

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедри інформаційних та комп'ютерних технологій

ДИПЛОМНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему
**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА
ПІДПРИЄМСТВІ**

Виконала: студентка групи БА-19
спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
освітня програма Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
ПОЛЕВИК Анастасія Павлівна

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. ПИЛИПЕНКО Ю.М.

Рецензент: д.т.н., проф. Чупринка В. І.

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій та вимірювальної техніки

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІКТ

доц., к.т.н. Владислава СКІДАН

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ПОЛЕВИК Анастасії Павлівні

1. Тема роботи: Автоматизована система очищення повітря на підприємстві

Науковий керівник роботи Пилипенко Юрій Миколайович, к.ф.-м.н., доц.
затверджені наказом КНУТД від 08.11.2022 року № 224 -уч

2. Строк подання студентом дипломної роботи 08.06.2023

3. Вихідні дані до дипломної роботи: об'єкт – температура повітря – від 15° С до 35° С, відсоток частинок в повітрі - до 4 мікронів,

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1. Аналіз існуючих варіантів та вибір головних характеристик автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві Розділ 2. Принцип роботи автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві Розділ 3. Розробка моделі конструкції автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві. Загальні висновки. Список використаних джерел.

5. Дата видачі завдання 16.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи (проєкту)	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	24.04.23	
2	Розділ 1. Аналіз існуючих варіантів та вибір головних характеристик автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві	01.05.23	
3	Розділ 2. Принцип роботи автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві	10.05.23	
4	Розділ 3. Розробка моделі конструкції автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві	14.05.23	
5	Загальні висновки	25.05.23	
6	Оформлення дипломної роботи	21.05.23	
7	Здача дипломної роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	08.06.23	
8	Перевірка дипломної роботи на наявність текстових співпадінь та помилок (за 10 днів до захисту)	12.06.23	
9	Подання дипломної роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	15.06.23	

Студент

(підпис)А.П. Полевик
(ініціали та прізвище)Науковий керівник
роботи_____
(підпис)Ю.М.Пилипеко
(ініціали та прізвище)

Рецензент

(підпис)_____
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Полевик А. П. Автоматизована система очищення повітря на підприємстві. Рукопис.

Дипломна бакалаврська робота за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2023 рік.

Дипломна бакалаврська робота присвячена дослідженню автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві з можливістю керування температури та кількістю пилу в повітрі. Розглядається автоматизована система очищення повітря для текстильного підприємства.

Результатами проведеної роботи є створена макетна схема для автоматизованого керування процесом очищення повітря на підприємстві, зменшення кількості пилу в повітрі та регулювання температури в приміщенні .

Ключові слова: автоматизація, автоматизована система керування, мікроконтролер, очищення повітря, контроль якості повітря.

ABSTRAKCYJNY

Polevyk A.P. Zautomatyzowany system oczyszczania powietrza w przedsiębiorstwie. - Rękopis.

Praca licencjacka w specjalności 151 - „Automatyka i technologie zintegrowane z komputerem”, Kijowski Narodowy Uniwersytet Technologii i Projektowania, Kijów, 2023.

Praca licencjacka poświęcona jest badaniu zautomatyzowanego systemu oczyszczania powietrza w przedsiębiorstwie z możliwością sterowania temperaturą i ilością pyłu w powietrzu. Rozważany jest zautomatyzowany system oczyszczania powietrza dla przedsiębiorstwa tekstylnego.

Efektem pracy jest makieta stworzona do automatycznego sterowania procesem oczyszczania powietrza w przedsiębiorstwie, zmniejszania ilości pyłu w powietrzu oraz regulacji temperatury w pomieszczeniu.

Słowa kluczowe: automatyka, zautomatyzowany system sterowania, mikrokontroler, oczyszczanie powietrza, kontrola jakości powietrza.

ANNOTATION

Polevyk A.P. Automated air purification system at the enterprise. - Manuscript.

Bachelor's thesis on specialty 151 - "Automation and computer-integrated technologies", Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2023.

The bachelor's thesis is devoted to the study of an automated air purification system at the enterprise with the possibility of controlling the temperature and the amount of dust in the air. An automated air purification system for a textile enterprise is under consideration.

The results of the work are a mock-up scheme created for the automated control of the air cleaning process at the enterprise, reducing the amount of dust in the air and regulating the temperature in the room.

Keywords: automation, automated control system, microcontroller, air purification, air quality control.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВАРІАНТІВ ТА ВИБІР ГОЛОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	11
1.1 Основні поняття	11
1.2 Види автоматизованих систем.....	12
1.3 Проблематика систем очищення повітря на підприємстві	13
1.4 Методи очищення повітря.....	14
Висновки до розділу 1	18
РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	20
2.1 Основні поняття.	20
2.2 Принцип роботи припливної вентиляції.....	21
2.3 Структурна схема контуру регулювання.....	24
2.4 Параметри технологічного процесу.	25
Висновки до розділу 2	26
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛІ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ	27
3.1 Вибір платформи Arduino.....	27
3.2 Вибір перетворюючих та виконавчих елементів	31
3.3 Розробка макета підключення.....	36
3.4 Розробка програмного забезпечення.....	36
Висновки до розділу 3	43
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
Додаток А.....	50

ВСТУП

Актуальність теми. Очищення повітря - це складна багаторівнева система фільтрації повітря в замкнутому просторі. Історія його створення і удосконалення безпосередньо пов'язана з розвитком процесів життєдіяльності людини, його прагненням керувати кліматом, в якому він живе, а вентиляція, по суті, передбачає собою процес видалення з приміщення забрудненого повітря на зміну свіжому. Саме завдяки цьому, вдається організувати сприятливий мікроклімат в кімнатах будь-якого призначення, повітря насичується киснем.

Глобальний розвиток індустріальної промисловості ускладнило завдання очищення повітря. Використання небезпечних для здоров'я людини речовин та матеріалів на заводах і фабриках вимагало створення ефективної системи очищення повітря.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка автоматизованої системи очищення повітря для підприємства .

Завдання дослідження.

1. Моніторинг рівня забрудненості повітря в режимі реального часу.
2. Аналіз зібраних даних та визначення оптимальних параметрів очищення повітря.
3. Розробка алгоритмів створення автоматичної системи очищення повітря.
4. Відображення інформації про стан системи та її ефективність на моніторах управління.
5. Попередження про аварійні ситуації, робота в умовах аварійних ситуаціях та запобігання їх виникненню.
6. Збереження даних про роботу системи автоматизації, аналіз її ефективності, та рекомендації для подальшого вдосконалення системи.

Таким чином, основним завданням автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві є забезпечення безпечних умов праці для працівників та

запобіганні шкідливого впливу виробничих викидів на довкілля за допомогою ефективного та автоматизованого контролю рівня забрудненості повітря та його очищення.

Об'єкт дослідження. Автоматизована система очищення повітря для підприємства .

Предмет дослідження. Методи, моделі та апаратно-програмні засоби для побудови автоматизованої системи очищення повітря для підприємства.

Методи дослідження. При дослідженні процесу створення автоматизованої системи автоматизації використані методи систематичного аналізу. Проведений аналіз сучасного стану автоматизованої системи очищення повітря для підприємства. При створенні автоматизованої системи очищення повітря для підприємства застосовані методи теорії автоматичного керування.

Інформаційна база. При написанні дипломної роботи використані наукові публікації з фондів бібліотеки КНУТД, наукові публікації у відкритій печаті, інформація з Інтернету.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропоновано новий підхід для підтримання автоматизованої системи очищення повітря, який дозволяє здійснювати, постійний контроль за температурою та рівнем пилу в приміщенні, а також метод автоматизованого керування цим процесом.

Практичне значення одержаних результатів. Використання запропонованої комп'ютерно-інтегрованої системи очищення повітря дозволить зменшити шкідливий вплив на здоров'я працівників та довкілля навколо підприємства.

Особистий внесок випускника. Проаналізовано автоматизовані види систем автоматизації, спроектовано найефективнішу систему для текстильного підприємства за допомогою спеціальної програми для проектування електронних схем Fritzing і розроблено код на Arduino Uno.

Апробація результатів бакалаврської дипломної роботи Основні положення і результати бакалаврської дипломної роботи доповідалися і обговорювалися на X Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти та молодих вчених з автоматичного управління, 12 квітня 2023, Херсон-Хмельницький

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота (проект) бакалавра складається зі вступу, розділів, висновків, списку використаних джерел (11 найменувань) та додатку. Загальний обсяг дипломної роботи (проекту) 45 сторінок комп'ютерного тексту (без додатку).

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВАРІАНТІВ ТА ВИБІР ГОЛОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.1 Основні поняття

Способів очищення повітря для підприємства безліч і для більш конкретного розкриття теми в дипломному проекті буде описано підприємство, котре займається текстилем.

Існує кілька типів автоматизованих систем очищення повітря, серед яких можна виділити наступні:

- **Системи з фільтрацією повітря** - це системи, які використовують фільтри для затримання пилу, бактерій, вірусів та інших забруднювачів. Вони можуть бути звичайними фільтрами, електростатичними фільтрами або фільтрами з активним вугіллям.
- **Системи з іонізацією повітря** - це системи, які випускають іони в повітря, що заряджають забруднювачі та змушують їх осідати на поверхні.
- **Системи з ультрафіолетовим випромінюванням** - це системи, які використовують ультрафіолетове випромінювання для знищення бактерій та вірусів.
- **Системи з озонуванням повітря** - це системи, які використовують озон для знищення бактерій та вірусів.
- **Системи з комбінованим очищенням повітря** - це системи, які поєднують у собі кілька методів очищення повітря, щоб забезпечити максимальну ефективність [1]

1.2 Види автоматизованих систем

Існує кілька видів вентиляційних систем для очищення повітря, серед яких:

- **Принудна вентиляція з використанням фільтрів.** Це система, яка використовує вентилятор для примусового витягування повітря з приміщення та його очищення через фільтри від пилу, бактерій, вірусів та інших забруднень.
- **Рециркуляційна вентиляція.** Це система, яка використовує вентилятор для циркуляції повітря в приміщенні та його очищення через фільтри. Ця система не витягує повітря з приміщення, а лише очищує його внутрішній обсяг.
- **Ультрафіолетова вентиляція.** Це система, яка використовує ультрафіолетове випромінювання для знищення бактерій та вірусів у повітрі. Ця система може бути використана як додатковий елемент в інших вентиляційних системах.
- **Іонізаційна вентиляція.** Це система, яка використовує іонізатори для зарядження частинок пилу та інших забруднень у повітрі. Заряджені частинки притягуються до заземленої поверхні, де вони можуть бути легко видалені.
- **Термічна вентиляція.** Це система, яка використовує теплову енергію для очищення повітря. Повітря нагрівається до високої температури, що знищує бактерії та віруси, а потім охолоджується перед поверненням у приміщення [2].

