

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

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютеризована система моніторингу якості повітря
та мікроклімату в бомбосховищі*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-42
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Степаненко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Шингера Н.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«27» січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Степаненко Віталію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система моніторингу якості повітря на мікроклімату в бомбосховищі

Керівник роботи Шингера Наталія Ярославівна, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » січня 2025 року № 4/7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

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

Вступ. 1. Аналіз технічного завдання на розробку системи моніторингу якості повітря та мікроклімату

2. Проєктування комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату

3. Програмування та тестування системи моніторингу якості повітря та мікроклімату

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

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

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Модель тестового макету

4. Блок-схема алгоритму роботи системи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>д.ц.т., професор Пилипець М.І.</i>		

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>27.01 – 02.02</i>	<i>Викон.</i>
2.	<i>Аналіз технічного завдання на розробку системи моніторингу якості повітря та мікроклімату</i>	<i>12.04 – 17.04</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Проектування комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату</i>	<i>18.04 – 23.04</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Програмування та тестування системи моніторингу якості повітря та мікроклімату</i>	<i>25.04 – 09.05</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>11.05 – 14.05</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>17.05 – 06.06</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>9.06 – 15.06</i>	<i>Викон.</i>
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>16.06 – 22.06</i>	<i>Викон.</i>
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>26.06.2025</i>	<i>Викон.</i>

Студент

(підпис)

Степаненко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шингера Н.Я.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Степаненко В.В. Комп'ютеризована система моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: комп'ютеризована система, моніторинг, якість повітря, мікроклімат, мікроконтролер, датчики.

Кваліфікаційній робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі. Основною метою є створення надійної та автономної системи, здатної здійснювати безперервний контроль за критичними параметрами повітряного середовища, такими як температура, вологість, тиск, рівень вуглекислого газу та наявність шкідливих газів. У роботі проведено аналіз вимог до такої системи та обґрунтовано доцільність її впровадження для підвищення безпеки під час надзвичайних ситуацій. Запропоновано технічне рішення на базі мікроконтролерної платформи з відповідними сенсорами та системою оповіщення. Побудовано структурну схему системи, електричну принципову схему та модель тестового макету. Розроблено алгоритм роботи та програмне забезпечення для збору, обробки та виводу даних на інтерфейс користувача. Систему протестовано в середовищі моделювання, що підтвердило її працездатність і ефективність у заданих умовах.

ANNOTATION

Stepanenko V.V. Computerized system for monitoring air quality and microclimate in a bomb shelter: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: computerized system, monitoring, air quality, microclimate, microcontroller, sensors.

The qualification work is devoted to the development of a computerized system for monitoring air quality and microclimate in a bomb shelter. The main purpose is to create a reliable, autonomous device capable of providing continuous monitoring of critical air environment parameters, such as temperature, humidity, pressure, carbon dioxide level and the presence of harmful gases. The paper analyzes the requirements for such a system and justifies the feasibility of its implementation to increase safety during emergencies. A technical solution based on a microcontroller platform with appropriate sensors and an alert system is proposed. A structural diagram of the system, an electrical schematic diagram, and a test layout model were constructed. An operating algorithm and software for collecting, processing, and displaying data on the user interface were developed. The system was tested in a simulation environment, which confirmed its operability and efficiency under given conditions.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	10
1.1 Аналіз основних вимог комп'ютеризованої системи	10
1.2 Огляд існуючих засобів моніторингу якості повітря та мікроклімату.....	11
1.2.1 Сучасні методи моніторингу якості повітря та мікроклімату.....	11
1.2.2 Аналізатор повітря AIR DETECTOR.....	12
1.2.3 Комбінований датчик газу FD 808COM.....	14
1.2.4 Бездротовий датчик температури та вологості Trinix TRX-TH01	15
1.2.5 Результат порівняльного аналізу систем моніторингу якості повітря та мікроклімату.....	16
1.3 Аналіз можливих рішень поставленого завдання	17
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	20
2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі	20
2.2 Розробка апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи	22
2.2.1 Мікроконтролер Arduino Uno.....	22
2.2.2 Датчик газу MQ-2	24
2.2.3 Сенсор вуглекислого газу MH-Z19C	26
2.2.4 Датчик атмосферного тиску BMP280.....	28
2.2.5 Датчик температури та вологості DHT22	29
2.2.6 OLED-дисплей SSD1306.....	31
2.3 Опис використаних протоколів обміну даними	32
2.3.1 Протокол I2C.....	32
2.3.2 Протокол SPI.....	34
2.3.3 Протокол UART	35
2.4 Розробка електричної схеми системи.....	36

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Степаненко В.В.			Комп'ютеризована система моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Шингера Н.Я.								6	74
Реценз.								ТНТУ, каф. КС, гр. CI-42			
Н. Контр.		Тиш Є.В.									
Затверд.		Осухівська Г.М.									

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	39
3.1 Розробка алгоритму роботи системи моніторингу якості повітря та мікроклімату.....	39
3.2 Створення моделі тестового макету в середовищі Wokwi	41
3.3 Розробка програмного забезпечення	45
3.4 Результати тестування роботи системи.....	49
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	52
4.1 Роль центральної нервової системи в трудовій діяльності людини.....	52
4.2 Методи очищення повітря від шкідливих виділень.....	53
4.3 Заходи захисту обладнання від статичної електрики	54
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток В Лістинг коду реалізованої програми	

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В сучасних умовах, особливо під час воєнного стану, питання збереження здоров'я людей у захисних спорудах, зокрема бомбосховищах, набуває особливої актуальності. Протягом тривалого перебування в таких приміщеннях важливим є контроль якості повітря та мікроклімату, адже навіть незначне перевищення концентрації вуглекислого газу або нестача кисню може призвести до погіршення самопочуття, втрати працездатності або навіть загрози життю.

Ефективних рішень цієї проблеми є створення комп'ютеризованої системи моніторингу, яка в режимі реального часу відстежує параметри навколишнього середовища в бомбосховищі. Завдяки розвитку вбудованих технологій та мікроконтролерів, таких як Arduino, з'явилася можливість створювати доступні, надійні та автономні системи контролю, які можна інтегрувати у бомбосховища різного типу.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі на базі платформи Arduino Uno, яка повинна вимірювати температуру, вологість, атмосферний тиск та рівень забруднення повітря, а також сигналізувати в разі будь-яких відхилень від норми контролю.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- проаналізувати існуючі методи та системи контролю якості повітря та мікроклімату;
- розробити структурну та принципову схеми комп'ютеризованої системи;
- обґрунтувати вибір апаратної платформи, сенсорів та допоміжних компонентів;
- реалізувати алгоритми та програмне забезпечення для постійного контролю якості повітря та мікроклімату;
- провести тестування реалізованої системи для експлуатації її в реальних умовах.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, розробка комп'ютеризованої системи спрямована на підвищення рівня безпеки в бомбосховищі, за допомогою постійного моніторингу важливих екологічних параметрів [1].

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз основних вимог комп'ютеризованої системи

В умовах зростання небезпеки військових конфліктів та природних катастроф, які змушують населення тривалий час перебувати в захисних спорудах, все більш актуальною стає розробка комп'ютеризованих систем моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі.

Основними функціональними вимогами до системи є здатність безперервного моніторингу якості повітря та мікроклімату у реальному часі. Зокрема, система повинна вимірювати температуру, вологість, атмосферний тиск, а також рівень газових домішок, включаючи вуглекислий газ і леткі органічні сполуки. Важливо, щоб система своєчасно реагувала на перевищення встановлених порогових значень і повідомляла про потенційну небезпеку користувачів за допомогою звукового або візуального сигналу [2].

Зважаючи на специфіку експлуатації у захисних спорудах, важливим є також дотримання вимог до апаратної частини системи. Усі елементи мають бути надійними, здатними працювати у складних умовах підвищеної вологості, запиленості, обмеженої вентиляції та нестабільного електроживлення. Перевагу слід віддавати компактним, енергоефективним компонентам, які дозволяють організувати автономну роботу протягом тривалого часу. Для побудови системи доцільно використовувати мікроконтролер Arduino Uno, набір сенсорів для вимірювання фізичних і хімічних параметрів повітря, а також дисплей для виведення інформації. Обов'язковим є також передбачення резервного джерела живлення.

Не менш важливими є вимоги до програмного забезпечення, яке виконує ключову роль у забезпеченні логіки функціонування всієї системи. Програма

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Степаненко В.В.			Аналіз технічного завдання		
Перевір.		Шингера Н.Я.					
Реценз.							
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						10	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42		

повинна забезпечити ініціалізацію датчиків, запит даних з певною періодичністю, обробку отриманих результатів, фільтрацію шуму, перевірку граничних значень та активацію сигналізації у разі необхідності. Також важливим є виведення поточних даних на дисплей, що дозволяє здійснювати візуальний контроль за станом повітря [3].

Таким чином, система моніторингу повинна відповідати низці вимог: бути функціональною, точною, стійкою до зовнішніх факторів, енергоефективною та зручною в експлуатації. Її реалізація дозволить суттєво підвищити безпеку перебування людей у бомбосховищах шляхом постійного контролю показників середовища, що має важливе значення в умовах обмеженого простору та автономного застосування.

1.2 Огляд існуючих засобів моніторингу якості повітря та мікроклімату

1.2.1 Сучасні методи моніторингу якості повітря та мікроклімату

На сьогоднішній день існує велика кількість методів контролю якості повітря, які активно застосовуються як у промисловості, так і в побутових умовах, а також у спеціалізованих об'єктах, таких як укриття чи бомбосховища. Розглянемо основні з них.

Найбільш поширеними є електрохімічні сенсори, які реагують на хімічні речовини, утворюючи електричний струм. Такі сенсори є досить чутливими до чадного газу, діоксиду азоту, сірководню та аміаку. Основними перевагами є висока чутливість і доступна вартість, але мають залежність від температури та вологості середовища, а також обмежений строк служби.

Для контролю вмісту вуглекислого газу, метану та твердих частинок застосовують оптичні або інфрачервоні сенсори. Технологія недисперсійної інфрачервоної спектроскопії використовується для точного вимірювання вуглекислого газу. Також застосовуються лазерні сенсори для аналізу зважених часток у повітрі. Вони забезпечують високу точність та довговічність, хоча й мають вищу вартість у порівнянні з електрохімічними аналогами.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більш складними та дорогими є методи, що базуються на іонно-мобільній спекторметрії. Вони дозволяють виявляти навіть надзвичайно малі концентрації шкідливих речовин, таких як леткі органічні сполуки або бойові отруйні речовини. Такі методи переважно використовуються у військових або надзвичайно відповідальних об'єктах.

Мікроелектромеханічні сенсори, які є надзвичайно компактними та енергоефективними. Вони застосовуються у побутовій техніці та мобільних пристроях. Основними їхніми перевагами є невеликі розміри, низьке енергоспоживання та доступна ціна, хоча точність у них дещо нижча, ніж у більших аналогів.

Для контролю температури та вологості застосовують цифрові сенсори на базі термісторів або напівпровідникових елементів. Популярними є модулі на базі DHT22, SHT31, BME280. Вони мають компактні розміри, прості в інтеграції й надають стабільні результати з достатньою точністю для більшості побутових і технічних застосувань. Рівень тиску, як мікрокліматичний параметр вимірюється електронними барометрами. Вони мають чутливі датчики та мікропроцесорний блок для обробки даних [4-8].

Таким чином, сучасні методи моніторингу якості повітря та мікроклімату є досить різноманітними й дозволяють будувати ефективні, точні та зручні в експлуатації системи. Вибір конкретного підходу залежить від умов застосування, доступного бюджету та вимог до точності й автономності роботи.

1.2.2 Аналізатор повітря AIR DETECTOR

Аналізатор повітря AIR DETECTOR [9] є аналоговим пристроєм для моніторингу якості повітря та мікроклімату (див. рис. 1.1).

Пристрій оснащений високочутливим та точним напівпровідниковим датчиком, який може аналізувати якість повітря на наявність хімічних сполук, включаючи вуглекислий газ, формальдегід, легкі органічні сполуки. Також датчик може вимірювати мікрокліматичні параметри, а саме температуру та вологість.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою перевагою AIR DETECTOR є точність його напівпровідникового датчика, який може максимально швидко та достовірно проаналізувати якість повітря.



Рисунок 1.1 - Аналізатор повітря AIR DETECTOR

Крім того, цей аналізатор є компактным та із вбудованим дисплеєм, який відображає всі показники в режимі реального часу із мінімальною затримкою. Живлення пристрою здійснюється через акумулятор із можливістю підзарядки, без необхідності постійно з'єднання із електро-мережею.

