірювання параметру вологості в усіх приміщеннях (див. рис. 5.3).

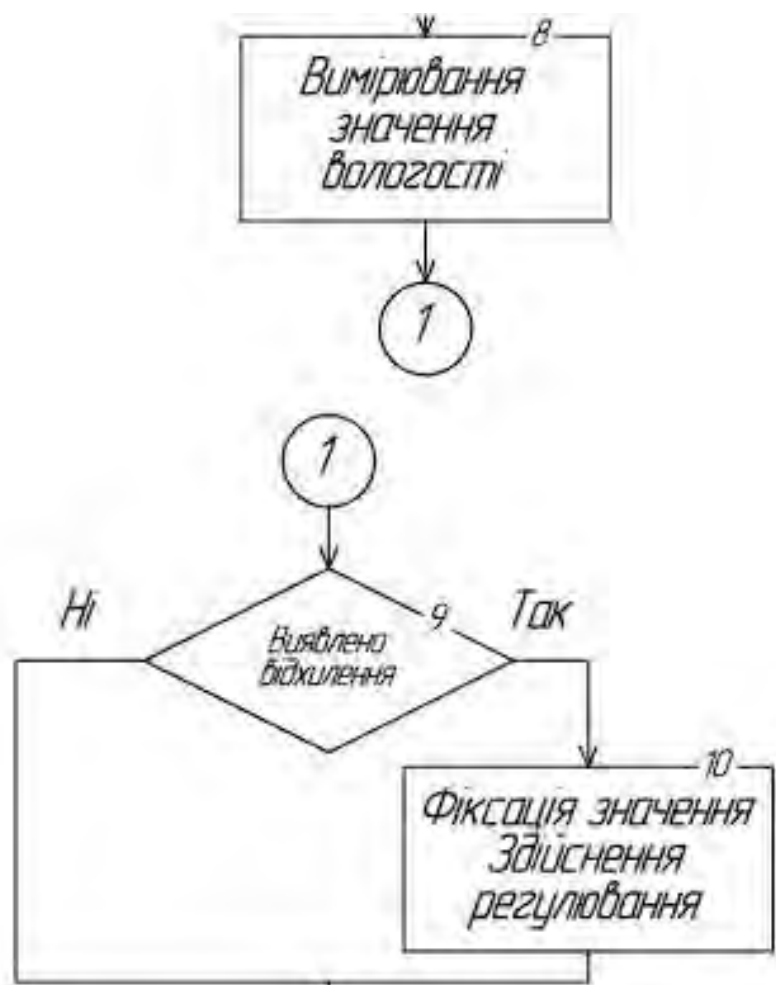


Рисунок 5.3. Фрагмент блок-схеми алгоритму, що виконується на етапі вимірювання параметра вологості

У цій частині алгоритму виконується вимірювання параметру вологості у всіх приміщеннях де розташовані відповідні вимірювальні елементи.

Виміряні значення фіксуються та після процесу вимірювання порівнюються з заданим значенням параметру вологості. Якщо виявлено значне відхилення певного параметра у визначеному приміщенні запускаються системи для здійснення регулювання задля досягнення оптимального значення вологості.

Наступним етапом вимірювального циклу є визначення значення концентрації часток пилю в повітрі.

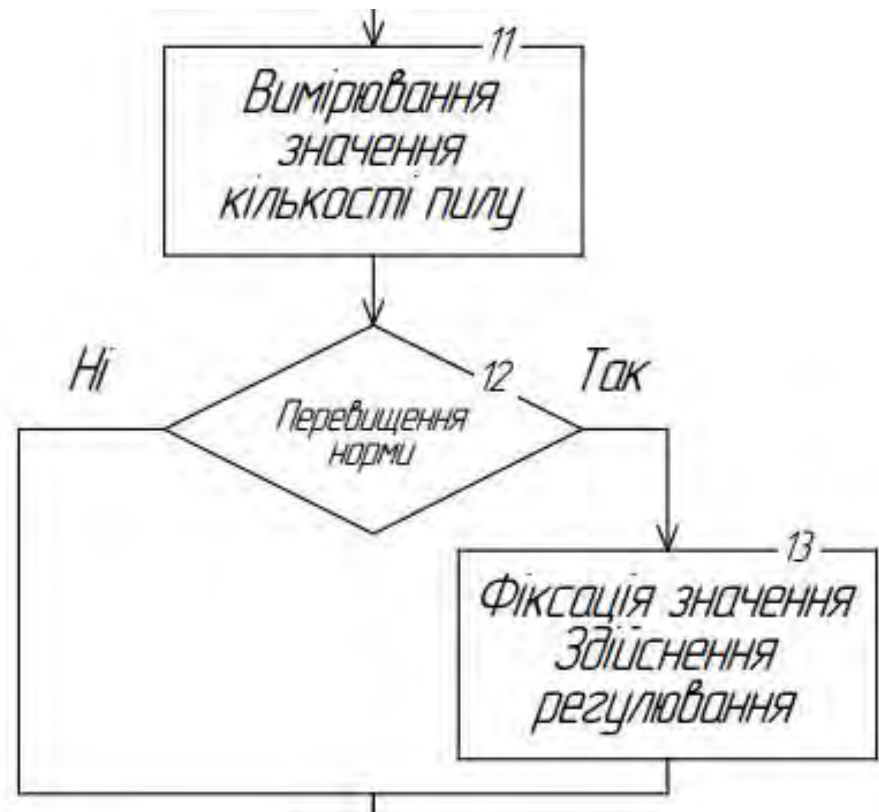


Рисунок 5.4. Фрагмент блок-схеми алгоритму, що виконується на етапі вимірювання концентрації часток пилю в повітрі

На даному етапі вимірювального циклу відбувається визначення значення концентрації пилового забруднення, що є дуже критичним параметром особливо в робочих офісних приміщеннях.