1.2.1 Основні елементи конструкції

Для текстильного підприємства найкраще підійде система принудної вентиляції з використанням фільтрів. Це пов'язано з тим, що в процесі виробництва текстилю в повітрі можуть бути присутні різні шкідливі речовини, такі як пил, волокна, хімічні речовини тощо. Використання фільтрів дозволяє забезпечити ефективне очищення повітря від цих речовин і зменшити ризик

виникнення проблем зі здоров'ям у працівників. Крім того, примусна вентиляція дозволяє забезпечити постійний потік свіжого повітря, що позитивно впливає на робочі умови і знижує ризик виникнення неприємного запаху [3].

Примусна вентиляція з використанням фільтрів включає в себе різні компоненти, які забезпечують очищення повітря в приміщенні.

Основні елементи системи примусної вентиляції з фільтрами включають:

- **Вентилятор:** це пристрій, який забезпечує рух повітря через систему вентиляції.
- **Фільтри:** фільтри використовуються для очищення повітря від шкідливих речовин, таких як пил, дим, бактерії та інші забруднювачі.
- **Дифузори:** дифузори використовуються для розподілу очищеного повітря по приміщенню.
- **Контролер:** контролер забезпечує автоматичне керування системою вентиляції, що дозволяє підтримувати стабільний рівень чистоти повітря.

У примусній вентиляції з фільтрами використовуються різні типи фільтрів, такі як механічні, електростатичні, вугільні та інші. Ці фільтри забезпечують ефективне очищення повітря від різних забруднювачів, що дозволяє покращити якість повітря в приміщенні та знизити ризик захворювання на різні захворювання дихальних шляхів [4].

1.3 Проблематика систем очищення повітря на підприємстві

Очищення повітря на текстильному підприємстві є важливою проблемою, оскільки виробничий процес пов'язаний з великою кількістю пилу, волокон та інших забруднювачів, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників та якість продукції [5].

Однією з основних проблем є викиди в атмосферу великої кількості пилу та волокон, які можуть бути шкідливими для здоров'я людини. Також на

текстильному підприємстві можуть бути використані різні хімічні речовини, які також можуть бути шкідливими для здоров'я.

Для розв'язання цієї проблеми можна використовувати системи принудної вентиляції з використанням фільтрів, які забезпечують очищення повітря від пилу та інших забруднювачів. Також можна використовувати спеціальні системи очищення повітря, які забезпечують видалення хімічних речовин з повітря [6].

Важливо також забезпечити правильне утримання та обслуговування систем вентиляції та очищення повітря, щоб вони функціонували належним чином та забезпечували ефективне очищення повітря.

1.4 Методи очищення повітря

В різних сферах промисловості в ході виробничих процесів виділяється велика кількість не тільки пилу, а й інших газів - і пароподібних домішок, які часто мають високу температуру на виході в атмосферу [7]. Для очищення від цих домішок використовуються кілька основних методів:

Метод абсорбції – тобто промивання викидів розчинниками домішки.

Суть такого методу полягає в тому, що забруднена повітряна суміш розділяється на складові частини, при цьому шкідливі речовини видаляються з суміші за рахунок поглиначів, який називають абсорбентом, утворюючи розчин. Діє це за рахунок плівкової теорії, яка означає, що при торканні речовин, які знаходяться в рідкому і газоподібному стані, утворюється дві плівки на поверхні розділу двох фазових станів. За рахунок дифузії речовина, що вловлюють з газоповітряної суміші, проникає спочатку в газу, потім в рідинну плівку, а потім потрапляє у внутрішні шари абсорбенту.

Прикладом обладнання, яке при цьому використовується, є скрубери різних модифікацій.

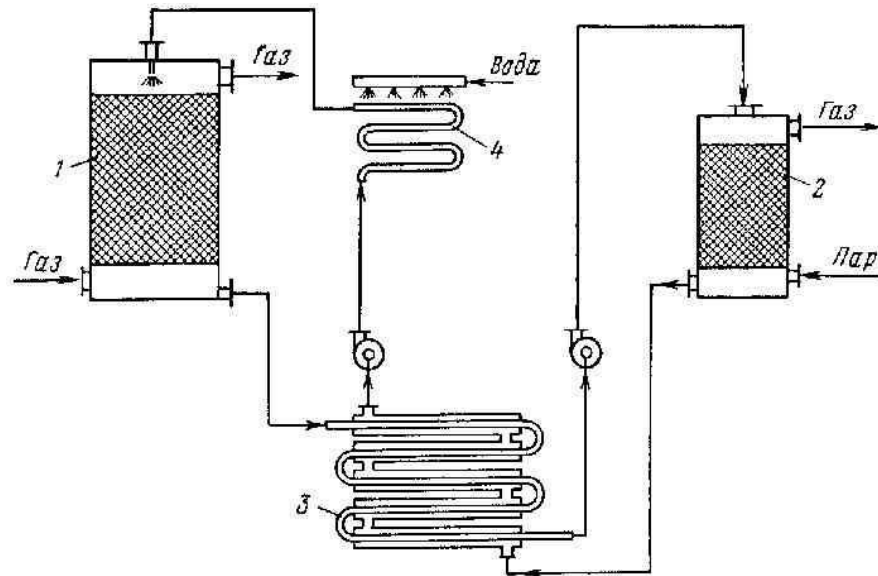


Рисунок 1.1 - Приклад абсорбційної установки для очищення повітря

- 1 – абсорбер;
- 2 – десорбер;
- 3 – теплообмінник;
- 4 – холодильник.

Метод адсорбції – поглинання газоподібних домішок твердими активними речовинами.

Суть цього методу ґрунтується на фізичних властивостях деяких речовин вловлювати на своїй поверхні окремі компоненти газової суміші. Найчастіше таким матеріалом є активоване вугілля. Його застосовують для очищення від органічних речовин, для видалення неприємного запаху і газоподібних складових. Також, в якості адсорбентом використовують різноманітні оксиди, які відрізняються від вугілля більш високої селективної здатністю. У тому числі застосовуються розчини, які можуть допомогою хімічних реакцій перетворювати шкідливі домішки, що містяться в повітрі у нешкідливі [8].

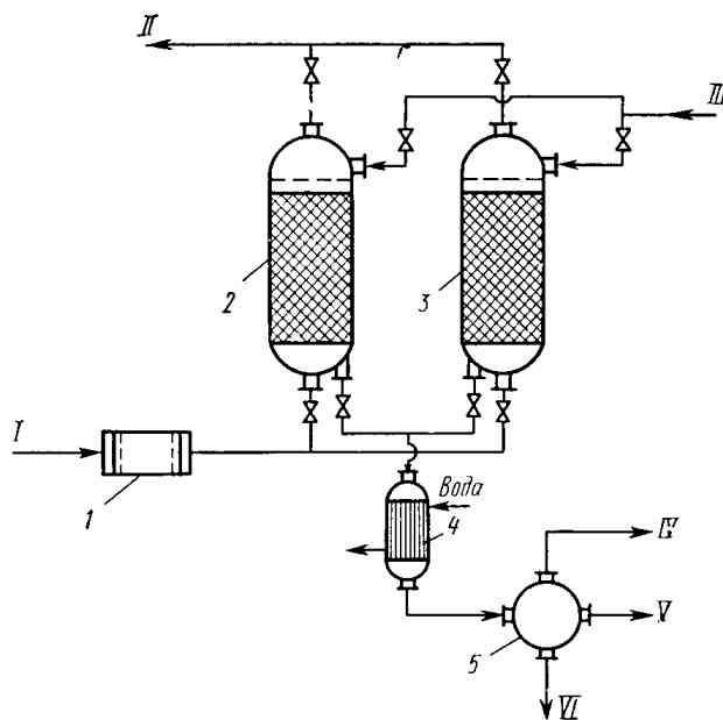


Рисунок 1.2 - Приклад адсорбційної установки

- 1 – фільтр;
- 2, 3 – адсорбери;
- 4 – конденсатор;
- 5 – сепаратор.

Метод хемосорбції – промивання викидів розчинами реагентів, які хімічним способом пов'язують домішки.

Суть цього методу полягає в поглинанні шкідливих домішок твердими або рідкими поглиначами, які в підсумку утворюють слабо летючі або малорозчинні хімічні сполуки. Більшість реакцій, які при цьому відбуваються, є екзотермічними. Це означає, що вони оборотні, і при підвищенні температури знову можуть виділитися шкідливості, які були поглинені.

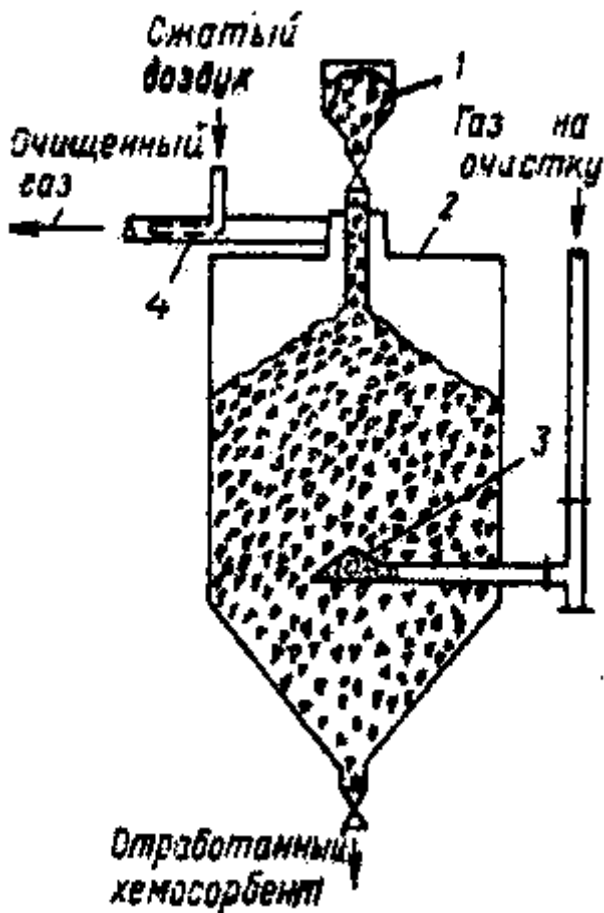


Рисунок 1.3 Приклад хемосорбційної установки фториду водню вапняком

- 1 – бункер;
- 2 – корпус контактної апарату;
- 3 – газорозподільне пристрій;
- 4 – пневматичний ежектор.

Каталітичний метод використовується для того, щоб перетворити токсичні речовини, які знаходяться в викидуючому повітрі в менш шкідливі або нешкідливі речовини для навколишнього середовища. Це відбувається за рахунок введення в систему додаткових каталізуючих речовин. Тобто, це ґрунтується на хімічній взаємодії каталізатора і регенеруючих сполук, у результаті з'являються проміжні речовини і регенований каталізатор.