Недоліками даного аналізатора є його обмежена кількість виявлених хімічних сполуч в повітрі, що робить його вузькоспеціалізованим, для застосування на критично важливих об'єктах, включаючи бомбосховища. Також, відсутність звукового оповіщення, знижує оперативне реагування на загрозу.

Таким чином, аналізатор повітря AIR DETECTOR є зручним приладом для базового моніторингу повітря. Серед переваг якого є точність напівпровідникового датчика, можливість візуального моніторингу параметрів за допомогою зручного дисплею, автономність пристрою, компактність та доступна ціна. Однак, він обмежується простими застосуванням, оскільки не забезпечує повноцінного комплексного контролю якості повітря з обмеженою кількістю виявлення хімічних сполук та без можливості звукової сигналізації

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.2.3 Комбінований датчик газу FD 808COM

Комбінований датчик газу FD 808COM [10] призначений для контролю наявності метану, пропану, бутану та чадного газу в повітрі (див. рис. 1.2).

Основною та дуже важливою його перевагою є поєднання двох різних та точних сенсорів в одному корпусі, що робить його дуже ефективним у виявленні різних шкідливих хімічних сполук. Також, FD 808COM має гучну сирену, що дозволяє оперативно реагувати на небезпеку та світлодіодні індикатори стану, для візуальної оцінки рівня концентрації шкідливих газів.

Крім того, пристрій має функцію самодіагностики та ручну перевірку працездатності приладу, що забезпечує його ефективність роботи. Також, пристрій має комбіноване живлення, як від мережі, так і від батарейки, що дозволяє підтримувати роботу за відсутності електропостачання.



Рисунок 1.2 - Комбінований датчик газу FD 808COM

Однак, серед недоліків FD 808COM є відсутність контролю мікрокліматичних параметрів, що є важливим для комплексного моніторингу в бомбосховищі. Також, пристрій має невеликий дисплей, на який виводиться тільки загальна концентрація шкідливих газів, що не дозволяє розширений моніторинг окремих елементів.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, комбінований датчик газу FD 808COM – це ефективний та зручний у користуванні пристрій, який за допомогою поєднання двох різних сенсорів забезпечує одночасний контроль багатьох хімічних сполук. Проте він має обмежену функціональність, що не дозволяють використовувати його як комплексну систему моніторингу якості повітря та мікроклімату.

1.2.4 Бездротовий датчик температури та вологості Trinix TRX-TH01

Бездротовий датчик температури та вологості Trinix TRX-TH01 [11] – це сучасний бездротовий датчик температури та вологості, який функціонує автономно та підтримує підключення до мережі Wi-Fi (див. рис. 1.3).

Основною перевагою Trinix TRX-TH01 є його можливість дистанційного моніторингу через мобільний додаток, що дозволяє віддалено контролювати за станом мікроклімату. Також пристрій має простий та зрозумілий інтерфейс, що спрощує його налаштування та використання.



Рисунок 1.3 - Бездротовий датчик температури та вологості Trinix TRX-TH01

У разі відсутності з'єднання з мобільним додатком через Wi-Fi, такі параметри як температура, вологість, заряд батареї та рівень сигналу Wi-Fi будуть відображатися на дисплеї пристрою.

Ще однією перевагою бездротового датчика є вбудована сирена для локального оповіщення, що дозволяє оперативно вжити заходів для запобігання

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

перевищенню критично високих показників мікроклімату.

Серед недолік слід виділити відсутність комплексного моніторингу якості повітря, що включає в себе аналіз шкідливих речовин.

У підсумку TriniX TRX-TH01 є зручним та функціональним засобом для контролю мікроклімату з можливістю дистанційного підключення. Водночас, його вузька спеціалізація не дозволяє комплексно оцінювати загальну якість повітря або використовувати в умовах, де потрібен розширений контроль параметрів середовища, таких як бомбосховища.

1.2.5 Результат порівняльного аналізу систем моніторингу якості повітря та мікроклімату

У результаті порівняльного аналізу трьох різних пристроїв для моніторингу якості повітря та мікроклімату було встановлено, що кожен із них має як свої переваги, так недоліки, які визначають доцільність його застосування в різних умовах.

Аналізатор повітря AIR DETECTOR відзначається високою точністю сенсорів та здатністю вимірювати не лише параметри мікроклімату, але й наявність хімічних сполук у повітрі. Завдяки компактності, вбудованому дисплею та автономному живленню він зручний у побутовому використанні. Однак, його функціональність обмежена — пристрій не забезпечує звукового сигналу та має обмежену кількість виявлених речовин, що знижує ефективність застосування у бомбосховищі.

Комбінований датчик газу FD 808COM має вбудовану сирену та світлові індикатори, що дозволяють швидко реагувати на наявність небезпечних газів. Його головною перевагою є наявність двох різних типів сенсорів, що забезпечують виявлення достатньої кількості шкідливих речовин в повітрі. Пристрій може працювати як від мережі, так і автономно. Водночас FD 808COM не фіксує температуру та вологість, що унеможливорює повноцінний мікрокліматичний моніторинг. Крім того, екран приладу відображає лише загальні показники, без детального опису.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Бездротовий датчик Trinix TRX-TH01 є найбільш сучасним з точки зору інтерфейсів. Завдяки Wi-Fi-з'єднанню та мобільному застосунку він забезпечує зручний віддалений моніторинг температури та вологості. Вбудований дисплей та сирена також сприяють швидкому реагуванню на можливу небезпеку. Водночас цей пристрій не фіксує шкідливі гази чи сполуки, що обмежує його функціональність для використання в умовах, де потрібен повноцінний контроль якості повітря.

Таким чином, для комплексного моніторингу якості повітря та мікроклімату в умовах бомбосховищ доцільно використовувати поєднання пристроїв або розглядати рішення з розширеним набором сенсорів і підтримкою як аналізу газів, так і мікрокліматичних параметрів. Кожен із розглянутих приладів має своє цільове призначення та найбільшу ефективність у відповідному середовищі експлуатації.

1.3 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Розробка комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі вимагає чіткого обґрунтування вибору технічних елементів для створення доступної, енергоефективної, точної та надійної системи, здатної працювати автономно та забезпечувати користувача актуальною інформацією про стан середовища в режимі реального часу. У процесі аналізу були обрані конкретні компоненти, що найкраще відповідають поставленим завданням.

В якості центрального елемента системи обрано мікроконтролер Arduino UNO, що побудований на базі чипа ATmega328P. Даний мікроконтролер є одним з найпоширеніших та найдоступніших для побудови прототипів вбудованих систем. Arduino UNO має достатню кількість цифрових і аналогових входів/виходів для підключення всіх необхідних сенсорів і виконавчих пристроїв, а також простий у програмуванні, що спрощує розробку і тестування програмного забезпечення.

					<i>КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для візуалізації показників у режимі реального часу було обрано OLED-дисплей SSD1306. Цей дисплей є енергоефективним, має компактні розміри та високу контрастність, що дозволяє зручно відображати текстову інформацію навіть при слабкому освітленні. Він легко інтегрується з Arduino за допомогою протоколу I²C.

Для вимірювання температури та вологості повітря використовується сенсор DHT22, який відомий своєю точністю та стабільністю роботи. Він дозволяє отримати повну картину мікрокліматичних умов у приміщенні й не потребує складного калібрування.

З метою своєчасного попередження користувача про небезпеку, у систему включено п'єзодинамік, який активується у випадку перевищення допустимих значень одного з параметрів. Це простий і надійний спосіб локального звукового сповіщення.

Для виявлення наявності потенційно небезпечних газів, таких як пропан, бутан, метан, водень і дим, було обрано газовий сенсор MQ2. Цей сенсор широко використовується в системах виявлення витoku газів завдяки своїй чутливості та простоті підключення. Його використання дає змогу оперативно виявити загрозу вибуху або задимлення.

Додатково у склад системи включено сенсор MH-Z19C, який дозволяє вимірювати концентрацію вуглекислого газу в повітрі. Його перевага полягає у високій точності вимірювання за допомогою інфрачервоної технології, що є особливо важливо у замкнутих приміщеннях з великою кількістю людей, де зростання CO₂ може призвести до погіршення самопочуття або небезпечних умов.

Ще одним важливим компонентом є датчик атмосферного тиску BMP280. Він забезпечує точні вимірювання тиску, а завдяки цифровому інтерфейсу легко підключається до мікроконтролера.

Зважаючи на можливу відсутність стабільного джерела живлення у бомбосховищі, система повинна працювати автономно. Для цього використовується Li-ion акумулятор ємністю 5000 мАг, який забезпечує тривалу

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу без необхідності під'єднання до мережі. Такий підхід дозволяє системі працювати навіть у випадку повного відключення електропостачання.

Усі обрані компоненти є взаємосумісними, доступними на ринку та мають широку підтримку в середовищі розробників. Їхня сукупність дозволяє реалізувати систему, яка відповідає вимогам до точності, надійності, енергоефективності та простоти експлуатації. Обґрунтований вибір кожного з елементів дозволяє побудувати оптимальну систему моніторингу для використання в умовах бомбосховища.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі

Розробка структурної схеми (див. рис. 2.1) є важливим етапом проєктування комп'ютеризованої системи, оскільки вона відображає загальну концепцію та взаємодію всіх основних компонентів.

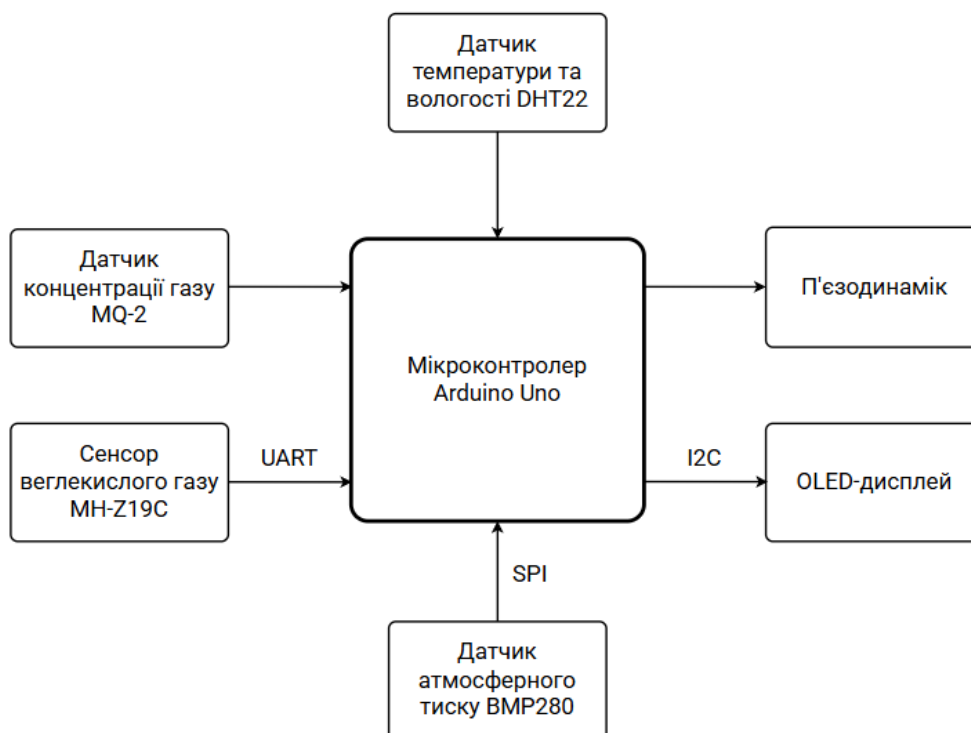


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи для моніторингу якості повітря на мікроклімату

Структурна схема включає наступні основні компоненти:

- мікроконтролер Arduino Uno;
- датчик концентрації газу MQ-2;
- сенсор вуглекислого газу MH-Z19C;

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектна частина		
Розроб.		Степаненко В.В.					
Перевір.		Шингера Н.Я.					
Реценз.							
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						20	
					ТНТУ, каф. КС, гр. CI-42		

- датчик температури та вологості DHT22;
- Датчик атмосферного тиску BMP280;
- OLED-дисплей;
- п'єзодинамік.

Оснoву функціoнування системи складає мікроконтролер Arduino Uno, який викoнує роль центрального керуючого елементу. Усі сенcори підключені безпосередньо до його входів, а викoнавчі пристрої підключені до виходів. Після початкової ініціалізації система починає постійно зчитувати інформацію від усіх сенсoрів.