Тому систем спочатку виконує послідовність вимірювань у кожному приміщенні офісу та фіксує вимірне значення для подальшого порівняння. Після вимірювання виконується порівняння на визначення перевищення норми концентрації пилю.

У випадку коли концентрація часток пилю в нормі система не виконує жодних дій, але якщо зафіксовано перевищення норми система фіксує це значення та здійснює відповідні дії для регулювання та мінімізації цих часток.

Наступним етапом, який вважається одним із найважливіших у системах контролю якості повітря це аналіз складу повітря в офісі на наявність високої концентрації шкідливих газів, таких як тютюновий дим, чи вуглекислий газ тощо (див. рис. 5.5).

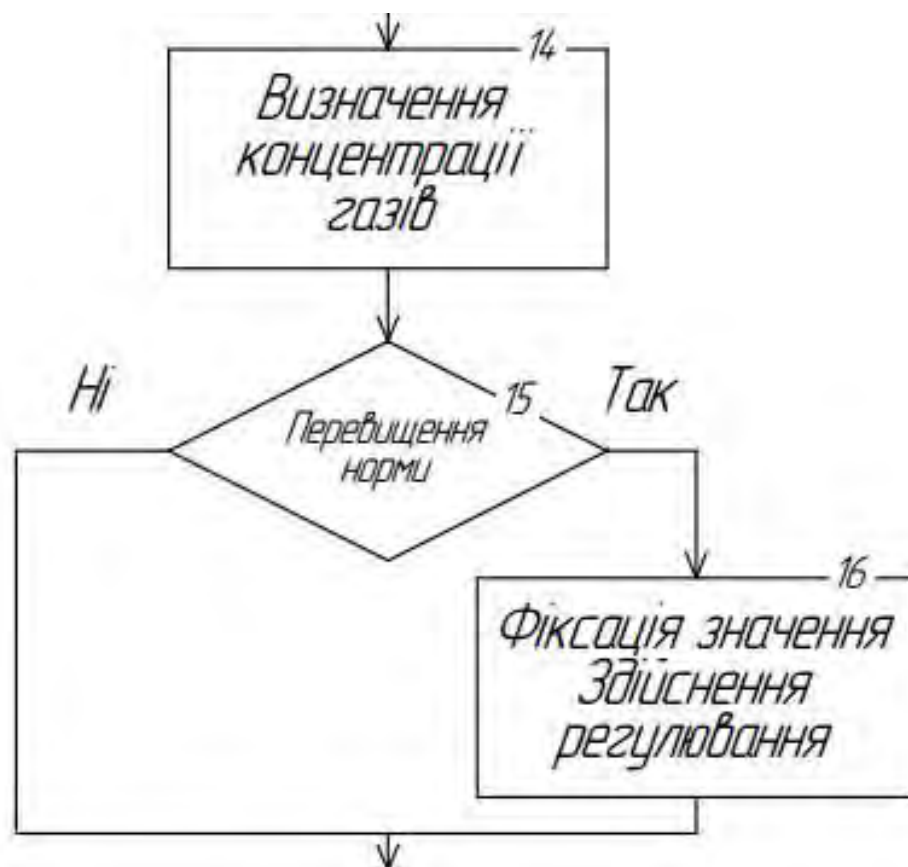


Рисунок 5.5. Фрагмент блок-схеми алгоритму, що виконується на етапі вимірювання концентрації газів у приміщенні

На даному етапі виконується вимірювання концентрації переліку газів. Перелік газів які можна виявити визначається обраним датчиком або датчиками але дуже часто зустрічається що один датчик здатний вимірювати концентрацію переліку найпоширеніших газів.

Якщо у приміщенні не було зафіксовано перевищення концентрації конкретного типу газу, то система не виконує жодних дій щодо мінімізації, але якщо було зафіксовано перевищення, система його фіксує та виконує дії щодо мінімізації цієї концентрації.

Останнім етапом у вимірювальному циклі є вимірювання рівня іонізації (див. рис. 5.6).