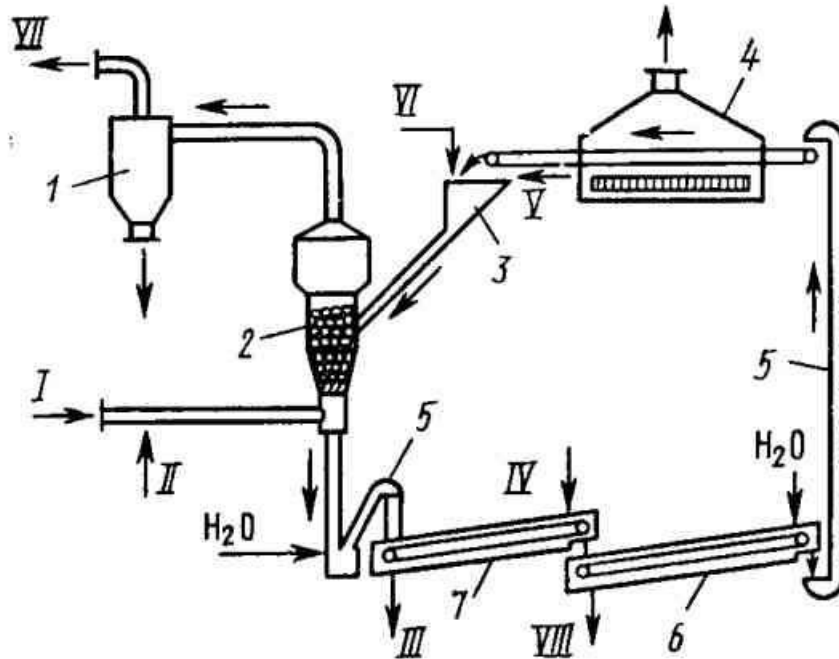


Рисунок 1.4 Приклад каталітичної очищення газу від сірководню у зваженому шарі активного вугілля

- 1 – циклон-пиловловлювач;
- 2 – реактор зі зваженим шаром;
- 3 – бункер з живильником;
- 4 – сушильна камера;
- 5 – елеватор;
- 6 – реактор промивання каталізатора;
- 7 – реактор екстракції сірки.

Висновки до розділу 1

1) В цьому розділі було розглянуто типи, види та елементи конструкції систем очищення повітря на підприємствах.

2) Розглянуто проблематику очищення повітря на текстильних підприємствах. Основна проблема полягає в викидах в атмосферу великої

кількості пилу та волокон, які можуть бути шкідливими для здоров'я людини. Також на текстильному підприємстві використані різні хімічні речовини, які також шкідливі для здоров'я. Отож для цього необхідно використовувати можна використовувати системи принудної вентиляції з використанням фільтрів, які забезпечують очищення повітря від пилу та інших забруднювачів.

3) Було розглянуто основні елементи конструкції для текстильного підприємства які обов'язково повинні бути в системі вентиляції.

РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

2.1 Основні поняття

Повітря, перед тим як потрапити в приміщення, проходить велику кількість обробок. Після того як повітря пройде через повітряну решітку, воно потрапляє на фільтри з різними ступенями очищення від забруднюючих елементів і сторонніх домішок. Дані фільтри будуть очищати повітря від пилу, бруду, шкідливих газів і газів, що з'явилися від шкідливих виробничих процесів. Також повітря очищається від автомобільних викидів і інших сторонніх запахів. З усього цього випливає, що така вентиляція очищає повітря від шкідливих речовин, захищає ваше здоров'я від інфекцій, бактерій і згубного впливу технічних відходів та газів. Як і звичайні системи кондиціонування, припливна вентиляція може проводити практично будь-які маніпуляції з повітрям [9]. Можна змінити кількість частинок і чи температуру повітря як велику, так і в меншу ступінь.

Щоб нагріти повітря, припливна вентиляція використовує припливний калорифер, який може змінювати свою потужність. Потужність, яку необхідно використовувати на нагрівання повітря, він вираховує сам, в залежності від зовнішніх умов середовища і обсягу повітря, що поступає [10].

Функціональна схема припливної вентиляції включає в себе наступні елементи:

1. Вентилятор - для створення потоку повітря в приміщенні.
2. Фільтр - для очищення повітря від пилу, бруду та інших забруднень.
3. Клапан - для регулювання потоку повітря.
4. Датчик температури - для вимірювання температури повітря в приміщенні.
5. Датчик пилу - для вимірювання частинок пилу повітря в приміщенні.

6. Мікроконтролер - для керування роботою вентиляційної системи на основі даних, отриманих від датчиків [11].

Ці елементи взаємодіють між собою, щоб забезпечити ефективну та економічну роботу вентиляційної системи.

2.2 Принцип роботи припливної вентиляції

Принцип роботи припливної вентиляції полягає в тому, що подача повітря з вулиці відбувається за допомогою примусового нагнітання калориферу.

Зазвичай для цього використовується блок з вентилятором. Він створює необхідний тиск для примусового нагнітання і подає оброблене повітря у внутрішні частини будівлі.

При примусовому нагнітанні чистого повітря обладнанням створюється надлишковий тиск, який сприяє виведенню зайвого, вже використуваного повітря через вікна і двері.

У роботі розглядається система очищення повітря за допомогою припливної вентиляції [12]. Система автоматичного управління припливної камерою (рис. 2.1) працює наступним чином: вибирається спосіб управління перемикачем SA1 (положення «ручне» або «автоматичне»), та режим роботи перемикача SA2 («зима», «літо»). Ручне місцеве управління електродвигуном припливного вентилятора M1 задається:

- кнопками SB1 («Стоп») і SB2 («Пуск») через магнітний пускач КМ;
- виконавчим механізмом M2 приймального клапана зовнішнього повітря; кнопками SB5 «Відкриття» і SB5 «Закриття» через проміжні реле і власні кінцеві вимикачі;
- виконавчим механізмом M3 клапана на теплоносії;
- кнопками SB7 «Відкриття» і SB3 «Закриття» через проміжне

реле K5 і власні кінцеві вимикачі, а також виконавчим механізмом M4 фронтально-обвідного клапана кнопками SB9, SB10.

Включення-виключення електродвигуна M1 вентилятора сигналізується лампою HL1 «Вентилятор включений», встановленої на щиті автоматизації.

Включення і вимикання припливних систем в автоматичному режимі проводиться кнопками SB3 «Стоп» і SB4 «Пуск», розташованими в штаті управління, через проміжні реле K1 і K2. Підтримка температури припливного повітря здійснюється регулятором температури P2 з термісторного датчиком SK1, встановленому в припливно повітроводі; керуючий сигнал через релейно-імпульсний переривник подається на виконавчий механізм M3 клапана на теплоносії. Виникнення ситуації, коли можливе замерзання сигналізується лампою HL3 «Небезпека замерзання» і звуковим сигналом HA. Готовність вентилятора до пуску після натискання кнопки SB4 сигналізується лампою HL2 (тільки для зимового режиму).

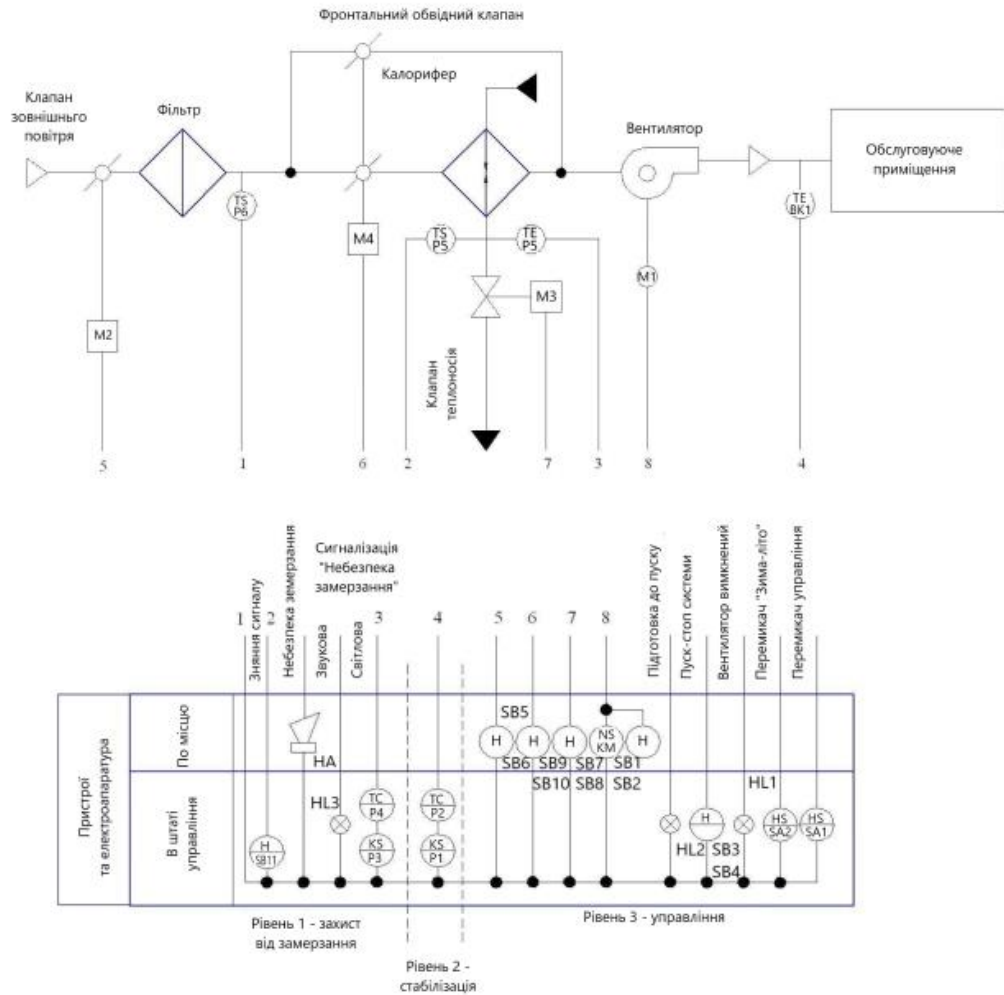


Рисунок 2.1 - Функціональна схема управління припливної камерою

Дана припливна вентиляція відрізняється від звичайних систем кондиціонування тим, що вона не тільки охолоджує або підігріває повітря, але і тим, що збагачує приміщення чистим і насиченим киснем повітрям, яке вона черпає з вулиці, в той час, як звичайні кондиціонери цього зробити не можуть. Описана система трохи дорожче, і установка її складніше стандартних, але не варто економити на якості. Дихати неякісним повітрям вкрай шкідливо для організму і роботи людей, що знаходяться в ньому.