Датчик температури та вологості DHT22 вимірює відповідні мікрокліматичні параметри в бомбосховищі. Передані значення аналізуються мікроконтролером. У разі виявлення відхилень від допустимих меж інформація фіксується, зберігається для подальшого аналізу та може ініціювати спрацювання системи оповіщення.

Газовий сенсoр MQ-2 викoнує контроль повітря на наявність потенційно небезпечних газів, таких як метан, пропан, бутан, дим та водень. У разі перевищення встановленого порогового значення концентрації, мікроконтролер фіксує подію як аварійну та активує відповідні дії.

Сенсoр MH-Z19C забезпечує контроль рівня вуглекислого газу. Цей параметр є критично важливим для оцінки якості повітря, особливо у приміщеннях без природної вентиляції. Якщо рівень вуглекислого газу перевищує встановлені межі, система сигналізує про необхідність вжити відповідні заходів, задля уникнення небезпечних ситуацій.

Датчик атмосферного тиску BMP280 використовується для вимірювання поточного барометричного тиску в укритті. Оскільки відхилення цього показника може свідчити про зміну мікрокліматичних умов або порушення герметичності приміщення, отримані значення тиску постійно аналізуються. У разі виявлення аномалій, система подає сигнал тривоги.

Після аналізу отриманих даних, мікроконтролер виводить відповідну інформацію на дисплей. На дисплеї в режимі реального часу відображаються

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поточні значення температури, вологості, атмосферного тиску, рівня вуглекислого газу, а також концентрації шкідливих газів.

У разі фіксації перевищення порогового значення одного із параметрів якості повітря, на дисплеї відобразиться позначка навпроти параметру, який перевищує свої допустимі значення, а також активується п'єзодинамік, що виконує функцію звукової сигналізації. Це дозволяє попередити користувача про наявність небезпеки, навіть якщо він не знаходиться безпосередньо біля дисплея.

Таким чином, система реалізує повноцінний моніторинг якості повітря та мікроклімату із миттєвим оповіщення користувача, у разі фіксації суттєвих змін стану повітря.

2.2 Розробка апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи

2.2.1 Мікроконтролер Arduino Uno

Arduino Uno – це зручна для використання платформа, що базується на мікроконтролері ATmega328P (див. рис. 2.2). Завдяки своїм характеристикам і підтримці з боку спільноти розробників, вона набула широкого поширення як у навчальних цілях, так і в професійних розробках. Невеликі габарити плати дозволяють легко інтегрувати її в макетні конструкції та використовувати разом з великою кількістю готових компонентів [12].



Рисунок 2.2 – Мікроконтролер Arduino Uno

Плата Arduino Uno функціонує на напрузі 5 В, а її тактова частота становить 16 МГц. Обсяг флеш-пам'яті складає 32 КБ, з яких 0.5 КБ зарезервовано під завантажувач. Передбачена можливість живлення як через USB-інтерфейс, так і через окремий роз'єм для зовнішнього джерела з допустимим діапазоном 7–12 В. Основні параметри плати подано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики Arduino Uno

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ATmega328P
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 підтримують PWM)
Аналогові входи	6
Тактова частота	16 МГц
Оперативна пам'ять (SRAM)	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Інтерфейси	UART, SPI, I2C
Розміри	68.6 мм x 53.4 мм

Arduino Uno підтримує широкий спектр периферійних пристроїв та сенсорів, що забезпечує її гнучке використання у найрізноманітніших сферах. Просте програмування в середовищі Arduino IDE та доступність численних бібліотек значно спрощують створення прикладного програмного забезпечення.

Підключення сенсорів до плати можливе завдяки наявності стандартних інтерфейсів, таких як UART, I2C та SPI, що дозволяє реалізувати взаємодію з дисплеями, датчиками, модулями збереження даних тощо (див. рис. 2.3). Додатково передбачені виводи живлення 3.3 В та 5 В, заземлення, а також кнопка скидання, яка використовується для перезавантаження контролера.

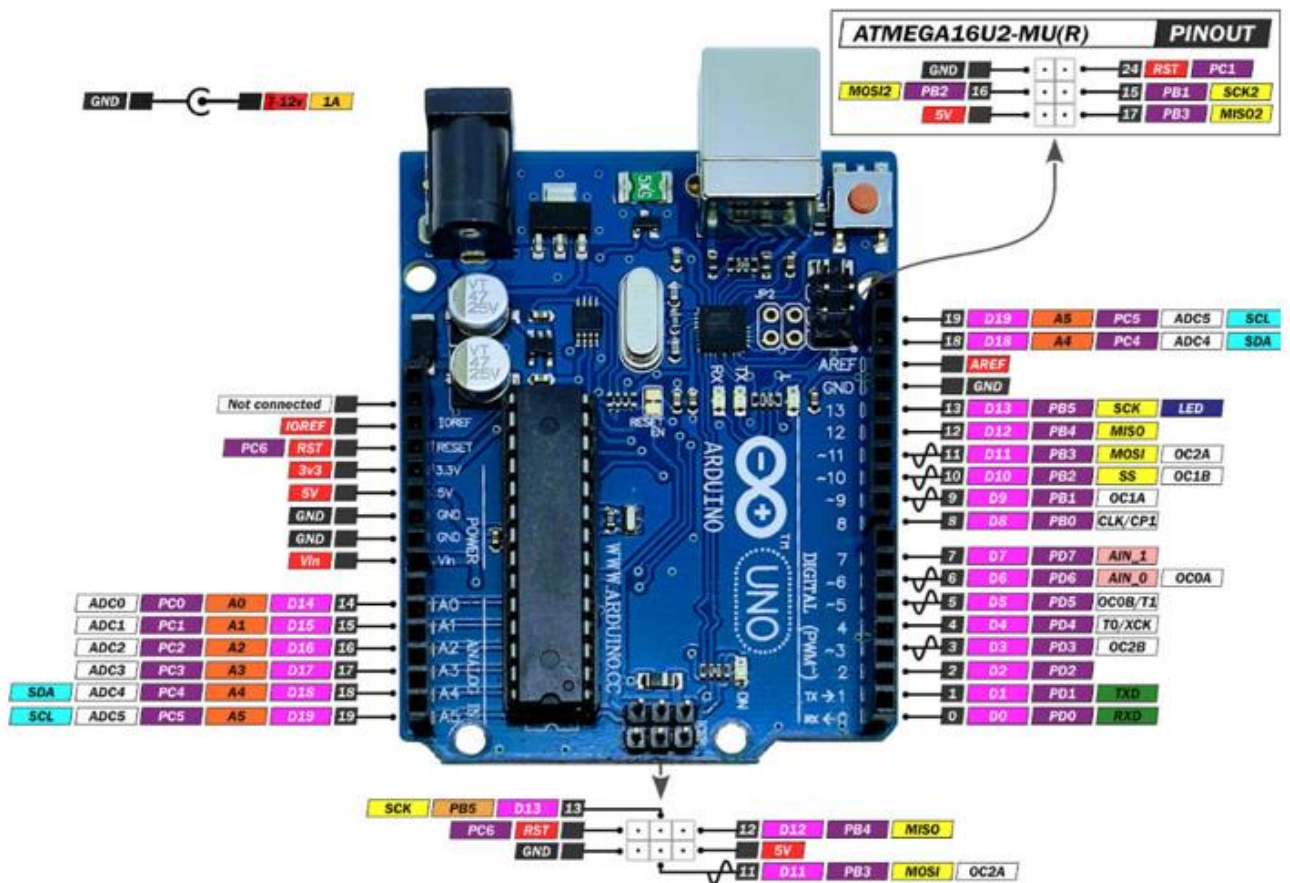


Рисунок 2.3 – Схема розміщення виводів Arduino Uno

Отже, Arduino Uno обрано як основний елемент керування комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату завдяки її стабільності, перевіреним функціональності, простоті використання та підтримці основних цифрових і аналогових інтерфейсів. Ця платформа дозволяє забезпечити надійне керування всіма компонентами системи в умовах бомбосховища.

2.2.2 Датчик газу MQ-2

Датчик газу MQ-2 – це напівпровідниковий сенсор, призначений для виявлення концентрацій горючих газів і парів у повітрі (див. рис. 2.4). Датчик широко застосовується у системах безпеки, автоматичних сигналізаціях та пристроях моніторингу якості повітря завдяки своїй доступності, простоті використання та високій чутливості.

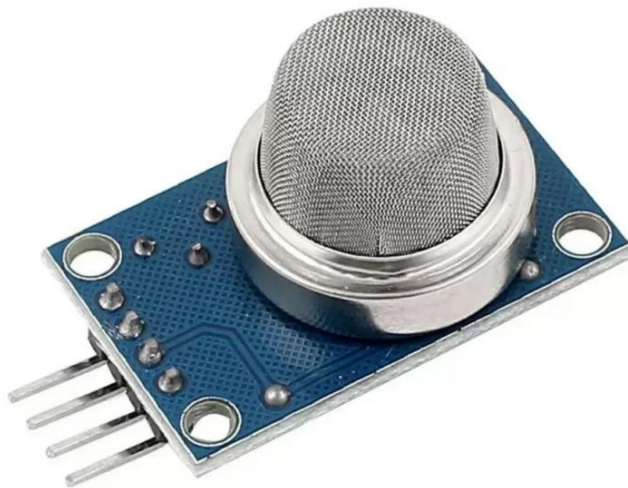


Рисунок 2.4 – Датчик газу MQ-2

Датчик є чутливий до таких газів, як пропан, бутан, метан, водень, дим. Принцип його дії базується на зміні електричного опору внутрішнього сенсорного елементу. У звичайному стані, в чистому повітрі, опір сенсора високий, однак при взаємодії з горючими газами його опір зменшується, що дозволяє виявляти навіть низькі концентрації домішок.

Модуль має два основні типи виходів, такі як аналоговий вихід, для зчитування рівня концентрації газу у вигляді змінної напруги, та цифровий, який активується, коли концентрація перевищує певний поріг, встановлений за допомогою потенціометра [13].

Сенсор працює при напрузі живлення 5 В, яке повністю забезпечує платформа Arduino Uno та має невелике споживання струму, що є критично необхідним для автономної роботи системи в умовах відсутності постійного живлення. Основні технічні характеристики датчика наведені у таблиці 2.2.

Датчик MQ-2 рекомендується розміщувати у верхній частині приміщення, оскільки більшість горючих газів легші за повітря та накопичуються зверху. Застосування цього датчика у системі моніторингу дозволяє оперативно виявити витoki небезпечних газів, які можуть становити загрозу для життя людини, особливо в умовах обмеженого простору, таких як бомбосховище.

Таблиця 2.2 – Основні характеристики датчика газу MQ-2

Характеристика	Значення
Детектований газ	пропан, бутан, метан, водень, дим
Діапазон чутливості	від 300 ppm до 10000 ppm
Напруга живлення	2.5-3 В
Опір нагрівача	32 Ом
Струм нагрівача	180 мА
Напруга нагрівача	5 В
Потужність нагрівача	900 мВт
Напруга схеми	24 В
Розміри датчика	32 x 20

Таким чином, датчик газу MQ-2 є важливим елементом у складі комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря. Його використання забезпечує своєчасне виявлення шкідливих або вибухонебезпечних газів, що дозволяє передбачити потенційно небезпечні ситуації та підвищити рівень безпеки для людей у захисних спорудах.

2.2.3 Сенсор вуглекислого газу MH-Z19C

Сенсор вуглекислого газу MH-Z19C - це цифровий інфрачервоний сенсор для вимірювання концентрації вуглекислого газу у повітрі (див. рис. 2.5). Він належить до групи недисперсійних інфрачервоних сенсорів, що забезпечують високу точність та стабільність показників навіть у складних умовах навколишнього середовища. Завдяки надійності та широкому діапазону вимірювання, сенсор активно застосовується в системах моніторингу повітря захисних споруд.

Сенсор MH-Z19C підтримує два типи інтерфейсів для передачі даних, таких як UART та PWM, що дозволяє легко інтегрувати сенсор з мікроконтролерами, такими як Arduino Uno. Робоча напруга сенсора становить 5 В, а типове споживання струму 20 мА, що робить його придатним для

автономних систем з живленням від акумуляторів [14].