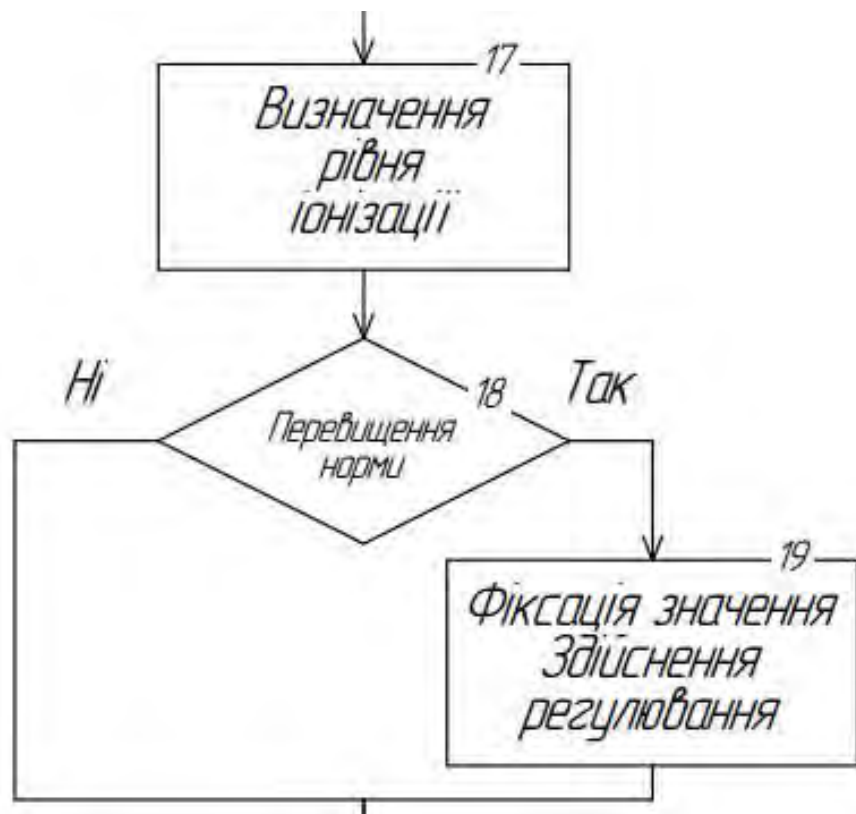


Рисунок 5.6. Фрагмент блок-схеми алгоритму, що виконується на етапі вимірювання рівня іонізації

Система виконує процес вимірювання рівня іонізації в приміщенні. Оптимальний рівень іонізації має здатність впливати на кількість часток пилу в приміщенні, тобто мінімізує їх, відповідно є бажаним підтримка цього значення на оптимальному рівні.

Якщо визначено перевищення норми, система фіксує це значення та здійснює регулювання для зниження зависокого рівня, але якщо перевищення не зафіксовано то система продовжує свою роботу.

На даному етапі цикл вимірювання завершено та система повертається на етап запуску, для того щоб переконатися чи є необхідність продовжувати цикл вимірювання.

Цей аспект також дозволяє виконувати вимірювання за графіком, який визначається через мобільний додаток, або в певний визначений проміжок часу, наприклад кожні 30 секунд. Таким чином є можливість мінімізувати велику кількість вимірювань до такої, яка забезпечить оптимальну підтримку якості повітря та мінімізує навантаження на систему постійним вимірюванням.

Якщо система не отримала команди на запуск вона переходить у відключений або неактивний стан (див. рис. 5.7) до моменту надходження команди про початок нового вимірювання.

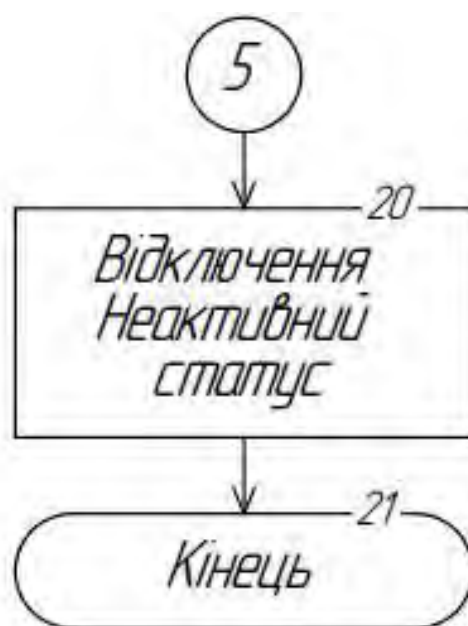


Рисунок 5.7. Фрагмент блок-схеми алгоритму, що виконується при переведенні системи в неактивний стан

На даному етапі робота алгоритму завершена. Описаний алгоритм є базовим, та торкається основних аспектів роботи автоматизованої системи, включно з перевіркою стану складових модулів, процесу вимірювання та порівняння та виконання дій щодо впливу на параметри якості повітря в офісі.

У загальному підсумку зобразимо загальний вигляд повної блок-схеми алгоритму роботи програми АСКЯПОП (див. рис. 5.8)