2.3 Структурна схема контуру регулювання

В дипломному проектуванні була розроблена структурна схема за таким параметром як тиск:

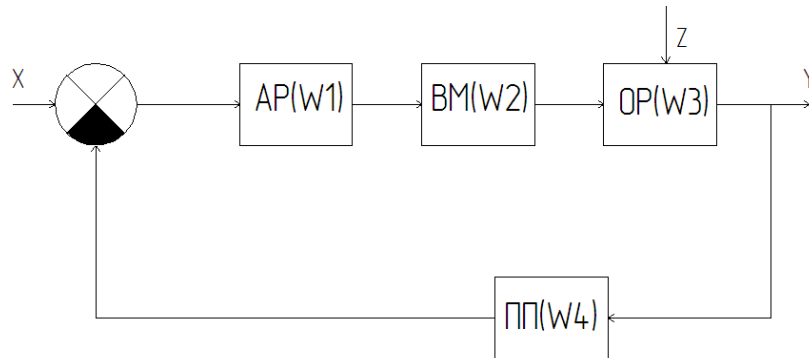


Рисунок 2.2 – Структурна схема тиску повітря після фільтру

АР – автоматичний регулятор;

ВМ – виконавчий механізм;

ОР – об'єкт регулювання;

ПП – первинний перетворювач;

X – завдання;

Z – збурення;

Y – вихідний сигнал регулювання.

Регулювання пилу в повітрі в припливній системі автоматизації здійснюється за допомогою одноконтурної системи регулювання. Воно полягає в зміні подачі витрат повітря в фільтр. Регулятор має ПД закон регулювання.

Оскільки в більшості випадків статична похибка не допускається. Принцип роботи АСР полягає в наступному: із зміною температури в об'єкті регулювання (фільтрі) первинний перетворювач (датчик тиску) змінює величину сигналу на своєму виході в межах 4-20 мА. Далі, сигнал надходить до автоматичного регулятора (повітряної заслінки), який опрацьовує отримані

значення і в залежності від їх опрацювання отриманих даних відправляє стандартизований уніфікований сигнал управління 4-20 мА на виконавчий механізм (електропривод), який в свою чергу безпосередньо впливає на об'єкт регулювання [13].

ПІД-регулятор забезпечує стійке астатичне регулювання продуктивності компресора, підтримуючи з високою точністю тиск на заданому рівні.

2.4 Параметри технологічного процесу.

Згідно з ДСТУ 2604-94.очищення повітря повинно підтримуватися на певному рівні для підтримки нормальних умов роботи працівників без загрози здоров'ю [14]. На таблиці 2.1 продемонстровані параметри роботи припливної вентиляції.

Таблиця 2.1 – Технологічна карта процесу

Параметр фільтру	Одиниця вимірювання	Номінальне значення	Допустиме відхилення
Продуктивність по очищенню газу	м ³ /год	138000	3-3,8%
Гідрравлічний опір фільтра	Па	1800	1-1,5%
Температура газу, що очищається: 1. на вході в фільтр 2. на виході з фільтру	°C	1. Не більше 200 °C 2. °C Вище температури кислотної точки роси на 15-20 °C	±5°C
Тиск стиснутого повітря на регенерацію і управління вимикаючимися заслінками	мПа	0,5-0,6	0,0001%

Витрата стисненого повітря на регенерацію і управління вимикаючимися заслінками	м ³ /хв	2,4	0,08-1,1%
---	--------------------	-----	-----------

Висновки до розділу 2

- 1) В цьому розділі розглянуто принцип роботи вентиляції нашої системи.
- 2) Розроблено та представлено функціональну схему системи вентиляції, описано її роботу.
- 3) Описано структурну схему контуру регулювання за параметром тиску, за яким принципом здійснюється система регулювання, та за якими законами діє.
- 4) Розроблено та продемонстровано карту технологічного процесу і його параметри.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛІ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

3.1 Вибір платформи Arduino

За допомогою Arduino можна реалізувати практично будь-який ваш задум. Це може бути автоматична система управління поливом, або веб-сервер, або навіть автопілот для мультикоптеру.

Отже, Arduino - це платформа для розробки пристроїв на базі мікроконтролера, на простій і зрозумілій мові програмування в інтегрованому середовищі Arduino IDE.

Додавши датчики, приводи, динаміки, додавши модулі (плати розширення) і додаткові мікросхеми, ви можете використовувати Arduino як "мозок" для будь-якої системи управління. Важко навіть перерахувати всі, на що здатна платформа Arduino, тому що можливості обмежені тільки вашою уявою [15].

Для створення свого проекту регулювання системи очищення повітря я обрала плату Arduino Nano.

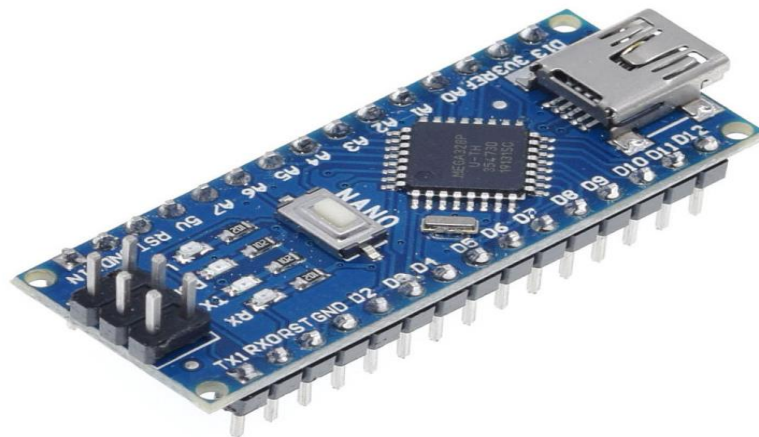


Рисунок 3.1 - Arduino Nano

Arduino Nano це повнофункціональний мініатюрний пристрій на базі мікроконтролера ATmega328, адаптований для використання з макетними платами. За функціональністю пристрій схожий на Arduino Duemilanove і відрізняється від нього розмірами, відсутністю роз'єму живлення, а також іншим типом (Mini-B) USB-кабелю. Arduino Nano розроблено та випускається фірмою Gravitech [16].

3.1.1 Мікроконтролер в Arduino Nano

Arduino Nano використовує мікроконтролер ATmega328, розроблений компанією Atmel (тепер Microchip Technology). Мікроконтролер ATmega328 є одним з найпопулярніших мікроконтролерів, які використовуються на платформі Arduino і має широкий спектр застосувань у сфері електронної розробки.

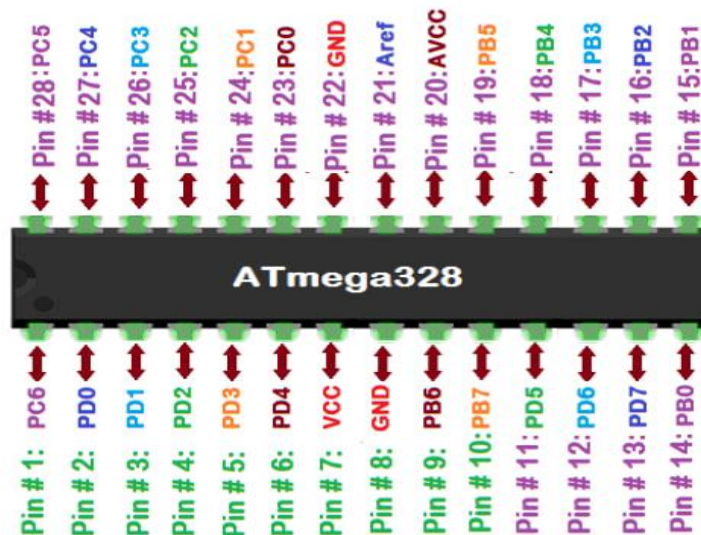


Рисунок 3.2 - Контролер ATmega328

Архітектура: ATmega328 використовує 8-бітну RISC (Reduced Instruction Set Computer) архітектуру. Він має швидкість роботи 1 MIPS на кожному такті годинника (при частоті 16 МГц).

Пам'ять: Мікроконтролер має вбудовану флеш-пам'ять об'ємом 32 кілобайти (КВ), деяка частина якої використовується для зберігання програмного коду. Також присутня статична оперативна пам'ять (SRAM) об'ємом 2 кілобайти для зберігання змінних та даних під час виконання програми.

Вхідно-вихідні порти: ATmega328 має 23 цифрових вхідно-вихідних порти, які можуть бути налаштовані як вхідні або вихідні з використанням програмного коду. Шість з них підтримують генерацію ШИМ-сигналів, що дозволяє керувати інтенсивністю світла, швидкістю моторів та іншими параметрами.

Аналогові вхідні порти: Є 6 аналогових вхідних портів на ATmega328P, що дозволяють зчитувати аналогові значення з датчиків чи інших аналогових джерел. Вхідний діапазон становить від 0 до 5 вольт.

Інтерфейси: Мікроконтролер має вбудовані інтерфейси, такі як USART (Універсальний синхронний/асинхронний приймач-передавач); I2C (Inter-Integrated Circuit) і SPI (Serial Peripheral Interface). Ці інтерфейси дозволяють зв'язати мікроконтролер з різними зовнішніми пристроями, такими як датчики, дисплеї, пам'ять і інші периферійні пристрої.

ШИМ-генератор: ATmega328 має вбудований шість каналів генерації ШИМ-сигналів. Це дозволяє регулювати швидкість моторів, яскравість світлодіодів і керувати іншими параметрами, які вимагають широтно-імпульсної модуляції.

Таймери та лічильники: ATmega328 має вбудовані таймери та лічильники, які можуть використовуватися для реалізації різних функцій, таких як вимірювання часу, генерація переривань, робота зі звуком тощо.

Живлення: Мікроконтролер ATmega328 може працювати при напрузі живлення від 7 до 12 вольт.

Узагальнюючи, ATmega328 є потужним мікроконтролером з широкими можливостями для створення різних електронних пристроїв і систем. Він може

бути поєднаний з різними пристроями та модулями для реалізації різноманітних функцій. Наприклад, з:

- Кварцовим резонатором або кристалом для забезпечення точного генерування сигналів;
- Різними типами сенсорів, такими як датчики температури, вологості, освітлення, руху тощо;
- Різними типами комунікаційних інтерфейсів, такими як UART, SPI, I2C, USB;
- Різними типами виводів, такими як LED-індикатори, дисплеї, реле, мотори тощо.

Залежно від конкретної задачі, мікроконтролер ATmega328 може бути поєднаний і з різними пристроями та модулями для реалізації потрібної функціональності. В моєму випадку, він поєднується з платформою Arduino Nano, що дозволяє швидко розпочати роботу з розробкою прототипів та реалізувати свої ідеї у реальному світі. ATmega328 є високопродуктивним, енергоефективним та досить простим у використанні мікроконтролером, що робить його популярним серед електронних розробників усього світу.