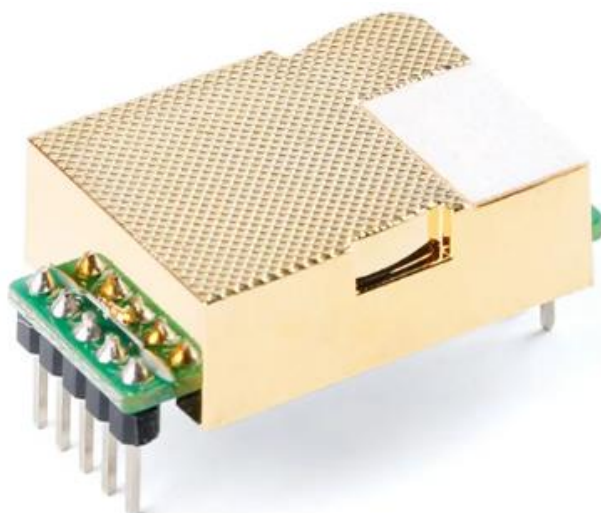


Рисунок 2.5 – Сенсор вуглекислого газу MH-Z19C

Діапазон вимірювання MH-Z19C становить від 400 ppm до 5000 ppm, що дозволяє контролювати як допустимі рівні концентрації в побутових приміщеннях, так і потенційно небезпечні значення у закритих середовищах, таких як бомбосховища. Основні технічні характеристики сенсора подані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні характеристики датчика газу MH-Z19C

Характеристика	Значення
Робоча напруга	5 В
Діапазон чутливості	від 400 ppm до 5000 ppm
Середній споживаний струм	18 мА
Вихідні сигнали	UART, PWM
Час розігріву	3 хвилини
Діапазон робочої температури	від -10°C до +50°C
Розміри сенсора	39x20x9 мм

У системі моніторингу якості повітря в бомбосховищі сенсор MH-Z19C відіграє ключову роль, оскільки вуглекислий газ є одним із основних показників

погіршення якості повітря в закритому просторі. Перевищення допустимого рівня вуглекислого газу може спричинити сонливість, головний біль або навіть втрату свідомості, тому своєчасне виявлення цих змін є надзвичайно важливим.

Отже, використання сенсора МН-Z19С забезпечує надійний контроль за концентрацією вуглекислого газу, що сприяє підвищенню безпеки та комфорту перебування людей у закритих спорудах.

2.2.4 Датчик атмосферного тиску BMP280

Датчик атмосферного тиску BMP280 - це цифровий сенсор, який призначений для точного вимірювання атмосферного тиску у широкому діапазоні значень. Завдяки малій вазі, компактним розмірам та низькому енергоспоживанню, цей сенсор широко застосовується у комп'ютеризованих системах для контролю мікроклімату (див. рис. 2.6).

BMP280 підтримує цифрові інтерфейси I2C та SPI, що робить його сумісним з більшістю мікроконтролерів, зокрема Arduino Uno. Сенсор дозволяє вимірювати атмосферний тиск у межах від 300 hPa до 1100 hPa, що охоплює усі можливі умови застосування [15].

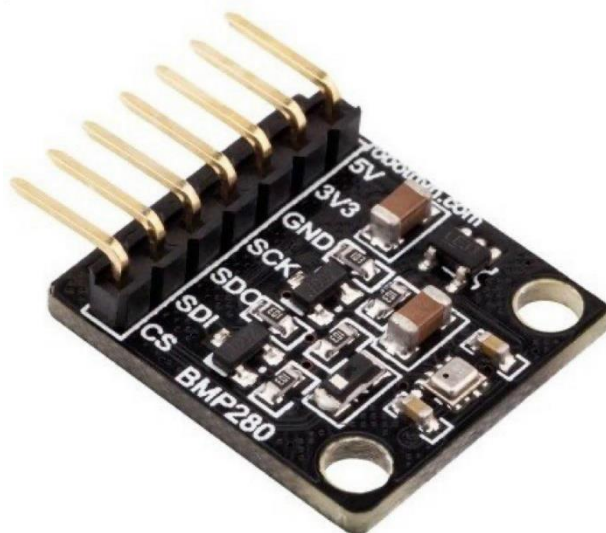


Рисунок 2.6 – Датчик атмосферного тиску BMP280

Сенсор має високу точність вимірювання приблизно 1 hPa для тиску, а також невелике енергоспоживання, яке дорівнює лише 2.7 мкА. Це дозволяє

використовувати BMP280 у складі автономних систем, де важлива кожна одиниця спожитого струму. Основні технічні характеристики BMP280 подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні характеристики датчика атмосферного тиску BMP280

Характеристика	Значення
Діапазон чутливості	від 300 hPa до 1100 hPa
Точність	1 hPa
Робоча напруга	1.8-3.6 В
Споживчий струм	2.7 мкА (при частоті опитування 1 Гц)
Підтримувані цифрові інтерфейси	I2C, SPI
Діапазон робочої температури	від -40°C до +85°C
Розміри датчика	15x11 мм

Таким чином, сенсор BMP280 є оптимальним рішенням для точного і стабільного вимірювання тиску у складі комп'ютеризованої системи моніторингу мікроклімату. Його невеликі габарити, підтримка стандартних цифрових протоколів, висока чутливість і мінімальне споживання енергії роблять його надійним компонентом для автономної мікроконтролерної системи, що працює в умовах обмеженого простору.

2.2.5 Датчик температури та вологості DHT22

Датчик температури та вологості DHT22 - це цифровий сенсор, призначений для вимірювання температури та відносної вологості повітря (див. рис. 2.7). Завдяки високій точності, стабільності та простоті інтеграції, DHT22 є одним із найпопулярніших рішень побудови систем для моніторингу мікроклімату.

Датчик складається з ємнісного елемента для вимірювання вологості та термістора для вимірювання температури. Він передає дані у цифровому форматі, що дозволяє безпосередньо підключити його до мікроконтролера,

зокрема Arduino Uno, без потреби в додатковому аналого-цифровому перетворенні [16].



Рисунок 2.7 – Датчик температури та вологості DHT22

В таблиці 2.5 наведені характеристики датчика температури та вологості DHT22

Таблиця 2.5 – Основні характеристики датчика температури та вологості DHT22

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювання температури	від -40°C до +80°C
Діапазон вимірювання вологості	від 0% RH до 100% RH
Точність вимірювання вологості	2-5%
Точність вимірювання температури	0.5°C
Робоча напруга	3.6-6 В
Тип виходу	цифровий, однопровідний протокол

У складі комп'ютеризованої системи моніторингу мікроклімату, що використовується в умовах бомбосховища, датчик DHT22 виконує ключову функцію, він забезпечує постійний контроль температури та вологості, які є критичними показниками мікроклімату. Висока вологість може сприяти розвитку плісняви та негативно впливати на самопочуття людей, тоді як занадто низька може спричиняти дискомфорт, сухість повітря та зневоднення.

2.2.6 OLED-дисплей SSD1306

OLED-дисплей SSD1306 - це компактний графічний екран, який використовується для виведення текстової або графічної інформації в різноманітних вбудованих системах (див. рис. 2.8). Його головними перевагами є низьке енергоспоживання, висока контрастність зображення та зручність у використанні.



Рисунок 2.8 – OLED-дисплей SSD1306

Для зв'язку з мікроконтролером OLED-дисплей SSD1306 підтримує інтерфейси I²C та SPI, залежно від конкретної модифікації. Живлення дисплея зазвичай здійснюється від напруги 3.3 В або 5 В, що робить його повністю сумісним із мікроконтролерами Arduino. Основні технічні характеристики OLED-дисплей SSD1306 подано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні характеристики OLED-дисплей SSD1306

Характеристика	Значення
Технологія дисплея	OLED
Роздільна здатність дисплея	128 на 64 точок
Діагональ дисплея	0,96 дюйма
Кут огляду	160 °
Напруга живлення	2,8 - 5,5 В
Потужність	0,08 Вт
Габарити модуля	27,3 x 27,8 x 3,7 мм

Використовуючи бібліотеки Adafruit SSD1306 та Adafruit GFX в середовищі програмування, процес виводу інформації значно спрощується, і є можливість виводити текст, графіки, символи та індикатори без складного керування кожним пікселем окремо [17].

OLED-дисплей SSD1306 виконує у системі моніторингу роль основного елемента для візуального зв'язку. Він дозволяє користувачеві в реальному часі отримувати інформацію про поточні значення параметрів мікроклімату та якості повітря, а також повідомлення про перевищення допустимих меж. В умовах бомбосховища, де відсутній або обмежений доступ до зовнішніх засобів зв'язку, дисплей є критично важливим компонентом для локального моніторингу.

Таким чином, OLED-дисплей SSD1306 є зручним, надійним і енергоефективним засобом виводу інформації в комп'ютеризованій системі моніторингу якості повітря та мікроклімату, забезпечуючи користувача актуальними даними без затримок та складності у реалізації інтерфейсу.

2.3 Опис використаних протоколів обміну даними

2.3.1 Протокол I2C

Протокол I²C (Inter-Integrated Circuit) - це послідовний синхронний інтерфейс, який широко застосовується у мікроконтролерних системах для обміну даними між мікроконтролером і зовнішніми периферійними пристроями. Відзначається простотою реалізації, мінімальною кількістю необхідних з'єднань та можливістю підключення кількох пристроїв на одну лінію.

Інтерфейс I²C використовує лише дві лінії зв'язку: лінію передачі даних SDA (Serial Data Line) та лінію трактування SCL (Serial Clock Line). Передача даних здійснюється з використанням адресації, де кожен пристрій на шині має унікальну 7-бітну або 10-бітну адресу, що дозволяє мікроконтролеру спілкуватися з кількома модулями одночасно.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На шині I²C взаємодія відбувається між одним головним пристроєм (master) і одним або кількома підлеглими пристроями (slave) (див. рис. 2.9). У ролі master зазвичай виступає мікроконтролер, який ініціює передачу даних, генерує сигнали синхронізації та визначає, з яким саме пристроєм необхідно здійснити обмін інформацією. Периферійні пристрої, такі як дисплеї, датчики чи модулі пам'яті, виконують роль slave і відповідають на запити ведучого пристрою [18].

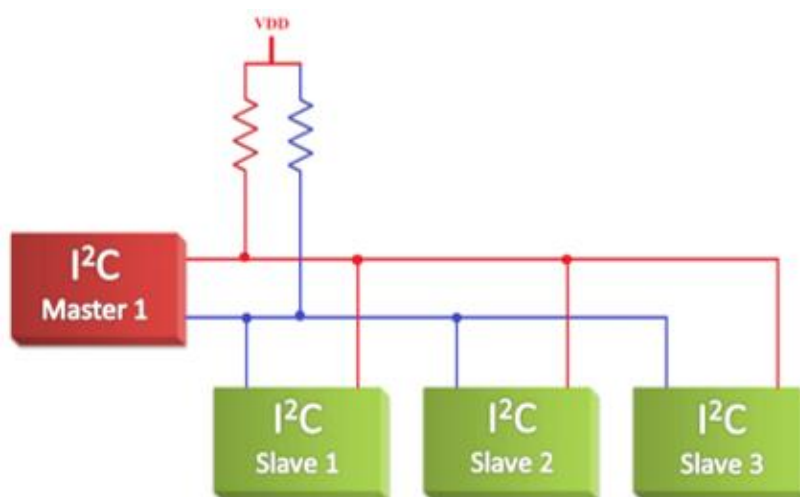


Рисунок 2.9 – Схема інтерфейсної шини I2C

Кожен підлеглий пристрій має унікальну адресу, яка використовується для його ідентифікації на шині. Після ініціалізації передача даних здійснюється з кількох етапів. Спочатку master надсилає стартовий сигнал, звертаючись до всіх пристроїв, потім надсилає адресу пристрою, з яким потрібно зв'язатися, і записує або зчитує дані в регістри ведених пристроїв. Якщо обраний підлеглий пристрій розпізнає свою адресу, він надсилає сигнал підтвердження (ACK) і приймає або передає дані.

Передача інформації є синхронною, тобто всі пристрої на шині працюють за загальним тактовим сигналом, який формує master. Завершується обмін даними стоп-сигналом, після чого шина знову стає вільною для нових ініціатив.

У розробленій системі протокол I²C використовується для обміну даними між мікроконтролером Arduino Uno та OLED-дисплеєм SSD1306. Завдяки підтримці I²C цей дисплей може зчитувати інформацію, яку надсилає

контролер, та виводити її у зручному графічному або текстовому вигляді.