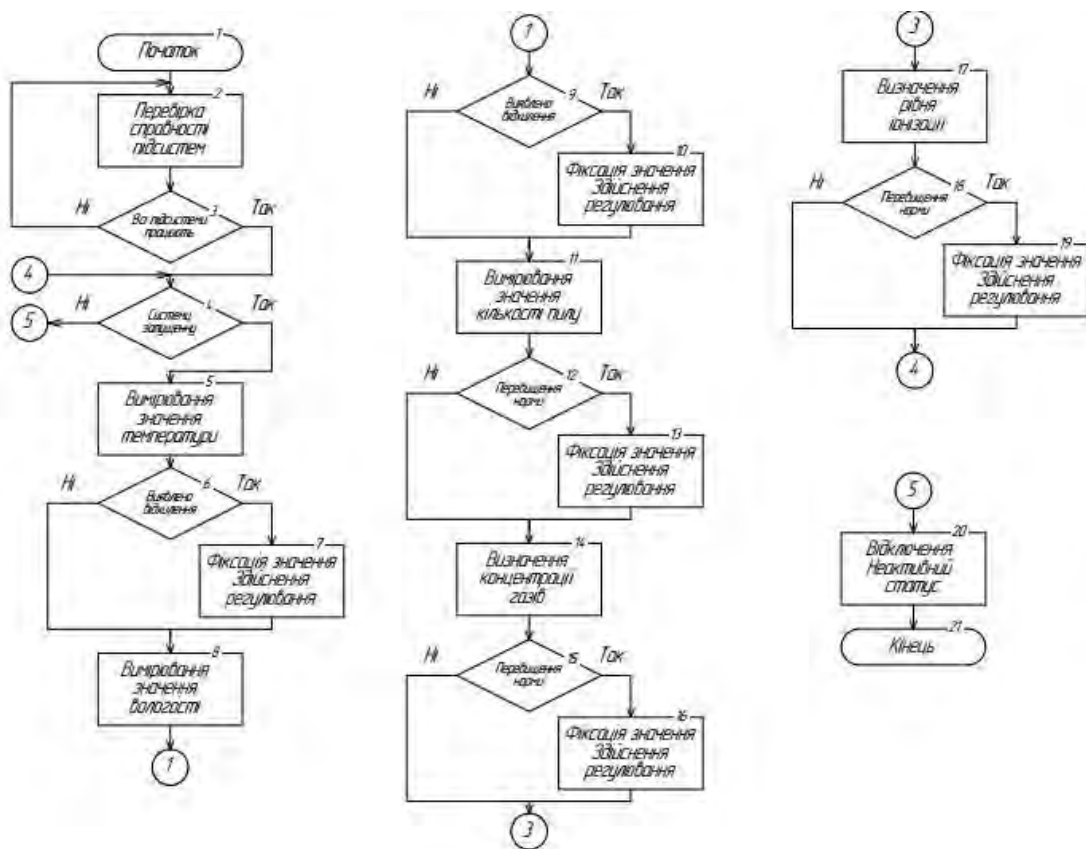


Рисунок 5.8. Загальний вигляд блок-схеми алгоритму роботи

5.3. Висновки до розділу 5

У цьому розділі було розроблено та детально описано блок-схему алгоритму роботи автоматизованої системи контролю якості повітря в офісному приміщенні.

Розроблена блок-схема алгоритму детально описує кожен ключовий етап враховуючи початкові налаштування, перевірку працездатності, перевірку запуску системи, вимірювальні етапи для визначення параметрів якості повітря таких як: температура, вологість, концентрація пилу, концентрація шкідливих газів та рівень іонізації. Також в алгоритмі передбачено виконання дій щодо мінімізації шкідливих чинників та підтримку оптимального значення інших параметрів, наприклад температури та вологості.

6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ «СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ В ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ»

У цій частині увагу приділено розгляду питання організації та розвитку стартап-проєкту на основі розробленої системи автоматизованого контролю якості та керування націлених на офісні приміщення. Розглянемо основні складники, які можуть забезпечити спроможність ідеї до реалізації, оцінимо можливості та загрози, переглянемо конкурентів та визначимо стратегію компанії щодо розвитку.

6.1. Опис ідеї проєкту

Забезпечення автоматизованого керування, зокрема щодо контролю параметрів якості повітря в офісному приміщенні є дуже актуальним та важливим питанням. Все частіше впроваджуються ці системи контролю і існує необхідність створення нової пропозиції щодо керування якістю.

На початку роботи варто детально описати базові ідеї стартап-проєкту (табл. 6.1).

Таблиця 6.1. Опис ідеї стартап-проєкту [11]

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автоматизована система контролю якості повітря в офісному приміщенні	Контроль показників якості повітря	Автоматизований контроль показників і моніторинг
	Керування якістю повітря	Автоматизоване регулювання і вплив на стан повітря
	Керування процесами в офісі	Автоматизація виконання процесів в офісному приміщенні, мінімізація людського фактору

Аналіз техніко-економічних переваг ідеї стартап-проєкту у порівнянні з пропозиціями конкурентів:

- визначити перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;

- визначити попередні кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проєкту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

- провести порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають:

а) гірші значення (W, слабкі);

б) аналогічні (N, нейтральні) значення;

в) кращі значення (S, сильні) (табл. 6.2).

Таблиця 6.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик[11]

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проєкт	Sonoff	Ajax			
1.	Керуючий елемент	Raspberry Pi	Власний модуль	Власний модуль			+
2.	Бездротові технології	Наявні	Наявні	Наявні		+	
3.	Система моніторингу параметрів якості	Наявна	Не спеціалізовано	Не спеціалізовано			+
4.	Енергоефективність	Висока	Середня	Висока		+	
5.	Надійність модулів	Висока	Висока	Висока		+	
6.	Цінова категорія	Низька	Висока	Середня			+

Система що розглядається має високопотужний елемент управління, спеціалізовану систему моніторингу включно з алгоритмами, має хорошу енергоефективність, хорошу якість та надійність і забезпечує низьку цінову категорію для більшої кількості потенційних клієнтів.