3.1.2 Середина програмування Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) - це офіційне програмне забезпечення для розробки на платформі Arduino. Arduino IDE надає зручне середовище для написання коду, завантаження його на плату Arduino та взаємодії з платою для керування різними периферійними пристроями. Воно побудоване на основі мови програмування C/C++ та використовує спеціальну бібліотеку, яка спрощує взаємодію з апаратними компонентами плати Arduino [17].



Рисунок 3.3 – Інтерфейс програми Arduino IDE V 1.8.16

Окрім того, Arduino IDE можна розширити за допомогою плагінів, що дозволяють додавати нові функції і можливості. Це дозволяє розробникам пристосувати середовище до своїх потреб і використовувати його для розробки більш складних і спеціалізованих проектів.

3.2 Вибір перетворюючих та виконавчих елементів

При виборі перетворюючих та виконавчих елементів для Arduino, слід враховувати різні фактори, такі як функціональність, сумісність з Arduino, вхідні та вихідні інтерфейси, напруга живлення, споживання енергії, розміри та інші технічні характеристики. Внаслідок чого, вибір конкретних елементів залежать від мого проекту і потреб.

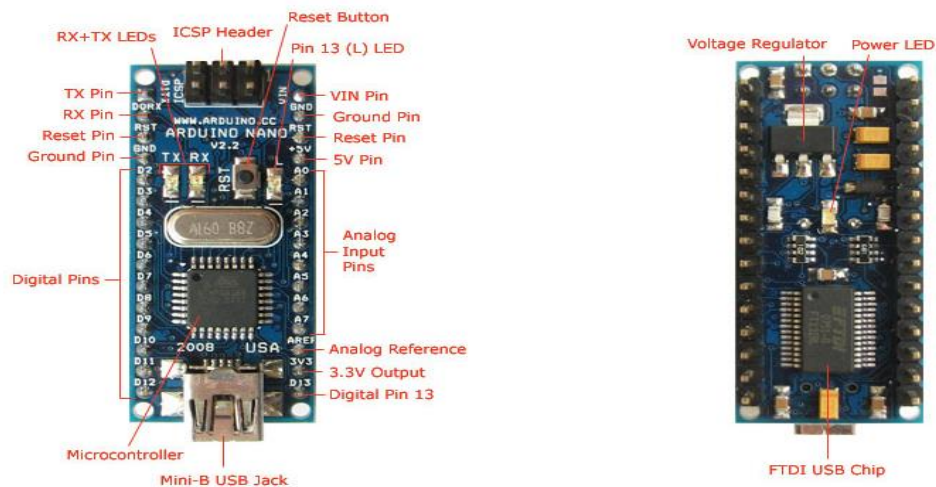


Рисунок 3.4 - Входи/виходи контролера Arduino Nano.

Arduino Nano схожа по собі до Arduino uno має такі самі цифрові входи та виходи. Плата являє собою невелику компактну плату за малим енергоспоживанням. Розглянемо її основні характеристики:

Таблиця 3.1.

Мікроконтролер	Atmel ATmega328
Робоча напруга (логічний рівень)	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи/виходи	14 (з яких 6 можуть використовуватися як ШИМ-виходи)
Аналогові входи	8
Максимальний струм одного висновку	40 мА
Flash-пам'ять	32 КБ з яких 2 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Тактова частота	16 МГц
Розміри плати	1.85 см x 4.3 см

Вибір дисплею. OLED дисплей гідно прикрасить будь-яку Вашу конструкцію, для якої важливі розміри і зовнішній вигляд. Контрастність дисплея дозволить впевнено зчитувати з нього інформацію навіть при дуже яскравому світлі. Просте підключення і поширений I2C інтерфейс дозволить підключити

декілька дисплеїв до будь-якого мікроконтролера або міні-комп'ютера. Адресу можна вибрати перепайкою перемички [18].

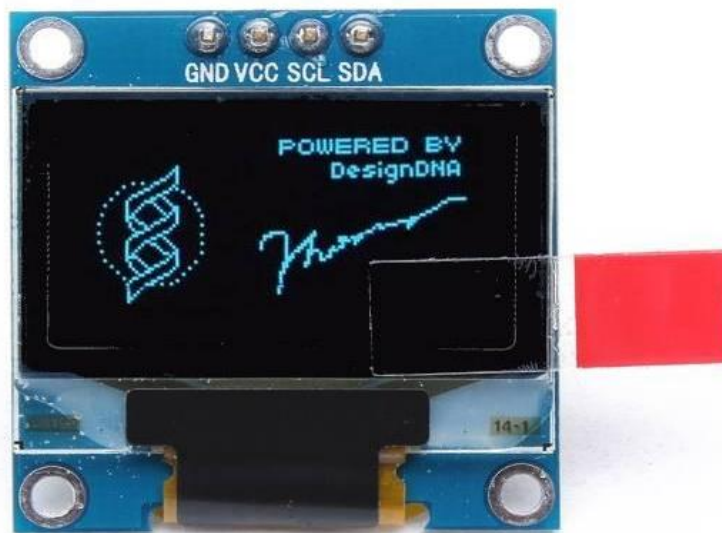


Рисунок 3.5 - OLED дисплей 0.96" I2C

Вибір датчика температури. Клон датчика з повністю аналогічними параметрами: діапазон вимірюваних температур від -55 до $+125$ °C. Зчитуваний з приладу цифровий код є прямим безпосереднім кодом вимірюваного значення температури і не потребує додаткових перетворень. Програмована користувачем роздільна здатність вбудованого АЦП може бути змінена в діапазоні від 9 до 12 розрядів вихідного коду. Абсолютна похибка перетворення менше 0.5 °C в діапазоні контрольованих температур -10 до $+85$ °C. Максимальний час повного 12-ти розрядного перетворення ~ 750 мс (при роздільній здатності 12 розрядів). Для підключення потрібно резистор 4.7 кОм (див. другий малюнок).

Внутрішня енергонезалежна пам'ять температурних установок забезпечує запис довільних значень верхньої та нижньої межі установок. Крім того, мікросхема містить вбудований логічний механізм пріоритетної сигналізації в лінію про факт виходу температури за один з обраних порогів. Вузол 1-Wire-

інтерфейсу приладу організований таким чином, що існує теоретична можливість адресації необмеженої кількості подібних пристроїв на однопровідній лінії.

Термометр має індивідуальний 64-розрядний реєстраційний номер (груповий код 028H) і забезпечує можливість роботи без зовнішнього джерела живлення, тільки за рахунок паразитного живлення однопровідної лінії. Живлення приладу через окремий зовнішній вивід здійснюється напругою від 3.0 В до 5.5 В. [19]

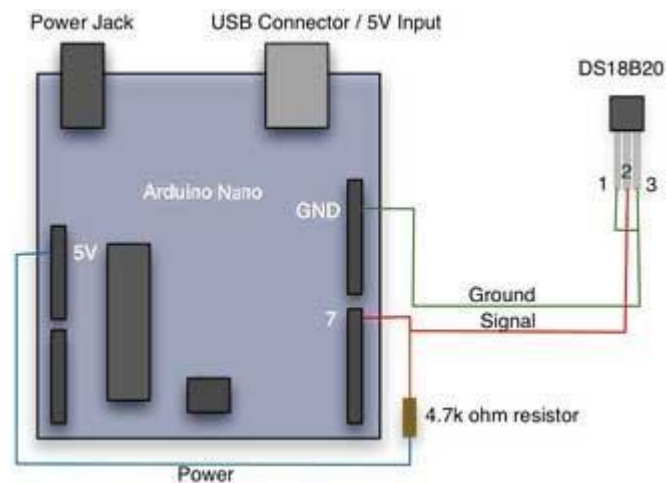


Рисунок 3.6 - Модуль датчика температури DS18B20 та приклад його підключення

Вибір датчика пилу. Модулем датчика якості повітря було обрано Sharp GP2Y1010AU0F бо він виявляє в повітрі дрібні частинки розміром більше 0,8 мкм, в тому числі і сигаретний дим. Модуль має низьке енергоспоживання, яке можна зменшити, відключивши підсвічування зчитувача, аналоговий лінійний вихід з напругою, пропорційним щільності пилу. Вбудований стабілізатор напруги для широкого діапазону живлячої напруги. Застосовується датчик в системах очищення, контролю забруднення і кондиціонування повітря [20].

Характеристика:

- Чутливість: 0,5 В / (100 мкг / м³)

- Діапазон вимірювання: 500 мкг / м³
- Напруга живлення: 2,5 В ~ 5,5 В
- Робочий струм: 20 мА (макс.)
- Робоча температура: -10° ~ 65°
- Температура зберігання: -20° ~ 80°
- Термін служби: 5 років
- Розмір: 63,2 мм × 41,3 мм × 21,1 мм
- Розмір монтажних отворів: 2,0 мм
- Розмір отвору для повітря: 9,0 мм



Рисунок 3.7 - Модуль датчика пилу GP2Y1010AU0F від Waveshare

Вибір реле та димера. В новому приладі було використано модуль електромагнітного реле 5В з одним каналом, який вимагає 5-20мА для спрацьовування, тобто може управлятися безпосередньо з виводів

мікроконтролера Arduino (Рис. 3.8). Вмикається логічною одиницею, вимикається логічним нулем [21].

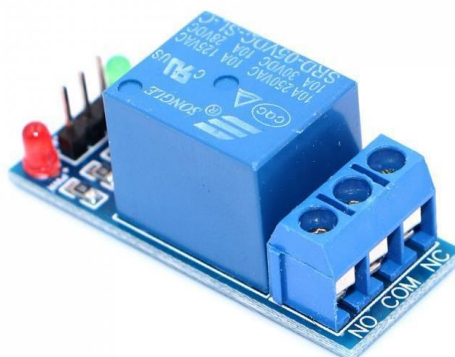


Рисунок 3.8 - Модуль реле 5В

3.3 Розробка макета підключення

В ході досліджень мною був розроблено макет підключень датчиків, реле та засобів виводу інформації до Arduino Nano за допомогою програми Fritzing.

Fritzing - це вільна і відкрита програма для проектування електронних схем, розроблена спеціально для електроніки, прототипування та навчання. Вона надає зручний інтерфейс із графічним зображенням, що дозволяє користувачам легко створювати схеми, плати для печатки та збирати прототипи електронних пристроїв. З допомогою Fritzing можна легко створювати схеми електричних кола. Програма надає графічний інтерфейс, в якому вибираються елементи, такі як резистори, конденсатори, інтегральні мікросхеми та інші електронні компоненти. Вибрані елементи можна розташовувати на полотні і з'єднувати проводами. Fritzing дозволяє створювати візуальні прототипи електронних пристроїв, показуючи підключення між компонентами на реальній дошці або багат шаровій платі. Це дозволяє користувачам перевіряти і вдосконалювати свої проекти перед фізичним виготовленням [22]

В результаті розробки та проектуванні нового приладу, був створений робочий макет автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві (Рис. 3.10).