Використання I²C забезпечує мінімальне навантаження на порти Arduino, оскільки для повноцінного обміну задіяно лише два цифрові входи/виходи. Це дозволяє ефективно використовувати інші пін-контакти плати для підключення додаткових сенсорів. Окрім того, I²C відзначається достатньою швидкістю передачі для виводу значень на дисплей у реальному часі, що є важливим у системі моніторингу якості повітря та мікроклімату.

2.3.2 Протокол SPI

Протокол SPI (Serial Peripheral Interface) — це синхронний послідовний інтерфейс обміну даними, який забезпечує високошвидкісну взаємодію між мікроконтролером і периферійними пристроями.

На відміну від протоколу I²C, SPI використовує чотири окремі лінії зв'язку: MOSI (Master Out Slave In), яка відповідає за передачу даних від головного пристрою (master) до підлеглого (slave), MISO (Master In Slave Out) - для зворотної передачі даних від підлеглого пристрою до головного, SCLK (Serial Clock), що формує синхросигнал, який керує передачею даних та лінію вибору підлеглого пристрою SS (Slave Select), яка активується перед початком обміну інформацією. На рисунку 2.10 зображена схема інтерфейсної шини SPI.

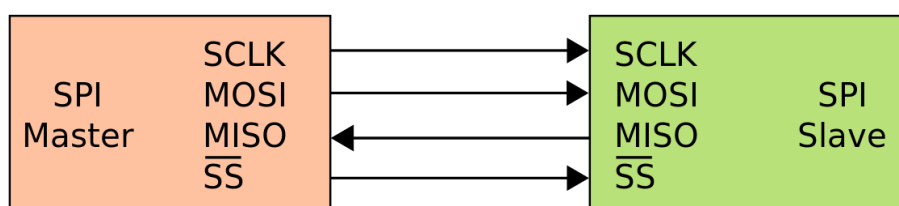


Рисунок 2.10 – Схема інтерфейсної шини SPI

Обмін даними в SPI здійснюється одночасно в обидві сторони (режим повного дуплексу), що дозволяє значно підвищити швидкість взаємодії. Передача ініціюється master-пристроєм, який активує лінію SS, надсилає тактові імпульси по SCLK і паралельно з цим передає і приймає біти даних по лініях MOSI і MISO відповідно [19].

У розробленій системі протокол SPI використовується для підключення датчика атмосферного тиску BMP280 до мікроконтролера Arduino Uno. Обравши SPI-режим роботи BMP280, вдалося забезпечити стабільну та швидку передачу даних про тиск та температуру, що є важливим для своєчасного аналізу змін у мікрокліматі.

Датчик BMP280 має можливість роботи як за SPI, так і за I²C, однак SPI був обраний через більш високу швидкість обміну, що дозволяє зменшити затримки у виведенні інформації на дисплей та покращити реакцію системи на критичні зміни тиску.

2.3.3 Протокол UART

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) — це асинхронний послідовний протокол передачі даних, який широко використовується для обміну інформацією між мікроконтролерами та периферійними пристроями. На відміну від синхронних протоколів, таких як I²C або SPI, UART не потребує спільної лінії синхронізації (тактового сигналу), що дозволяє зменшити кількість з'єднань між пристроями.

Цей протокол є зручним для підключення сенсорів, модулів GPS, Bluetooth, Wi-Fi та інших пристроїв, які не потребують великої пропускну здатності, але мають потребу в надійній та просто реалізованій передачі інформації. На рисунку 2.11 зображено схему з'єднань шини UART.

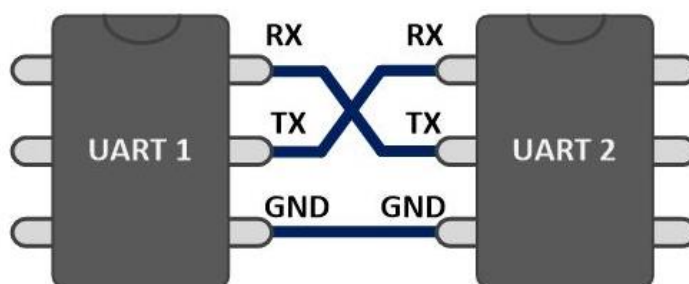


Рисунок 2.11 – Схема з'єднань шини UART

Комунікація по UART відбувається через дві лінії: TX (transmit) - для передавання даних і RX (receive) - для прийому. Дані передаються у вигляді

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

послідовності байтів, кожен з яких починається зі стартового біта та завершується стоп-бітом для правильного розпізнавання інформації приймачем [20].

У розробленій системі протокол UART використовується для обміну даними між сенсором вуглекислого газу MH-Z19C та мікроконтролером Arduino Uno. Сенсор MH-Z19C призначений для вимірювання концентрації вуглекислого газу у повітрі та виводить результат у цифровому вигляді саме через UART-інтерфейс. Після підключення сенсора до відповідних виводів Arduino Uno (TX сенсора до RX мікроконтролера і навпаки) дані передаються в реальному часі у вигляді пакетів, які включають інформацію про рівень вуглекислого газу у ppm (parts per million).

Використання UART дозволяє отримувати точні цифрові значення концентрації вуглекислого газу без необхідності додаткової обробки аналогового сигналу. Такий підхід зменшує ймовірність похибок та забезпечує високу надійність передачі інформації про стан повітря, що критично важливо для функціонування системи в умовах обмеженої вентиляції, як у бомбосховищі.

2.4 Розробка електричної схеми системи

Схема електрична системи для моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі зображена на рисунку 2.12.

Аналоговий датчик MQ-2 (U3) використовується для виявлення горючих газів. Він підключений до аналогового входу (PC0) мікроконтролера Arduino Uno (U1) через подільник напруги з резистором R2, що забезпечує коректне зчитування напруги, пропорційної концентрації газу.

Для визначення рівня вуглекислого газу використовується сенсор MH-Z19C (U6), який підключено до Arduino за допомогою послідовного інтерфейсу UART - до пінів TXD і RXD. Такий підхід дозволяє здійснювати двосторонній обмін даними між сенсором і контролером.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

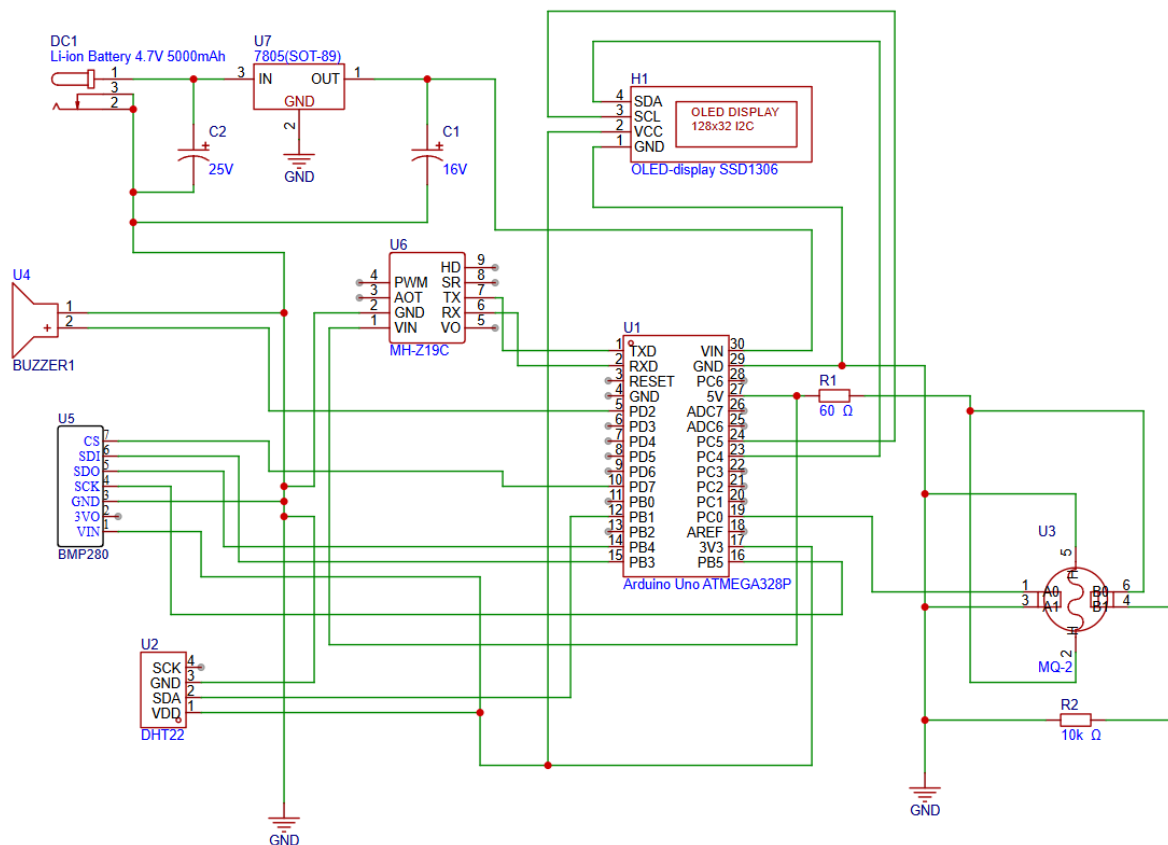


Рисунок 2.12 – Схема електрична принципова системи

Цифровий датчик температури та вологості DHT22 (U2) з'єднаний з мікроконтролером через один цифровий пін (PB1), використовуючи однопровідний протокол. Вимірювання атмосферного тиску здійснює сенсор BMP280 (U5), який підключено за допомогою SPI-протоколу, що передбачає під'єднання сигналів CS, SCK, SDI та SDO до відповідних цифрових виводів PD7, PB5, PB3 та PB4.

Виведення отриманої інформації від усіх датчиків відображає OLED-дисплей SSD1306 (H1), який працює через I²C-шину ліній SDA і SCL підключених до пінів PC4 і PC5 відповідно.

Для подачі звукових сигналів тривоги використовується п'єзодинамік (U4), підключений до цифрового виходу PD2. Він активується у разі перевищення критичних значень параметрів, що фіксуються сенсорами, і виконує функцію звукового сповіщення користувача.

Живлення всієї системи забезпечує Li-іон акумулятор (DC1), який

підключено до вхідного стабілізатора напруги 7805 (U7). Для згладжування напруги використано електролітичні конденсатори C1 і C2, які фільтрують пульсації після стабілізації та підвищують надійність роботи системи.

Таким чином, розроблена електрична принципова схема забезпечує ефективний моніторинг якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі. Завдяки правильно вибраним елементам, система здатна в реальному часі контролювати концентрацію шкідливих газів, рівень вуглекислого газу, температуру, вологість і атмосферний тиск. Виведення інформації на дисплей та наявність звукового сигналу дозволяють своєчасно інформувати користувача про можливу загрозу. Використання енергоефективного живлення та автономної батареї забезпечує стабільну роботу навіть у разі відсутності зовнішнього джерела енергії, що є критично важливим у надзвичайних умовах.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка алгоритму роботи системи моніторингу якості повітря та мікроклімату

Алгоритм роботи комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі базується на повторюваному зчитуванні даних із сенсорів, аналізі отриманих значень та реагуванні у разі виявлення відхилень від встановлених норм.

Після подачі живлення на систему відбувається ініціалізація всіх підключених компонентів. Зокрема, ініціалізується OLED-дисплей SSD1306 для виведення інформації, встановлюються режими роботи цифрових входів/виходів, а також налагоджується обмін даними з сенсорами через відповідні інтерфейси: I2C, SPI та UART.

Далі система переходить у основний цикл роботи, в якому з певним інтервалом опитуються датчики: DHT22 для отримання значень температури та вологості, BMP280 для вимірювання атмосферного тиску, MQ-2 для виявлення наявності горючих газів та диму, MH-Z19C для визначення концентрації вуглекислого газу.

Зібрані значення обробляються мікроконтролером. Якщо хоча б один із параметрів виходить за допустимі значення, система виводиться попереджувальне повідомлення OLED-дисплей, а за допомогою п'єзодинаміка вмикається звукове оповіщення, яке сигналізує про виявлення потенційної загрози. Це дозволяє вчасно попередити користувачів про небезпечний стан повітря та мікроклімату.

У разі якщо всі параметри залишаються в межах норми, система продовжує роботу у фоновому режимі, постійно оновлюючи інформацію на

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
Розроб.		Степаненко В.В.			Практична частина		
Перевір.		Шингера Н.Я.					
Реценз.							
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						39	
					ТНТУ, каф. КС, гр. CI-42		

дисплеї. Наприкінці кожного циклу перед повторним зчитуванням даних реалізується коротка затримка, що дозволяє уникнути надмірного навантаження на мікроконтролер та дає час сенсорам на оновлення вимірювань. Блок-схема алгоритму роботи системи моніторингу якості повітря та мікроклімату зображена на рисунку 3.1.