На даному етапі проводимо аудит технології реалізації даної автоматизованої системи (табл. 6.3). Визначаємо оптимальну ідею проекту та її реалізацію.

Таблиця 6.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту [11]

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	На основі мікрокомп'ютера організувати систему керування та моніторингу якості повітря в офісі	Бездротові технології Мікроконтролер середньої потужності для забезпечення оптимальної автономної системи керування	Наявні	Доступні
		Бездротові технології Наявність потужних і недорогих мікрокомп'ютерів для забезпечення автоматизації процесів керування	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: обрано варіант 2				

Обрано другий варіант так, як він здатний за відносно низьку ціну забезпечити високорівневу та потужну систему керування та контролю параметрами якості повітря. З її використанням можна забезпечити автономність, повну автоматизацію та високу функціональність, що є дуже важливими параметрами для такої системи.

Складемо морфологічну карту для визначення базових аспектів, які варто врахувати при побудові системи контролю якості повітря і їх можливі варіанти реалізації (див. табл. 6.4).

Таблиця 6.4. Морфологічна карта [11]

Функції / Технічні засоби	Проміжні рішення		
	1	2	3
Бездротова технологія	Wi-Fi	ZigBee	-
ЕОМ	STM32	Raspberry Pi	Arduino
Перелік датчиків	Освітлення, температура, газ, пил	Температура, пил, вологості, газ, датчик рівня іонізації	Температура, вологість, пил, газ

Обрано, як базовий - варіант номер 2, так як використання такого підходу дозволить максимально реалізувати поставлену задачу.

6.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

На даному етапі проводимо попередній опис характеристики потенційного ринку стартап-проєкту (табл. 6.5) згідно з реаліями ринку такого роду систем.

Таблиця 6.5. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту [11]

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	25000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Конкуренція серед інших компаній
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або ринку), %	30

Ринок автоматизованих систем керування досить динамічний, має високу рентабельність та позитивну динаміку зростання. Але існує певна кількість важливих конкурентів, які мають високу популярність та показники роботи. Цей фактор може впливати на розвиток стартапу.

На наступному етапі проводимо опис характеристик потенційних клієнтів стартапу (табл. 6.6).

Таблиця 6.6. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту [11]

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп	Вимоги споживачів до товару
1	Моніторинг параметрів повітря	Офісні компанії Приватні організації Установи	Необхідність визначення поточних параметрів якості повітря для подальшого покращення	Висока точність Надійність Довговічність
2	Автоматизація керування якістю повітря	Офісні компанії Приватні організації Установи Житлові будинки	Необхідність автоматизованого керування та впливу на якість повітря на основі вимірянних даних	Потужність Функціональність Продуктивність

До основної групи клієнтів відносяться офісні приміщення, компанії які мають офіси тощо. Система спеціалізована саме під офісне управління, тому доречність вибору очевидна.

Наступним кроком описуємо фактори загроз (табл. 6.7), які доцільно врахувати.

Таблиця 6.7. Фактори загроз [11]

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зростання конкуренції	Ріст популярності систем аналогів впливає на продаж системи проєкту	Впровадження нових технологічних рішень для модернізації функцій
2	Низький попит	Користувачі не зацікавлені в системі	Популяризації системи
3	Недостатня точність	Точність вимірювання параметрів не достатня	Покращення методів вимірювання
4	Високе енергоспоживання	Модулі системи споживають занадто багато енергії	Покращення енергоспоживання в модулях, пошук нових ефективних складових
5	Недостатня якість	Якість модулів нижче очікуваної	Пошук методів покращення якості виконання

Майже усі загрози, окрім низького попиту та конкуренцію, можуть бути регульованими та легко мінімізованими. Важливим залишається питання впровадження новітніх методів та підходів до організації системи керування.

Наступним етапом переходимо до факторів можливостей (табл. 6.8).

Таблиця 6.8. Фактори можливостей [11]

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання функціональності	Розростання системи, її складових та відповідно функціональності	Пошук нових методів забезпечення функціональності та розрахунків
2	Модернізація складових	Впровадження кращих складових для системи	Впровадження нових оптимізованих складових
3	Впровадження штучного інтелекту	Інтелектуалізація системи контролю	Вибір ядра, який здатний підтримувати ШІ
4	Зниження вартості	Зниження собівартості виготовлення системи	Використання іншого підходу до організації системи зі зниженням вартості виконання
5	Підвищення енергоефективності	Зростання рівня автономної роботи	Впровадження енергозберігаючих рішень

Усі розглянуті фактори є досить легкопроваджуваними, так як не потребують особливих вимог щодо часу чи складності виконання. Найбільше питання яке виникає це утримання цінової категорії, так як подальша модернізація передбачає використання дорожчих складових елементів.