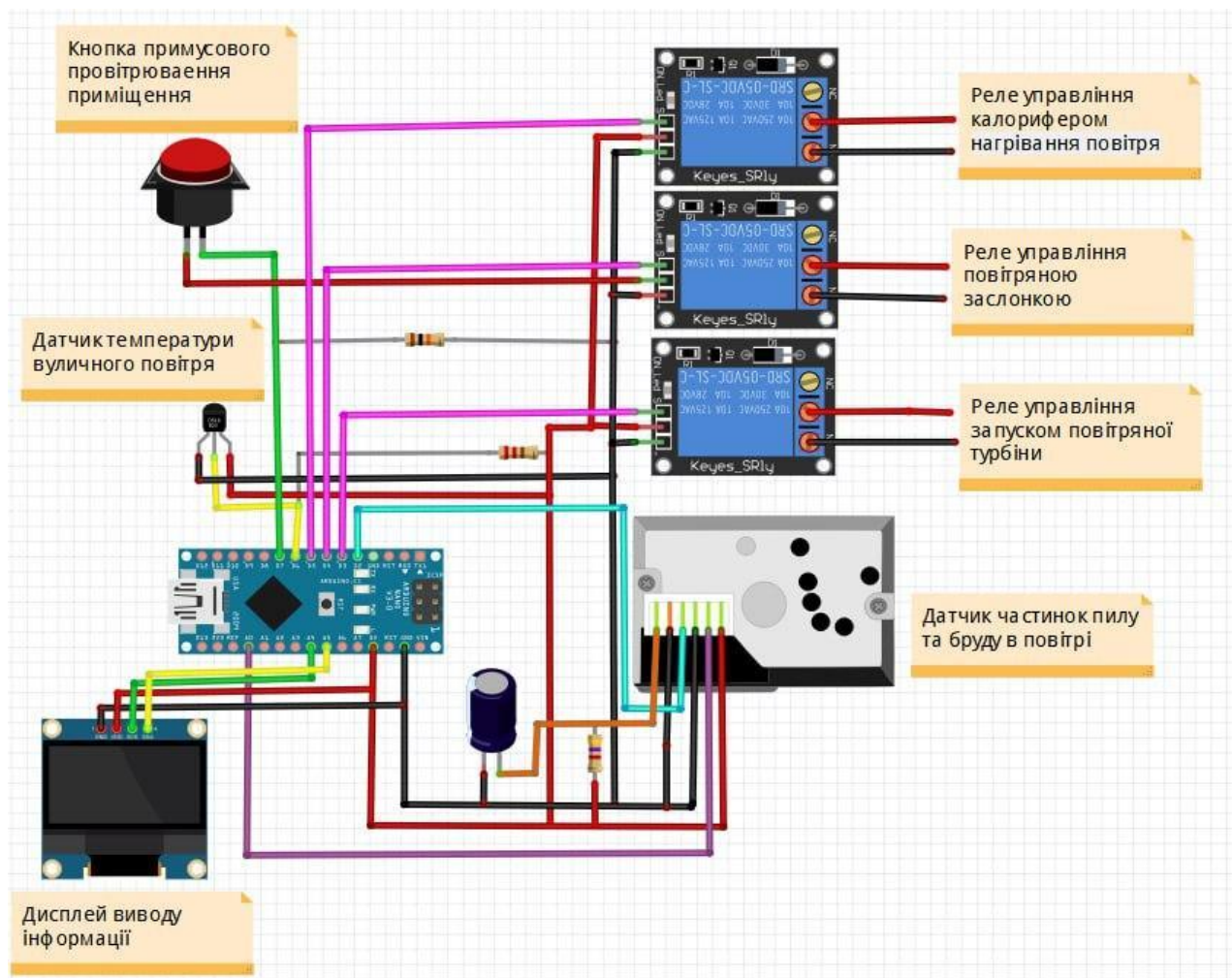


Рисунок 3.10 - Схема підключення перетворюючих та виконавчих пристроїв до Arduino Nano

Також було одразу розроблено блок-схеми для підключення датчиків для більш коректного розуміння процесу.

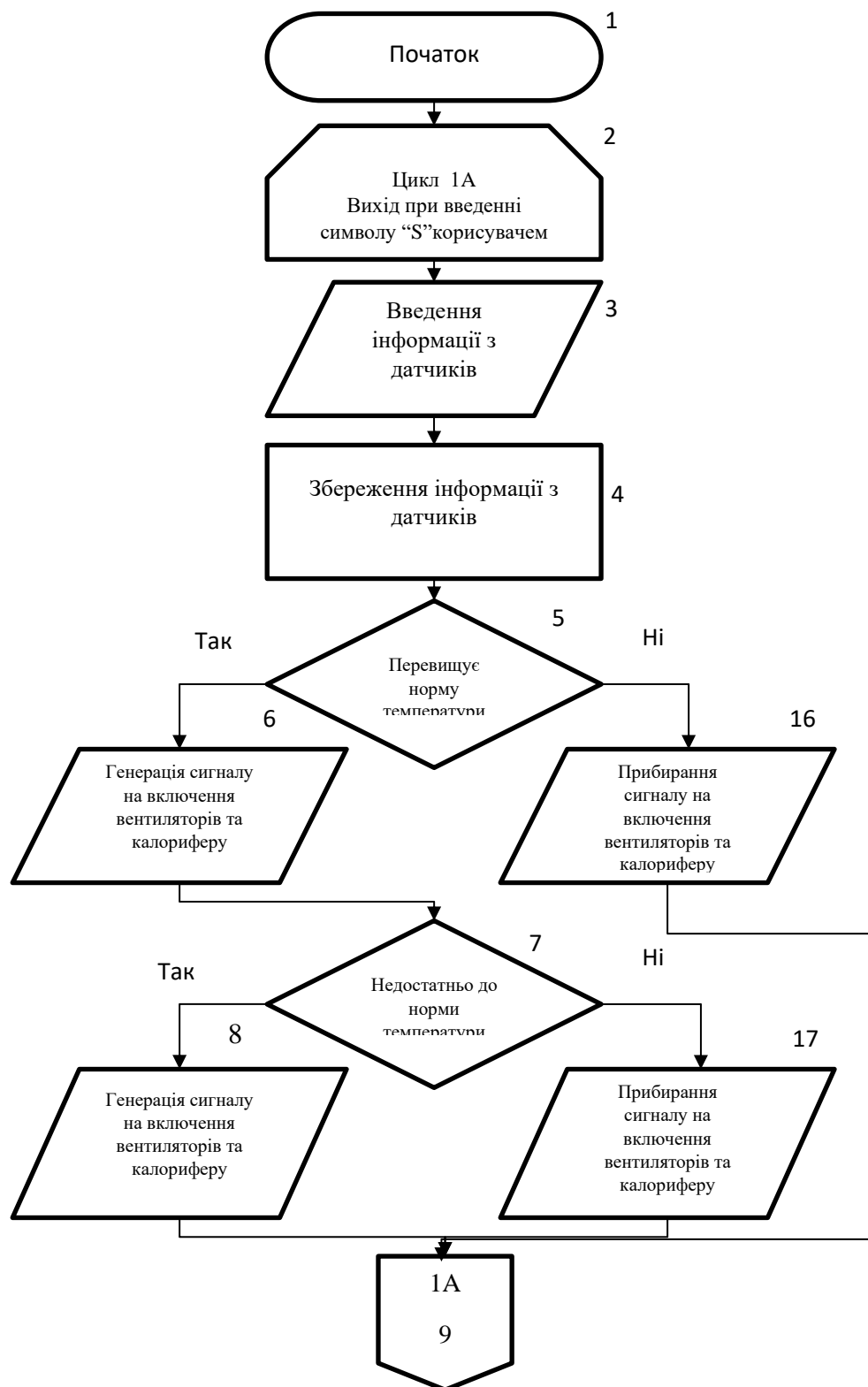


Рисунок 3.11- Блок-схема алгоритму налаштування датчика температури

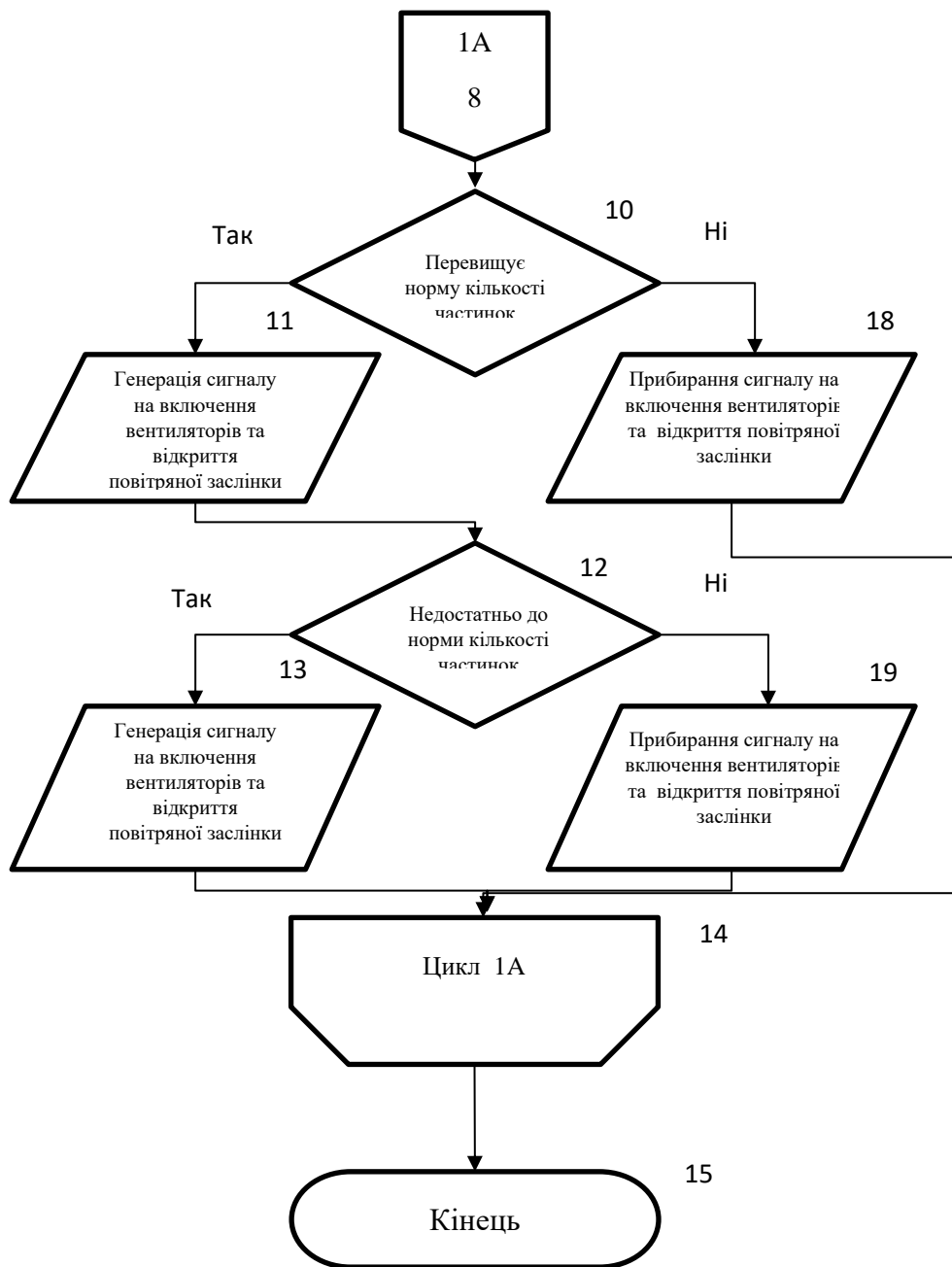


Рисунок 3.11- Продовження блок-схеми 3.10

3.4 Розробка програмного забезпечення

Розробка програмного забезпечення на платформі Arduino IDE базується у першу чергу з розробки схеми та визначення модулів для Arduino.