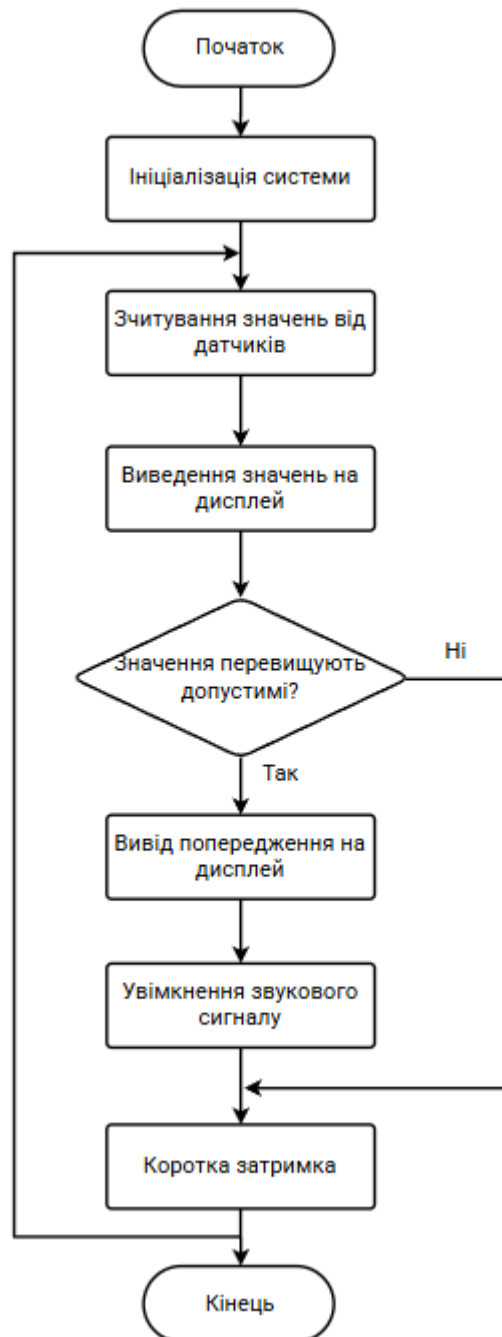


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи системи

Таким чином, розроблений алгоритм забезпечує стабільну та ефективну роботу системи, дозволяючи постійно контролювати основні параметри

мікроклімату й якості повітря у бомбосховищі, своєчасно попереджаючи про можливі небезпеки для здоров'я та життя людей.

3.2 Створення моделі тестового макету в середовищі Wokwi

Модель тестового макету для системи моніторингу якості повітря та мікроклімату була розроблена у симуляційному середовищі Wokwi, яке дозволяє створювати прототипи електронних систем на основі Arduino без необхідності фізичного обладнання [21].

Основним елементом побудованого макету є мікроконтролер Arduino Uno до якого підключено всі необхідні елементи системи моніторингу. Для контролю температури та вологості використовується цифровий сенсор DHT22, підключений до аналогового входу A3. Його живлення подається з лінії 5V, а земля підключена до загальної шини GND (див. рис. 3.2).

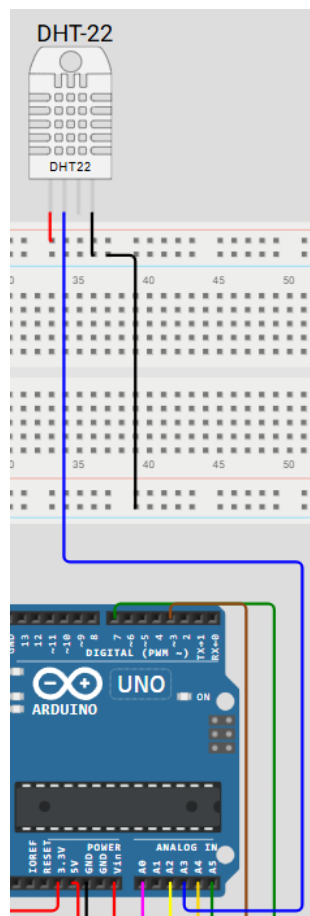


Рисунок 3.2 – Підключення цифрового сенсора DHT22

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для візуалізації даних використовується OLED-дисплей SSD1306 з інтерфейсом I2C, який з'єднано з Arduino через пін A4 (SDA) та A5 (SCL) (див. рис. 3.3). Такий інтерфейс дозволяє підключити дисплей лише за допомогою двох сигнальних проводів, що спрощує схему і зменшує кількість з'єднань.

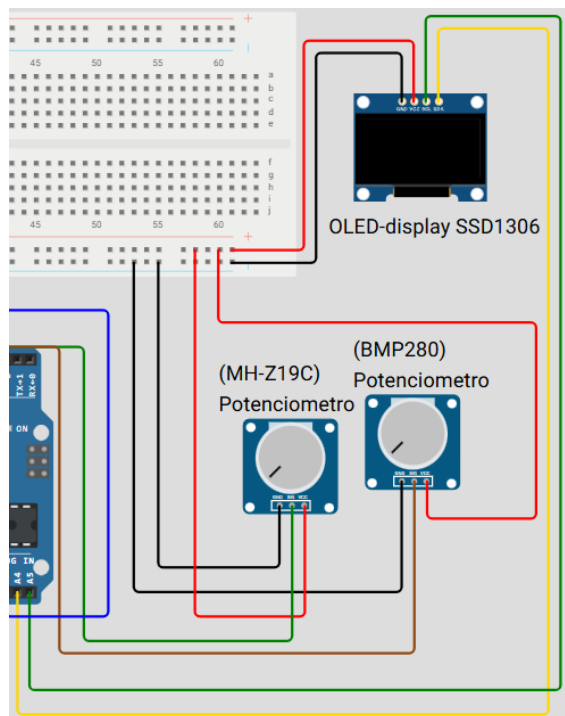


Рисунок 3.3 – Підключення OLED-дисплей SSD1306

Звукова сигналізація реалізована за допомогою п'єзодинаміка (зумера), підключеного до аналогового входу A2 (див. рис. 3.4). При виявленні перевищення допустимих значень параметрів система активує зумер, що дозволяє оперативно попередити користувача про небезпеку.

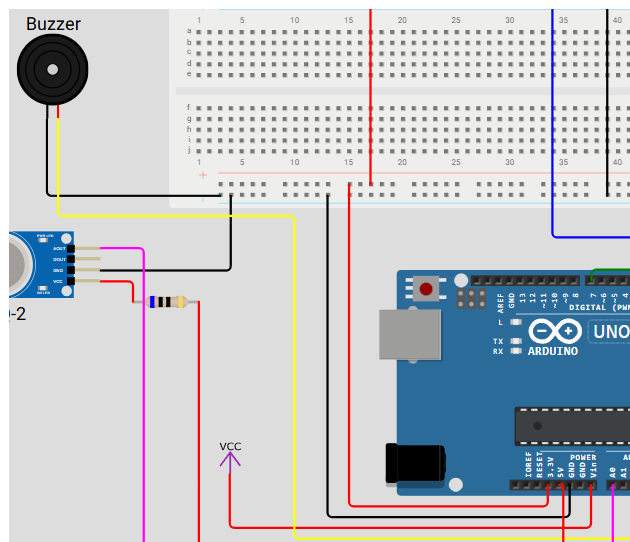


Рисунок 3.4 – Підключення п'єзодинаміка

Замість сенсора вуглекислого газу MH-Z19C та датчика тиску BMP280 використовуються два потенціометри, які імітують змінні значення цих параметрів. Перший потенціометр підключено до цифрового виходу D7 (імітація CO₂), а другий до цифрового виходу D3 (імітація тиску). Виводи живлення потенціометрів підключені до шини 5V та GND відповідно (див. рис. 3.5).

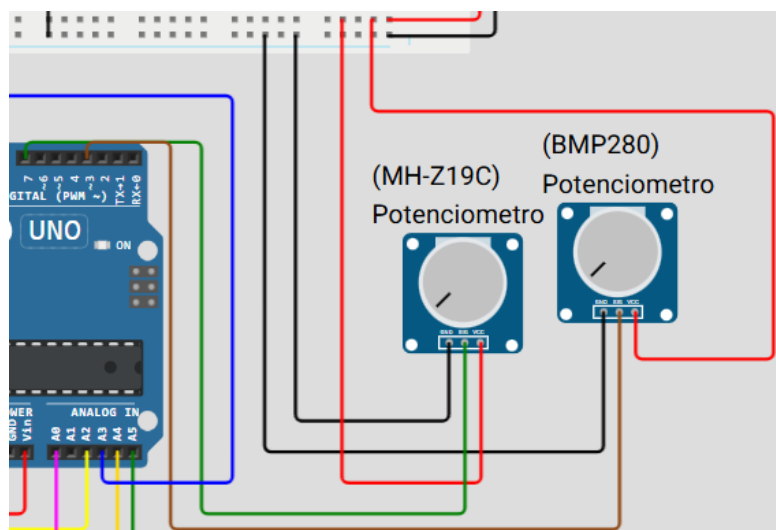


Рисунок 3.5 – Підключення потенціометрів для імітації MH-Z19C та BMP280

Окремо підключено сенсор газу MQ-2, який виконує функцію виявлення шкідливих газів у повітрі. Вивід A0 зчитує аналоговий сигнал від сенсора, дозволяючи програмно обробити рівень газового забруднення. Живлення

сенсора підключено до ліній VCC та GND через резистор, що обмежує струм і забезпечує стабільну роботу модуля в умовах симуляції (див. рис. 3.6).

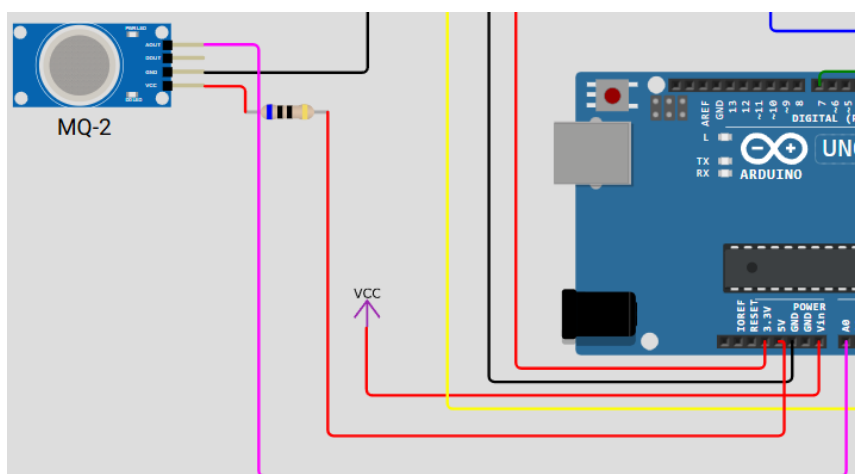


Рисунок 3.6 – Підключення сенсора газу MQ-2

Загальна модель тестовго макету всіх компонентів системи зображена на рисунку 3.7.