Наступним пунктом проведемо ступеневий аналіз конкуренції на ринку (табл. 6.9)

Таблиця 6.9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку [11]

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Чиста конкуренція	Компанії не мають впливу на ціну	Виконання дій щодо подальшого розвитку системи
Рівень конкурентної боротьби - глобальний	Наявність клієнтів в інших країнах	Вихід на міжнародний ринок, або ринок іншої країни
Конкуренція за галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Використання в межах визначеної галузі	Пошук нових зацікавлених клієнтів
Конкуренція за видами товарів - товарно-видова	Між товарами одного виду	Клієнтоорієна системи та послуги
За характером конкурентних переваг - нецінова	Залежить від технологічності	Впровадження нових технологічних підходів до побудови системи
За інтенсивністю - марочна	Впізнаваність продукту	Зниження ціни шляхом пошуку нових технологічних можливостей і організації системи

Наявна чиста конкуренція на даному ринку і в сфері систем автоматизації, відповідно важливим питанням є підтримка високого рівня технологічності, відносно низької цінової категорії та підтримка споживачів, для того щоб мати можливості до конкурентної боротьби.

Наступним кроком який треба виконати є виконання аналізу умов конкуренції у галузі (табл. 6.10)

Таблиця 6.10. Аналіз конкуренції у галузі за М. Портером [11]

Складові аналізу	Прямі конкуренти у галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Sonoff Аjax	Наявність аналогів що копіюють функції	Наявність модулів та їх поставка	Зворотній зв'язок	Копія системи з низькою вартістю і нижчою надійністю
Висновки:	Середній рівень конкуренції	Забезпечити кращі показники роботи системи	Впливають на цінову категорію	Попит та використання	Не здатні відтворити основний функціонал і високу точність

На розвиток можуть впливати потенційні та наявні конкуренти, а також користувачі. У сукупності важливо дотримувати високої технологічної планки, щоб забезпечити для користувачів кращі можливості ніж у конкурентів. Виконаємо обґрунтування факторів конкурентоспроможності (табл. 6.11).

Таблиця 6.11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності [11]

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Забезпечує за низькою ціною якісну та функціоналу систему
2	Точність	Забезпечує високої точність вимірювання показників та системи в цілому
3	Надійність	Використання якісних модулів (складових) дозволяє забезпечити високу надійність
4	Функціональність	Кількість функціональних можливостей забезпечує широкі можливості застосування
5	Оптимізоване енергоспоживання	Оптимізація енергоспоживання збільшує час автономної роботи системи

Пропонована система надає переваги щодо ціни з поєднанням високої точності, надійності, функціональності та енергоефективності, що точно забезпечить конкурентоспроможність.

Проводимо аналіз факторів конкурентоспроможності (табл. 6.12).

Таблиця 6.12. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін [11]

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Фактор конкурентоспроможності у порівнянні з Sonoff						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	20							+
2	Точність	19					+		
3	Надійність	18				+			
4	Функціональність	19					+		
5	Оптимізоване енергоспоживання	16				+			
6	Наявність обслуговування	15			+				

Основними факторами які переважають у питанні конкурентоспроможності є цінова категорія, висока точність вимірювання та спеціалізована функціональність у сукупності з іншими параметрами, які мають однакову характеристику у порівнянні з аналогами.

Виконаємо. SWOT- аналіз стартап-проєкту (табл. 6.13).

Таблиця 6.13. SWOT- аналіз стартап-проєкту [11]

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Потужний центральний елемент 2. Бездротові технології 3. Моніторинг параметрів якості 4. Цінова категорія 5. Автоматизація процесів керування 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модернізація наявних системи зі зростанням вартості 2. Регулярна технічна підтримка 3. Вплив конкурентів
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зростання функціональності 2. Модернізація складових 3. Впровадження штучного інтелекту 4. Зниження вартості 5. Підвищення енергоефективності 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зростання конкуренції 2. Низький попит 3. Недостатня точність 4. Високе енергоспоживання 5. Недостатня якість

Дуже важливим питанням є проведення заходів щодо мінімізації фінансового впливу від модернізації наявних систем, шлях переорганізації, також варто проробити питання технічної підтримки, так як на початковому рівні це може бути складно.

Далі виконаємо визначення альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту (табл. 6.14).

Таблиця 6.14. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту[11]

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Висока	3 міс.
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Висока	2 міс.
3	Стратегія виходу з ринку	Середня	2 міс.

Із зазначених альтернатив було обрано стратегію компенсації слабких сторін стартап-проєкту за рахунок ринкових можливостей.

6.3. Розроблення ринкової стратегії проєкту

Наступним кроком переходимо до проведення вибору цільових груп потенційних споживачів (табл. 6.15).

Таблиця 6.15. Вибір цільових груп потенційних споживачів [11]

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Офісні приміщення	Так	Висока	Висока	Просто
2	Підприємства	Ні	Середня	Середня	Просто
3	Приватні організації	Так	Середня	Середня	Просто
4	Житлові будинки	Так	Середня	Середня	Просто
Як цільові групи обрано: Офісні приміщення					

Цільовими групами у даному випадку виступають офісні приміщення різного типу та форми власності, так як система є спеціалізованою і вона здатна точно і надійно працювати саме у даній групі.

Наступним кроком перейдемо до визначення базової стратегії розвитку (табл. 6.16)

Таблиця 6.16. Визначення базової стратегії розвитку [11]

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Стратегія недиференційованого маркетингу	Енергоефективність Автономність Функціональність	Стратегія диференціації

Базовою стратегією розвитку обрано стратегію диференціації, так як її використання для такого роду системи є більш доцільним, і вона дозволить взяти до уваги конкретні параметри системи і їх розвиток.