Після визначення модулів потрібно підключити бібліотеки для роботи з наявними модулями:

Розробка програмного забезпечення на платформі Arduino IDE базується у першу чергу з розробки схеми та визначення модулів для Arduino.

Після визначення модулів потрібно підключити бібліотеки для роботи з наявними модулями:



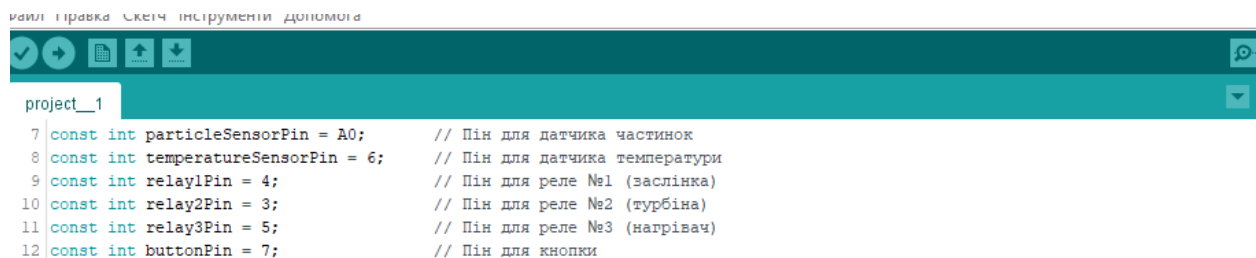
```

sketch_may29a.ino
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include <max6675.h>
4  #include <DS1307RTC.h>
5  #include <Time.h>
6

```

Рисунок 3.13- Підключення бібліотек

Далі потрібно визначити піни для підключення модулів реле, датчиків та кнопки:



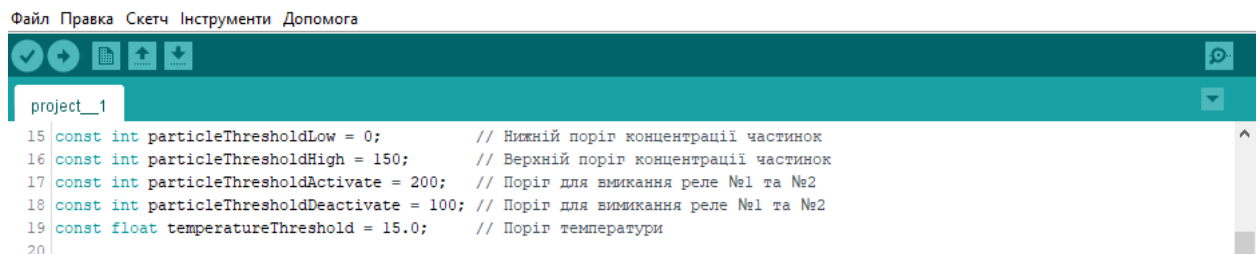
```

project_1
7  const int particleSensorPin = A0;      // Пін для датчика частинок
8  const int temperatureSensorPin = 6;    // Пін для датчика температури
9  const int relay1Pin = 4;               // Пін для реле №1 (заслінка)
10 const int relay2Pin = 3;              // Пін для реле №2 (турбіна)
11 const int relay3Pin = 5;              // Пін для реле №3 (нагрівач)
12 const int buttonPin = 7;              // Пін для кнопки

```

Рисунок 3.14- Ініціалізація пінів модулів реле, датчиків та кнопки

Налаштування та обмеження для вмикання та вимикання основних модулів виконується наступним чином:



```

project_1
15 const int particleThresholdLow = 0;    // Нижній поріг концентрації частинок
16 const int particleThresholdHigh = 150; // Верхній поріг концентрації частинок
17 const int particleThresholdActivate = 200; // Поріг для вмикання реле №1 та №2
18 const int particleThresholdDeactivate = 100; // Поріг для вимикання реле №1 та №2
19 const float temperatureThreshold = 15.0; // Поріг температури
20

```

Рисунок 3.15 - Ініціалізація пінів модулів реле, датчиків та кнопки

Далі було налаштовано та встановлено змінні виконавчих елементів:

```

22 int particleConcentration = 0; // Значення концентрації частинок
23 float temperature = 0.0; // Значення температури
24 bool relay1State = false; // Стан реле №1
25 bool relay2State = false; // Стан реле №2
26 bool relay3State = false; // Стан реле №3
27 bool buttonState = false; // Стан кнопки
28 bool prevButtonState = false; // Попередній стан кнопки
29

```

Рисунок 3.16 - Налаштування змінних

Після цього було встановлено об'єкти для OLED дисплею, датчика температури та кнопки:

```

31 Adafruit_SSD1306 display(128, 64, sWire, -1); // Об'єкт для OLED дисплею
32 OneWire oneWire(temperatureSensorPin); // Об'єкт для датчика температури
33 DallasTemperature temperatureSensor(soneWire);

```

Рисунок 3.17 - Об'єкти для OLED дисплею, датчика температури та кнопки

Наступним було зроблено ініціалізацію пінів, датчиків та дисплею, що було виконано наступним чином:

```

35 void setup() {
36 // Ініціалізація пінів
37 pinMode(relay1Pin, OUTPUT);
38 pinMode(relay2Pin, OUTPUT);
39 pinMode(relay3Pin, OUTPUT);
40 pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
41
42 // Ініціалізація OLED дисплею
43 display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
44 display.clearDisplay();
45 display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
46 display.setTextSize(1);
47 display.setCursor(0, 0);
48 display.println("Particle Monitor");
49 display.display();
50
51 // Ініціалізація датчика температури
52 temperatureSensor.begin();
53 }

```

Рисунок 3.18 - Ініціалізація пінів

Далі було прописано спосіб отримання значень кнопки та датчиків температури і пилу:

```

55 void loop() {
56 // Отримання значень частинок і температури
57 particleConcentration = analogRead(particleSensorPin);
58 temperatureSensor.requestTemperatures();
59 temperature = temperatureSensor.getTempCByIndex(0);
60
61 // Отримання стану кнопки
62 buttonState = digitalRead(buttonPin);
63 }

```

Рисунок 3.19 - Отримання значень кнопки і датчиків

Тепер, так як у нас є можливість отримання значень від датчиків, налаштовуємо та “підв’язуємо” значення від датчику пилу до реле щоб в залежності від концентрації частинок в повітрі система автоматично відкривала або закривала заслінку та турбіну:

```

64 // Вмикаємо або вимикаємо реле №1 та №2 залежно від концентрації частинок
65 if (particleConcentration >= particleThresholdActivate && particleConcentration <= particleThresholdHigh) {
66     relay1State = true;
67     relay2State = true;
68 } else if (particleConcentration >= particleThresholdLow && particleConcentration <= particleThresholdDeactivate) {
69     relay1State = false;
70     relay2State = false;
71 }

```

Рисунок 3.20 - Налаштування реле управління повітряною заслінкою та повітряною турбіною

Абсолютно таким же чином налаштовуємо реле управління калорифером нагрівання повітря але використовуємо вже значення датчику температури:

```

73 // Вмикаємо або вимикаємо реле №3 залежно від температури
74 if (temperature <= temperatureThreshold && relay1State && relay2State) {
75     relay3State = true;
76 } else {
77     relay3State = false;
78 }

```

Рисунок 3.21 - Налаштування реле управління калориферу нагрівання повітря

Після підключення та налаштування всіх виконавчих механізмів завершуємо весь процес виводом усіх даних на дисплей, щоб бачити стан кожного елементу:

```

85 // Вивід інформації на OLED дисплей
86 display.clearDisplay();
87 display.setCursor(0, 0);
88 display.print("Particles: ");
89 display.println(particleConcentration);
90 display.print("Temperature: ");
91 display.println(temperature);
92 display.print("Relay 1: ");
93 display.println(relay1State ? "ON" : "OFF");
94 display.print("Relay 2: ");
95 display.println(relay2State ? "ON" : "OFF");
96 display.print("Relay 3: ");
97 display.println(relay3State ? "ON" : "OFF");
98 display.display();

```

Рисунок 3.22 – Вивід даних на дисплей

Окрім самої автоматичної роботи системи ще було додана кнопка примусового включення системи очищення повітря яку теж було підключено до загальної системи:

```

101 if (buttonState != prevButtonState) {
102     if (buttonState == LOW) {
103         // Кнопка натиснута
104         relay1State = !relay1State;
105         relay2State = !relay2State;

```

Рисунок 3.23 – Основний принцип роботи при натисканні кнопки

Для більш надійної роботи додано ще одну перевірку для керування реле управління калорифером нагрівання повітря:

```

108     if (temperature <= temperatureThreshold && relay1State && relay2State) {
109         relay3State = true;
110     } else {
111         relay3State = false;
112     }

```

Рисунок 3.24 – Функція для керування реле управління калорифером

Висновки до розділу 3

- 1) Були детально описані усі пристрої та елементи, які необхідні для створення нової автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві.
- 2) Була створена і описана готова конструкція нового приладу. Були налагоджені зв'язки між компонентами системи, зокрема між контролером

Arduino і датчиками. За допомогою відповідного програмного забезпечення, було забезпечено зчитування температури та пилу з датчиків та передача цієї інформації до контролера. Розроблено алгоритми керування температурою та частинками пилу в повітрі на основі зчитаних даних. Залежно від поставлених завдань, система може здійснювати контроль температури та частинок пилу в певному проміжку значень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1) Розглянуто проблематику очищення повітря на текстильних підприємствах. Основна проблема полягає в викидах в атмосферу великої кількості пилу та волокон, які можуть бути шкідливими для здоров'я людини. Також на текстильному підприємстві використані різні хімічні речовини, які також шкідливі для здоров'я. Отож для цього необхідно використовувати можна використовувати системи припливної вентиляції з використанням фільтрів, які забезпечують очищення повітря від пилу та інших забруднювачів.