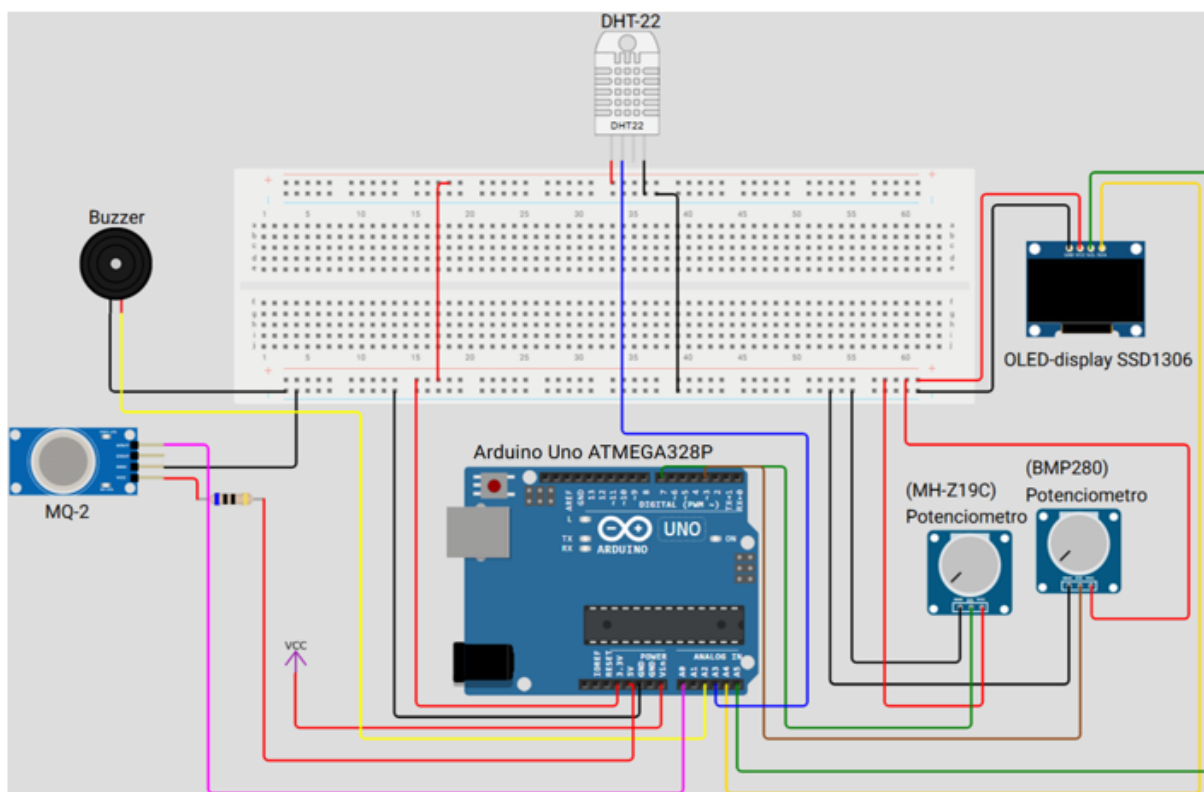


Рисунок 3.7 – Модель тестового макету

Таким чином, у середовищі Wokwi була розроблена модель тестового

макету системи моніторингу з можливістю імітації всіх основних параметрів: температури, вологості, газів, вуглекислого газу та тиску. Це дозволило перевірити коректність роботи алгоритмів та логіки виведення повідомлень на дисплей у режимі реального часу.

3.3 Розробка програмного забезпечення

Спочатку здійснюється підключення необхідних бібліотек, які забезпечують роботу окремих компонентів системи. Бібліотека `Wire.h` реалізує протокол I²C для обміну даними між мікроконтролером Arduino та периферійними пристроями. `Adafruit_GFX.h` та `Adafruit_SSD1306.h` використовуються для керування OLED-дисплеєм. Перша забезпечує базові графічні функції, а друга - безпосередньо обробку та виведення інформації на екран модулем SSD1306. Бібліотека `DHT.h` призначена для взаємодії з цифровим сенсором температури та вологості DHT22, дозволяючи зчитувати показники з відповідного аналогового входу мікроконтролера (див. рис. 3.8). Сукупне використання зазначених бібліотек дозволяє організувати злагоджену роботу всієї системи в режимі реального часу.

```
1  #include <Wire.h>
2  #include <Adafruit_GFX.h>
3  #include <Adafruit_SSD1306.h>
4  #include <DHT.h>
```

Рисунок 3.8 – Лістинг коду для підключення бібліотек

Після підключення бібліотек здійснюється оголошення змінних та ініціалізація об'єктів, необхідних для роботи системи (див. рис. 3.9). Зокрема, визначаються параметри OLED-дисплея, його розміри та тип з'єднання. Створюється об'єкт `display`, а також об'єкт сенсора температури та вологості `dht`, де вказується відповідний пін та тип датчика. Також визначаються аналогові входи для сенсорів тиску (`BMP280_PIN`), вуглекислого газу (`CO2_PIN`) (використовуються потенціометри), датчика газу (`MQ2_PIN`) та

визначається цифровий пін для п'єзодинаміка (BUZZER_PIN).

```
6 // Ініціалізація OLED-дисплея
7 #define SCREEN_WIDTH 128
8 #define SCREEN_HEIGHT 64
9 #define OLED_RESET -1
10 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
11
12 // Ініціалізація датчика DHT-22
13 #define DHTPIN A3
14 #define DHTTYPE DHT22
15 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
16
17 // Налаштування аналогових входів
18 #define BMP280_PIN A0
19 #define CO2_PIN A1
20 #define MQ2_PIN A2
21
22 // Налаштування п'єзодинаміка
23 #define BUZZER_PIN 3
```

Рисунок 3.9 – Лістинг коду ініціалізації всіх пристроїв

Функція `setup()` реалізує початкове налаштування елементів комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату (див. рис. 3.10). Спершу виконується запуск серійного інтерфейсу для виведення відлагоджувальної інформації. Далі активується сенсор DHT22 методом `dht.begin()`. Відбувається ініціалізація OLED-дисплея на базі драйвера SSD1306: у разі невдачі виявлення дисплея програма переходить у нескінченний цикл. Якщо дисплей виявлено, екран очищується, встановлюються текстові параметри (розмір, колір шрифту, позиція курсору), після чого на дисплей виводиться повідомлення про успішний запуск. Крім того, пін, до якого підключено зумер, переводиться в режим цифрового виходу.

```
25 void setup() {
26
27     // Ініціалізація серійного порту
28     Serial.begin(9600);
29     dht.begin();
30
31     // Ініціалізація OLED-дисплея
32     if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
33         Serial.println(F("SSD1306 not found"));
34         while (true);
35     }
36
37     // Налаштування дисплея
38     display.clearDisplay();
39     display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
40     display.setTextSize(1);
41     display.setCursor(0, 0);
42     display.println("Init OK");
43     display.display();
44
45     // Переведення пину п'єзодинаміка в режим виходу
46     pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
47 }
```

Рисунок 3.10 – Лістинг коду функції `setup()`

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функція `loop()` реалізує основний цикл роботи системи. На початку кожної ітерації відбувається генерація значень усіх основних параметрів: температури, вологості, атмосферного тиску, рівня CO₂ та концентрації горючих газів. Значення формуються з урахуванням можливості виходу за межі допустимих норм, що дозволяє протестувати спрацьовування логіки оповіщення. Далі обчислюються логічні змінні, що визначають стан кожного з параметрів: `tempDanger`, `humDanger`, `presDanger`, `co2Danger` та `gasDanger`.

Якщо будь-який із параметрів виходить за межі встановлених нормативів (наприклад, температура нижче 8 °C або вище 30 °C, вологість нижче 15% або вище 60%, тиск поза межами 950–1050 гПа, CO₂ понад 1500 ppm, концентрація газу понад 300 одиниць), відповідна змінна набуває значення `true`. Якщо хоча б одна з них істинна, загальна змінна `alarm` стає `true` (див. рис. 3.11).

```

49 void loop() {
50
51     // Генерація значень датчиків системи
52     float temperature = random(50, 350) / 10.0;    // 5.0 - 35.0 °C (норма: 8-30)
53     float humidity = random(100, 800) / 10.0;      // 10.0 - 80.0 % (норма: 15-60)
54     float pressure = random(920, 1080);            // 920 - 1080 hPa (норма: 950-1050)
55     int co2ppm = random(300, 2000);                // 300 - 2000 ppm (норма: до 1500)
56     int gasLevel = random(0, 600);                 // 0 - 600 (норма: до 300)
57
58     // Визначення умови тривоги
59     bool tempDanger = (temperature > 30 || temperature < 8);
60     bool humDanger = (humidity > 60 || humidity < 15);
61     bool presDanger = (pressure > 1050 || pressure < 950);
62     bool co2Danger = (co2ppm > 1500);
63     bool gasDanger = (gasLevel > 300);
64
65     // Обчислення логічних змінних
66     bool alarm = tempDanger || humDanger || presDanger || co2Danger || gasDanger;

```

Рисунок 3.11 – Лістинг коду функції `loop()`

Код на рисунку 3.12 відповідає за виведення всіх екологічних параметрів на OLED-дисплей. Спочатку виконується очищення екрана командою `display.clearDisplay()`, а також встановлення позиції курсора у верхній лівий кут за допомогою `display.setCursor(0, 0)`. Команда `display.setTextSize(1)` задає розмір шрифту, достатній для читання на екрані роздільністю 128x64 пікселі.

Далі на дисплей по черзі виводяться основні параметри: температура, вологість, атмосферний тиск, рівень вуглекислого газу (CO₂) і концентрація шкідливих газів. Значення температури виводиться у цельсіях (°C). В разі

відхилення значень від нормальних меж (менше 8°C або більше 30°C) поруч виводиться попередження "DANGER". Аналогічно обробляється виведення вологості: значення вказується у відсотках, і при виході за межі допустимого діапазону (15-60%) також з'являється напис "DANGER".

Значення атмосферного тиску виводиться в гПа. При значенні нижче 950 або вище 1050 гПа активується текстове попередження. Після цього відображається концентрація вуглекислого газу у ppm, з попередженням про перевищення при значеннях понад 1500 ppm. Заключним параметром є рівень концентрації газу за даними датчика MQ-2, що виводиться у вигляді умовних одиниць. Якщо значення перевищує поріг у 300 одиниць, також з'являється позначка "DANGER". Після формування всіх рядків інформації виконується команда `display.display()`, яка оновлює зображення на екрані.

```

68 // Вивід всіх параметрів на дисплей
69 display.clearDisplay();
70 display.setCursor(0, 0);
71 display.setTextSize(1);
72
73 // Виведення значень температури
74 display.print("T: ");
75 display.print(temperature, 1);
76 display.print(" C");
77 if (tempDanger) display.print(" DANGER");
78 display.println();
79
80 // Виведення значень вологості
81 display.print("H: ");
82 display.print(humidity, 1);
83 display.print(" %");
84 if (humDanger) display.print(" DANGER");
85 display.println();
86
87 // Виведення значень тиску
88 display.print("P: ");
89 display.print(pressure, 0);
90 display.print(" hPa");
91 if (presDanger) display.print(" DANGER");
92 display.println();
93
94 // Виведення значень вуглекислого газу
95 display.print("CO2: ");
96 display.print(co2ppm);
97 display.print(" ppm");
98 if (co2Danger) display.print(" DANGER");
99 display.println();
100
101 // Виведення значень концентрації газу
102 display.print("GAS: ");
103 display.print(gasLevel);
104 display.print(" lvl");
105 if (gasDanger) display.print(" DANGER");
106 display.println();
107
108 display.display();

```

Рисунок 3.12 – Лістинг коду для виведення інформації на дисплей

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі спрацювання тривоги після виведення попереджувального повідомлення на дисплей «DANGER», також активується п'єзодинамік, що генерує звуковий сигнал частотою 1000 Гц. Якщо значення в межах норми, п'єзодинамік вимикається. Наприкінці кожного циклу програма затримується на 1 секунду (`delay(1000)`), після чого починається новий цикл з оновленням усіх параметрів (див. рис. 3.13).

```

110 // Активація звукового сигналу(п'єзодинаміка)
111 if (alarm) {
112     tone(BUZZER_PIN, 1000);
113 } else {
114     noTone(BUZZER_PIN);
115 }
116
117 // Затримка, яка рівна 1 секундi
118 delay(1000);
119 }

```

Рисунок 3.13 – Лістинг коду сигналізації системи

Розроблене програмне забезпечення дозволяє не тільки постійно контролювати якість повітря в умовах бомбосховища, але й забезпечує своєчасне попередження у випадку перевищення допустимих норм. Програмне забезпечення гнучко реагує на зміну умов та має можливість подальшої адаптації до підключення реальних сенсорів.

3.4 Результати тестування роботи системи

Останнім етапом розробки стало тестування працездатності комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату в середовищі Wokwi. Після завантаження програми на віртуальну плату Arduino Uno система успішно ініціалізувала всі підключені компоненти, зокрема датчики, дисплей та п'єзодинамік. У штатному режимі на OLED-дисплеї відображаються поточні параметри: температура повітря, вологість, атмосферний тиск, концентрація вуглекислого газу (CO₂) та рівень концентрації

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

газів. Значення кожного параметра виводяться в зрозумілому форматі з відповідними одиницями вимірювання (див. рис. 3.14).

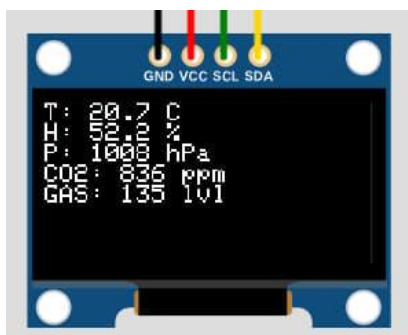


Рисунок 3.14 – Виведення параметрів за нормальних умов

При виході одного або кількох параметрів за межі допустимих норм, поруч з відповідним рядком на дисплеї з'являється попереджувальне повідомлення “DANGER”, що сигналізує про небезпеку (див. рис. 3.15).