Наступним кроком визначаємо стратегію конкурентної поведінки на ринку (табл. 6.17)

Таблиця 6.17. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки [11]

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Шукати нових та забирати існуючих	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

Система яку пропонує стартап є не новизною, але є технічного досконалою, сучасною, ефективною і надійною, що надає їй особливих переваг серед інших варіантів. Обрано стратегію заняття конкурентної ніші в обраній галузі.

Наступним етапом перейдемо до визначаємо стратегії позиціонування стартап-проєкту (табл. 6.18).

Таблиця 6.18. Визначення стратегії позиціонування [11]

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Високий рівень автономності	Стратегія диференціації	Автономна система керування якістю повітря забезпечує оптимальний рівень комфорту на робочому місці	Енергоефективність Автономність Середня ціна
2	Високий рівень автоматизації	Стратегія диференціації	Автоматизація процесів всередині офісу для покращення продуктивності	Автоматизовані рішення Функціональність Продуктивність

У даному випадку обрано стратегію диференціації. Її використання у даному випадку виправдовує свою доцільність. Система позиціонується як технічний автоматизований засіб для забезпечення контролю якості повітря в приміщенні офісу, є автономною, енергоефективною, функціональною та недорогою.

6.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Наступним кроком проведемо визначення ключових переваг концепції для потенційного товару (табл. 6.19).

Таблиця 6.19. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару [11]

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Високий рівень автономності	Забезпечує довгий час автономної роботи	Вищий рівень енергонезалежності, покращення ефективності модулів
2	Енергоефективність	Забезпечує низький рівень використання енергоресурсів	Довший час роботи, нижчі витрати
3	Контроль параметрів якості повітря	Спеціалізована система контролю та керування якістю повітря в офісі	Забезпечення спеціалізованого керування якістю повітря, що відсутнє у більшості аналогів

Вигоди які пропонує проект має кращі показники ніж певна частка рішень, які існують на ринку. Вона здатна забезпечити основні показники якості та технологічності.

Наступним кроком проводимо детальний опис трьох рівнів моделі товару (табл. 6.20).

Таблиця 6.20. Опис трьох рівнів моделі товару 11]

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Високофункціональна автономна система автоматизації контролю та керування якістю повітря в офісі за низьку вартість		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Ор
	1. Функціональність	М	Тх
	2. Автономність	М	Тл
	3. Енергоефективність	М	Тх
	4. Системи дистанційної комунікації	М	Тх
	5. Цінова категорія	М	Е
	Якість: відсутні особливі вимоги щодо якості		
	Пакування: захисна плівка, упаковка, захисні засоби пакування		
Марка: OfficeAutomation			
III. Товар з підкріпленням	До продажу: перевірка цілісності, робочого стану, функціональності модулів		
	Після продажу: технічна підтримка, налаштування, оптимізація		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: оформлення патенту			

Проект є повною відповідністю ідеї, так як він забезпечує достатній рівень автоматизації, ефективності, автономності, функціональності тощо.

Наступним кроком визначимо межі встановлення ціни на даний пропонований продукт (табл. 6.21)

Таблиця 6.21. Визначення меж встановлення ціни [11]

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	13000-30000	20000-40000	10000-100000	10000-30000

Обрано низьку та середню цінову категорії для продукту, що допоможе створювати та поширювати системи з ціною, яка залежить від бажаного функціоналу. Такий підхід забезпечить вищу конкурентоспроможність і зацікавленість.

Таблиця 6.22. Календарний план-графік підготовки стартап-проекту [11]

Стадія стартапу	Період запуску (за місяцями з початку підготовки проекту)					Вартість стадії, грн
	1	2	3	4	5	
Передпосівна	01.01.24 31.01.24					-
Посівна		01.02.24 01.04.24				10000
Прототипування			01.04.24 01.05.24			50000
Закрита бета-версія				01.05.24 01.06.24		100000
Ведення бізнесу					3 01.06.24	200000
Разом						360000

Наступним етапом є формування системи збуту (табл. 6.23).

Таблиця 6.23. Формування системи збуту [11]

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Попередня закупівля	Відправка/доставка, впровадження, налаштування, оптимізація	Нульового рівня	Пряма
2	Регулярна	Відправка/доставка, впровадження, налаштування, оптимізація	Нульового рівня	Пряма

У даному випадку виробник збуває власний продукт, надає можливість попередньої закупівлі та регулярних повсякденних продажів. Відповідно розробник чи виробник має повний контроль над процесом збуту.

Таблиця 6.24. Початкові вкладення на запуск стартап-проєкту [11]

Види витрат	Вартість
НДДКР	5000
Захист прав на об'єкти інтелектуальної власності	10000
Створення робочого прототипу, проведення експериментальних досліджень	30000
Просування проєкту	50000
Витрати на утримання команди	30000
Закупівля обладнання	60000
Орієнтована собівартість першого продукту	15000
РАЗОМ	200000
Витрати які бере на себе стартапер	60000
Необхідні інвестиції	140000

Наступним важливим кроком є опис концепції маркетингових комунікацій (табл. 6.25).