2) Як і звичайні системи кондиціонування, припливна вентиляція може проводити практично будь-які маніпуляції з повітрям. Можна змінити кількість частинок і чи температуру повітря як велику, так і в меншу ступінь. Щоб нагріти повітря, припливна вентиляція використовує припливний калорифер, який може змінювати свою потужність. Потужність, яку необхідно використовувати на нагрівання повітря, він вираховує сам, в залежності від зовнішніх умов середовища і обсягу повітря, що поступає.

3) В роботі було поставлено основні вимоги до нового приладу, розроблено функціональну схему процесу системи вентиляції, описано її роботу. Описано структурну схему контуру регулювання за параметром тиску, за яким принципом здійснюється система регулювання, та за якими законами діє. Розроблено та продемонстровано карту технологічного процесу і його параметри.

4) Був проведений опис усіх використаних елементів для створення робочого макету. Для аналізу та контролю за очищення повітря на підприємстві була використана мікропроцесорна платформа Arduino Nano. Для отримання інформації про стан у приміщенні були використані два датчика температури та датчик пилу. Для контролю роботи підключених приладів використовуються реле (для калориферу, заслінки та повітряної турбіни). Відображення усієї отриманої

інформації відбувається через екран дисплею. На основі цього було створено та описано схему підключення усіх елементів нового приладу.

5) Технічна реалізація нового приладу передбачає можливість подальшого вдосконалення та зручної заміни елементів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хмельницький Д. О. Системи кондиціювання повітря офісних приміщень з нечітким управлінням / Д. О. Хмельницький, В. Б. Дроменко. // Технології та дизайн. – 2017. – №1. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_1_9.
2. Колобанов С.С., Єршов А.В., Кигель М.Е. Проектування споруд для очищення повітря / С.С. Колобанов, А.В. Єршов, М.Е. Кигель // Київ : Будівельник, – 2018. – 222-224 с.
3. Апостолук С.О., Джигирей В.С., Апостолук А.С. Промислова екологія: Навчальний посібник / С.О. Апостолук, В.С. Джигирей, А.С. Апостолук та ін. // К.: Знання, – 2018. – 474 с.
4. Ярщук О.В. Структурний підхід до оптимізації показників якості текстильних матеріалів та виробів з них / О.В. Ярщук, О.П. Бохонько, О.Ю. Лепікаш // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2011. – № 1. – 209–213 с.
5. Галик І. С., Семак Б.Д. Вплив технологій текстильного виробництва на екологічну безпечність текстилю, людини та довкілля./ І. С. Галик, Б.Д. Семак // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. – 2019. – № 1. – 38-46 с.
6. Білявський Г.О. Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екологічних знань. / Г.О. Білявський Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков // Київ : Либідь, – 2000. – 336 с.
7. Сторожук В.М., Батлук В.А., Назарук М.М. Промислова екологія. / В.М. Сторожук, В.А. Батлук, М.М. Назарук// Львів: Українська академія друкарства, – 2014. – 574 с.
8. Нікітченко О. Ю. Промислова екологія / О. Ю. Нікітченко. // Харківська національна академія міського господарства. – 2018. – 37 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/11336906.pdf>.

9. Рудава А. А. Моделювання системи управління параметрами мікроклімату з нечітким регулюванням / А. А. Рудава, В. Б. Дроменко. // Технології та дизайн. – 2019. – №2. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_2_16.

10. Левченко Ю. М. Розробка системи контролю та моніторингу вологості і температури приміщення / Ю. М. Левченко, Л. П. Голубєв, Ю. М. Пилипенко, В. Б. Дроменко // Технології та дизайн. - 2017. - № 4. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_4_16.

11. ДБН А.2.2-1-2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд

12. Еко-Простір [Електронний ресурс]: Вентиляція Повітря Робочих Приміщень // 15.03.2020 - Режим доступу: <https://eko-prostir.com.ua/ventyliatsiia-i-kondytsionuvannia-povitria-ofisnykh-prymishchen/>

13. Батлук В.А., Проскуріна І.В., Ляшеник А.В. Математична модель процесу очищення запиленого потоку у відцентрово-інерційних пиловловлювачах / В.А. Батлук, І.В. Проскуріна, А.В. Ляшеник // Київ. – 2018. – № 1. – 31-36 с

14. ДСТУ 2604-94 “Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Номенклатура показників”.

15. Пилипенко Ю.М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації. Мікропроцесорна платформа Arduino / Ю. М. Пилипенко. // Технології та дизайн. – 2023. – 99 с. – Режим доступу: https://msnp.knutd.edu.ua/pluginfile.php/415777/mod_resource/content/4/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97_%D0%9C%D0%9F%D0%97%D0%90_23_1.pdf.

16. Arduino.ua [Електронний ресурс]: Arduino Nano V3.0 AVR ATmega328P з розпаяними роз'ємами // 10.04.2023 - Режим доступу: <https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328p-s-raspayannimi-razemami>.

17. Arduino IDE [Електронний ресурс]: Arduino IDE // 08.04.2023 - Режим доступу: <https://arduino-ide.com/>.
18. Arduino.ua [Електронний ресурс]: OLED RGB дисплей 0.95" SPI 96x64 від Waveshare // 10.04.2023 - Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2122-rgb-oled-displei-modyl-0-95-spi-96x64>
19. Arduino.ua [Електронний ресурс]: Датчик температури DS18B20 цифровий // 08.04.2023 - Режим доступу: <https://arduino.ua/prod190-datchik-temperatyri-ds18b20-cifrovoi>
20. Arduino.ua [Електронний ресурс]: Модуль датчика пилу GP2Y1010AU0F від Waveshare // 08.04.2023 - Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2620-modyl-datchika-pili-gp2y1010au0f-ot-waveshare>
21. Arduino.ua [Електронний ресурс]: 2-о канальний модуль реле 12В 10А з опторозв'язкою (low level) // 10.04.2023 - Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2223-2-h-kanalni-modyl-rele-12v-10a-s-optorazvyazkoi>.
22. Fritzing [Електронний ресурс]: Fritzing // 12.04.2023 - Режим доступу: <https://fritzing.org/>.

ДОДАТОК А

Підключення та налаштування датчиків, реле та засобів виводу інформації до Arduino Nano для автоматизованої системи очищення повітря на підприємстві

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Піни
const int particleSensorPin = A0;    // Пін для датчика частинок
const int temperatureSensorPin = 6;  // Пін для датчика температури
const int relay1Pin = 4;             // Пін для реле №1 (заслінка)
const int relay2Pin = 3;             // Пін для реле №2 (турбіна)
const int relay3Pin = 5;             // Пін для реле №3 (нагрівач)
const int buttonPin = 7;            // Пін для кнопки

// Константи для порогових значень
const int particleThresholdLow = 0;    // Нижній поріг концентрації
частинок
const int particleThresholdHigh = 150; // Верхній поріг концентрації
частинок
const int particleThresholdActivate = 200; // Поріг для вмикання реле №1 та
№2
const int particleThresholdDeactivate = 100; // Поріг для вимикання реле №1 та
№2
const float temperatureThreshold = 15.0; // Поріг температури
```

```

// Змінні
int particleConcentration = 0; // Значення концентрації частинок
float temperature = 0.0; // Значення температури
bool relay1State = false; // Стан реле №1
bool relay2State = false; // Стан реле №2
bool relay3State = false; // Стан реле №3
bool buttonState = false; // Стан кнопки
bool prevButtonState = false; // Попередній стан кнопки

// Об'єкти для OLED дисплею, датчика температури та кнопки
Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, -1); // Об'єкт для OLED
дисплею
OneWire oneWire(temperatureSensorPin); // Об'єкт для датчика
температури
DallasTemperature temperatureSensor(&oneWire);

void setup() {
  // Ініціалізація пінів
  pinMode(relay1Pin, OUTPUT);
  pinMode(relay2Pin, OUTPUT);
  pinMode(relay3Pin, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);

  // Ініціалізація OLED дисплею
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);

```

```

display.setTextSize(1);
display.setCursor(0, 0);
display.println("Particle Monitor");
display.display();

// Ініціалізація датчика температури
temperatureSensor.begin();
}

void loop() {
// Отримання значень частинок і температури
particleConcentration = analogRead(particleSensorPin);
temperatureSensor.requestTemperatures();
temperature = temperatureSensor.getTempCByIndex(0);

// Отримання стану кнопки
buttonState = digitalRead(buttonPin);

// Вмикаємо або вимикаємо реле №1 та №2 залежно від концентрації
частинки
if (particleConcentration >= particleThresholdActivate &&
particleConcentration <= particleThresholdHigh) {
    relay1State = true;
    relay2State = true;
} else if (particleConcentration >= particleThresholdLow &&
particleConcentration <= particleThresholdDeactivate) {
    relay1State = false;
    relay2State = false;
}
}

```

```
}
```

```
// Вмикаємо або вимикаємо реле №3 залежно від температури  
if (temperature <= temperatureThreshold && relay1State && relay2State) {  
    relay3State = true;  
} else {  
    relay3State = false;  
}
```

```
// Керування реле №1, №2 та №3  
digitalWrite(relay1Pin, relay1State);  
digitalWrite(relay2Pin, relay2State);  
digitalWrite(relay3Pin, relay3State);
```

```
// Вивід інформації на OLED дисплей  
display.clearDisplay();  
display.setCursor(0, 0);  
display.print("Particles: ");  
display.println(particleConcentration);  
display.print("Temperature: ");  
display.println(temperature);  
display.print("Relay 1: ");  
display.println(relay1State ? "ON" : "OFF");  
display.print("Relay 2: ");  
display.println(relay2State ? "ON" : "OFF");  
display.print("Relay 3: ");  
display.println(relay3State ? "ON" : "OFF");  
display.display();
```

```
// Перевірка натиснення кнопки
if (buttonState != prevButtonState) {
    if (buttonState == LOW) {
        // Кнопка натиснута
        relay1State = !relay1State;
        relay2State = !relay2State;

        // Додаткова перевірка температури для керування реле №3
        if (temperature <= temperatureThreshold && relay1State && relay2State) {
            relay3State = true;
        } else {
            relay3State = false;
        }

        // Керування реле №1, №2 та №3
        digitalWrite(relay1Pin, relay1State);
        digitalWrite(relay2Pin, relay2State);
        digitalWrite(relay3Pin, relay3State);
    }
    prevButtonState = buttonState;
}

delay(500);
}
```