Таблиця 6.25. Концепція маркетингових комунікацій [11]

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Вимагають високої надійності, функціональності, автономності	Соціальні мережі, інтернет середовище, популярні меседжери	Автономність Продуктивність Автоматизація	Відповісти на запитання щодо доцільності та переваг використання цієї системи	Показ функцій, режимів, показників роботи

У рекламі важливо показати потенційним клієнтам переваги та функції які він зможе отримати після встановлення цієї системи для свого офісу, такий підхід є ефективним. Варто приділити увагу розвитку власного функціоналу, а

не рекламі на основі принципу «краще ніж аналоги», так як ліпшим варіантом є демонстрація справжніх переваг і порівняння характеристик.

6.5. Висновки до розділу 6

Було розглянуто та описано ідею стартап-проєкту автоматизованої системи керування та контролю якості повітря в офісних приміщеннях. Розглянуто загальні аспекти, зокрема оптимальні рішення та технології, стратегії, маркетинг, цільова аудиторія, розгляд потенційних проблем, можливостей, визначення загроз та переваг й інші. Розглянуто напрямки можливого застосування, визначено спеціалізацію системи, зокрема з усіх зазначених груп варто надавати систему для офісного призначення, але існує потенційна можливість уніфікації для використання при будь-яких умовах.

Описано техніко-економічні показники проєкту, визначено переваги для клієнта, які він отримаю користуючись цим продуктом. Виконано порівняння з аналогами та заміниками. У даному випадку система має переваги перед іншими за рахунок потужності, спеціалізації для офісів та низької ціни. Проведено технологічний аудит ідеї.

Окремо було розглянуто питання ринкових можливостей з урахування конкуренції серед обраної ніші. Визначено особливості та характеристики цільової аудиторії, для якої дана система розроблена. Виконано ступеневий аналіз конкуренції. Визначено на основі слабких та сильних сторін можливості мінімізації проблем. Виконано SWOT-аналіз

Обрано базові стратегії щодо ринку, просування, охоплення. Розглянуто стратегію конкурентної поведінки враховуючи специфіку галузу та проєкту. Розроблено маркетингову програму та рекламні аспекти. Визначено важливість аспекту на вдосконаленні і зниженні ціни.

ВИСНОВКИ

Магістерську дисертацію було присвячено розробці автоматизованої системи контролю якості повітря в офісному приміщенні. У процесі роботи було розглянуто та описано наступний перелік теоретичним питань та процес а розробки:

- розглянуто та описано перелік основних вимог до якості повітря в офісі згідно санітарних норм та правил. Детально описано вплив негативних факторів на якість повітря та визначено концепції впливу та керування якістю повітря з використанням автоматизованих систем контролю;

- виконано аналіз методів вимірювання параметрів якості повітря в офісному приміщенні та забезпечення виконання вимірювання;

- виконано розробку структурної схеми системи контролю якості повітря в приміщенні, надано опис складових системи та їх призначення в ній. Визначено перелік параметрів для контролю;

- розроблено функціональну схему автоматизації системи контролю якості повітря в офісному приміщенні. Описано складові елементи цієї системи та позначено їх місця розташування. Розглянуто та детально описано перелік вимірювальних елементів які можуть бути використані для виконання вимірювання параметрів якості повітря;

- виконано розробку алгоритму роботи та побудовано блок-схему алгоритму автоматизованої системи контролю якості повітря в офісному приміщенні;

- розроблено стартап-проект на базі розробленої системи контролю якості повітря в офісному приміщенні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міжнародна система класифікації професійних офісних центрів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://web.archive.org/web/20151019015405/http://lordex.com.ua/ua/informaciya/klasifikaciya_professionalnyh_bc/;
2. Міністерство охорони здоров'я України. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. Постанова №42 від 01.12.99 м. Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>;
3. В. В. Дячок, Я. М. Захарко, М. І. Гавришко. Дослідження якості та методів очищення повітря в сучасних офісних приміщеннях. Lviv Polytechnic National University Institutional Repository. – 2012. – С. 104–107;
4. Леві Л.І., Петровський О. М. Моделювання процесу роботи іонновітрового ультрафіолетового озонатора-знезаражувача повітря. Системи управління, навігації та зв'язку. Випуск 2 (34). 2015. С. 42-45;
5. Негативний вплив електромагнітних полів на організм людини [Електронний ресурс] // Головне управління держспоживслужби у львівській області. Самбірське управління - Режим доступу до ресурсу: <https://sambircity.gov.ua/2021/04/13/negativnij-vpliv-elektromagnitnix-poliv-na-organizm-lyudini/>;
6. Zaeem A., Waqas K., Tallal A., Daniyal M. Automated Control System for Indoor Air Quality Management. 2017 International Conference on Energy Conservation and Efficiency (ICECE). P. 85-88. DOI: 10.1109/ECE.2017.8248834;
7. T. Mehmet, G. Hayrettin. Real-Time Monitoring of Indoor Air Quality with Internet of Things-Based E-Nose. Appl. Sci., 9. 2019. P. 1-13. DOI: 10.3390/app9163435;
8. Сучасні інформаційні технології та системний аналіз у наукових дослідженнях: навч. посіб. Для здобувачів освітнього ступеня доктора філософії спеціальності 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” всіх

форм навчання / І. Ю. Черепанська, А. Ю. Сазонов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 270 с.);

9. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.

10. Електронні товари Arduino ua. [Електронне джерело] режим доступу: <https://arduino.ua/>;

11. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.;