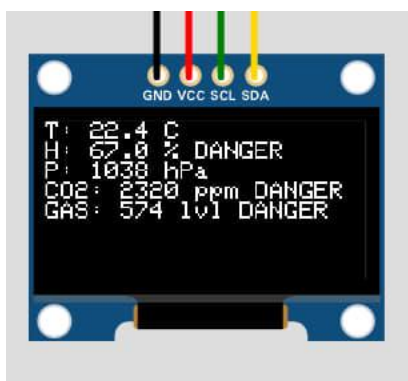


Рисунок 3.15 – Виведення попереджувального повідомлення

Одночасно з цим вмикається п'єзодинамік, генеруючи звуковий сигнал для привернення уваги користувача до потенційної загрози (див. рис. 3.16).

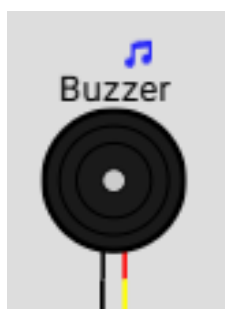


Рисунок 3.16 – Увімкнення звукового оповіщення

Результати тестування показали, що система коректно виконує всі функції моніторингу та попередження. У нормальних умовах відображаються актуальні показники параметрів повітря, а при перевищенні допустимих меж система оперативно інформує користувача через дисплей і звуковий сигнал. Це підтверджує ефективність і надійність реалізованого проєкту, що дозволяє її застосовувати у реальних умовах.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Роль центральної нервової системи в трудовій діяльності людини

Центральна нервова система (ЦНС) забезпечує працездатність людини в умовах керування технічними засобами. Під час експлуатації комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі ЦНС піддається впливу фізіологічних і психоемоційних чинників.

Оператор функціонує в умовах замкненого простору, обмеженого доступу до свіжого повітря, підвищеної відповідальності за збереження життя інших людей. У таких обставинах зростає нервове навантаження, активується симпатична частина вегетативної нервової системи, виникає ризик перевтоми, зниження концентрації уваги та загального виснаження.

Тривале перебування у сидячому положенні та робота з візуальною інформацією створюють значне когнітивне навантаження. Відсутність ергономічних умов (неправильне розташування монітора, низька якість освітлення, дискомфортна поза) знижує ефективність обробки інформації, уповільнює реакції, підвищує ймовірність помилок.

ЦНС особливо чутлива до постійних сигналів тривоги, які надходять від системи моніторингу у разі виявлення критичних значень параметрів температури, вологості, атмосферного тиску, концентрації вуглекислого газу та шкідливих газів у повітрі. Перевантаження такими сигналами може викликати стан постійної напруги, тривожного очікування, зниження психоемоційної стійкості, порушення сну, розвиток хронічної втоми.

Якість повітря в бомбосховищі безпосередньо впливає на самопочуття оператора: підвищена концентрація CO₂, нестача кисню або присутність

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Степаненко В.В.								
Перевір.		Шингера Н.Я.							52	
Реценз.		Пилипець М.І.						ТНТУ, каф. КС, гр. CI-42		
Н. Контр.		Тиш Є.В.								
Затверд.		Осухівська Г.М.								

шкідливих домішок можуть спричинити головний біль, втому, погіршення уваги та зниження розумової активності. Надмірна вологість або, навпаки, занадто сухе повітря негативно впливають на слизові оболонки та загальний комфорт перебування в бомбосховищі [22].

Додатковий вплив мають несприятливі фактори мікроклімату бомбосховища, зокрема нестача вентиляції, надмірна вологість, слабе освітлення. Для підтримання працездатності оператора необхідно забезпечити оптимальні умови мікроклімату, регламентовані санітарними нормами: температура повітря в межах 20–24 °С, відносна вологість 40–60 %, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с, рівень освітлення не менше 300 лк. Важливо впровадити режим періодичного відпочинку та забезпечити доступ до свіжого повітря або його штучну подачу за допомогою вентиляційних систем.

Урахування психофізіологічних потреб людини при проектуванні системи дозволяє зменшити навантаження на ЦНС, знизити ризик професійного вигорання та підвищити надійність роботи персоналу.

4.2 Методи очищення повітря від шкідливих виділень

Якість повітря в бомбосховищах має вирішальне значення для підтримання життєдіяльності. В умовах замкнутого простору без вентиляції накопичуються вуглекислий газ, пил, волога, леткі органічні сполуки. Це створює загрозу здоров'ю людей. Застосування ефективних методів очищення є обов'язковим елементом системи безпеки.

Методи фільтрації поділяються на механічні, хімічні та комбіновані. НЕРА-фільтри затримують дрібнодисперсні частинки, пилок, бактерії. Вони забезпечують фізичне очищення, однак втрачають ефективність при тривалому використанні без заміни, особливо за високої вологості.

Активовані вугільні фільтри видаляють формальдегід, озон, TVOC. Працюють за принципом хімічної адсорбції, мають обмежений ресурс і потребують заміни [23].

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Фотокаталітичні установки на основі діоксиду титану (TiO_2) розкладають токсичні сполуки на CO_2 і H_2O . Вони не потребують частого обслуговування, мають високу енергоефективність, однак погано працюють із великими частинками.

Фільтро-вентиляційні установки (ФВУ) забезпечують подачу очищеного повітря навіть при герметичності приміщення. У деяких варіантах передбачене хімічне знезараження. Недолік — залежність від джерел живлення.

На додаток до технічних засобів доцільно використовувати пасивні методи очищення. Рослини-абсорбенти, контроль вологості, підтримання стабільної температури сприяють покращенню якості повітря та підвищенню ефективності основних систем фільтрації.

Поєднання механічного, хімічного, фотокаталітичного очищення та вентиляції у взаємодії з комп'ютеризованою системою моніторингу дає змогу ефективно контролювати якість повітря, запобігати отруєнням і підтримувати оптимальні умови для перебування людей у надзвичайних ситуаціях [24].

У бомбосховищах, де якість повітря безпосередньо впливає на здоров'я та працездатність людей, впровадження надійних систем очищення та моніторингу є необхідною умовою безпеки. Забезпечення стабільного та контрольованого повітряного середовища дозволяє мінімізувати ризики для життя та створює передумови для тривалого безпечного перебування у замкнутому просторі.

4.3 Заходи захисту обладнання від статичної електрики

Обладнання комп'ютеризованої системи моніторингу працює тривалий час і включає мікроконтролери, сенсори, дисплеї, модулі зв'язку. Усі ці компоненти чутливі до електростатичних розрядів. Статична електрика виникає через тертя, рух повітря, роботу електромеханічних приладів, особливо в умовах низької вологості.

Найбільш небезпечними є короточасні електростатичні розряди, здатні пошкодити мікросхеми, викликати збої у роботі мікроконтролера або повне

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

виведення його з ладу. Особливо вразливими до дії статичної електрики є аналогові входи, цифрові інтерфейси (UART, I2C, SPI), лінії живлення та роз'єми типу USB. Удар струму в межах навіть кількох сотень вольт, хоч і короточасний, може спричинити пробій напівпровідникового шару, що призводить до порушення нормального функціонування елемента або його повного виходу з ладу [25].

Операції із заміною, налаштуванням або тестуванням модулів без дотримання антистатичних вимог створюють ризик пошкодження електроніки. Такі пошкодження можуть виявлятися не відразу, а через деякий час у вигляді нестабільної роботи системи.

Для захисту комп'ютеризованої системи від електростатичних розрядів впроваджуються технічні та організаційні заходи. До ефективних апаратних засобів належать захисні діоди TVS, які реагують на перенапругу та відводять заряд у землю, фільтрувальні конденсатори, що стабілізують напругу і гасять високочастотні перешкоди, антистатичні лаки і плівки, які запобігають накопиченню заряду, а також заземлення корпусу пристрою, що забезпечує відведення потенціалу.

Організаційні заходи включають використання антистатичних браслетів при роботі з відкритими компонентами, монтаж обладнання на антистатичних килимках або поверхнях, що не накопичують заряд.

Періодично перевіряється цілісність контурів заземлення і працездатність захисних засобів. За відсутності автоматичного контролю вологості встановлюються зволожувачі повітря або використовуються прості методи стабілізації мікроклімату, наприклад, розміщення відкритих ємностей із водою поблизу електроніки [26].

Враховується матеріал корпусів і допоміжних елементів. Використання пластику або синтетичних тканин призводить до накопичення статичних зарядів. Уникнення таких матеріалів або використання екранів і внутрішніх металізованих покриттів зменшує ризик.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було спроектовано, змодельовано та протестовано працездатну комп'ютеризовану систему, призначену для моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі.

Основні результати роботи:

- проаналізовано актуальність забезпечення контролю параметрів повітря в умовах бомбосховищ, а також сформульовано основні функціональні, апаратні та програмні вимоги до системи;

- обґрунтовано вибір технічної платформи Arduino Uno та датчиків DHT22, MQ-2, MH-Z19C, BMP280, OLED-дисплея й інших компонентів, що забезпечують надійний і точний моніторинг температури, вологості, тиску, концентрації вуглекислого газу та шкідливих газів;

- розроблено структурну, електричну принципову схеми системи та створено модель тестового макету в середовищі Wokwi, з використанням симуляційних елементів для імітації роботи реальних сенсорів у процесі тестування;

- створено алгоритм роботи системи та реалізовано програмне забезпечення, яке забезпечує зчитування показників, аналіз їхніх граничних значень, виведення результатів на дисплей та спрацювання звукового сигналу при перевищенні допустимих норм;

- проведено тестування роботи системи, що підтвердило її працездатність, інформативність та можливість подальшого впровадження у реальних умовах.

Розроблена система демонструє ефективність автоматизованого контролю якості повітря та параметрів мікроклімату в умовах обмеженого простору. У майбутньому можливе вдосконалення системи шляхом додавання модулів зв'язку для передавання даних на віддалені пристрої, інтеграції з системами оповіщення цивільного захисту та впровадження резервного живлення для забезпечення стабільної автономної роботи.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

2. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.

3. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проєктування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

4. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAР 2022), Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.

5. Ясінський Р.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Апаратно-програмна система для регулювання мікроклімату теплиць. Матеріали Х науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року), Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 102.

6. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

7. Паламар А., Величко Д. Система моніторингу якості повітря в приміщеннях. Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" (Тернопіль, 28-29 квітня 2022 року), Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 138.

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24–25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

9. «Аналізатор повітря AIR DETECTOR», Anides. URL: <https://anides.com.ua/ua/p2577231440-analizator-vozduha-air.html> (дата звернення: 12.04.2025).

10. «Комбінований датчик чадного газу + природного газу (метан, пропан) з сиреною FD 808COM», E-gadget. URL: https://e-gadget.ua/ua/kombinirovannyu_datchik_ugarnogo_gaza_808com (дата звернення: 15.04.2025).

11. «Бездротовий автономний датчик температури та вологості з WiFi Trinix TRX-TH01», Trinitir-sb. URL: <https://trinitir-sb.com.ua/product/bezdrotovij-datchik-temperaturi-ta-vologosti-z-wifi-trinix-trx-th01-wifi/> (дата звернення: 17.04.2025).

12. «Arduino Uno Rev3 – Datasheet PDF» Arduino Docs. URL: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf> (дата звернення: 18.04.2025).

13. «Модуль датчика газу MQ-2 - бутан, пропан, метан, спирт, водень, сигаретний дим», Electronica. URL: <https://electronica.in.ua/ua/p1530391895-modul-datchika-gaza.html> (дата звернення: 18.04.2025).

14. «MH-Z19C NDIR CO2 Module», Winsen. URL: <https://www.winsen-sensor.com/product/mh-z19c.html> (дата звернення: 18.04.2025).

15. «Adafruit BMP280 I2C or SPI Barometric Pressure & Altitude Sensor - STEMMA QT», Adafruit. URL: <https://www.adafruit.com/product/2651> (дата звернення: 19.04.2025).

16. «Датчик вологості та температури DHT22», Arduino. URL: <https://arduino.ua/prod301-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht22> (дата звернення: 20.04.2025).

					КС КРБ 123.237.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

17. «SSD1306 OLED Display», ESPHome. URL: <https://esphome.io/components/display/ssd1306.html> (дата звернення: 21.04.2025).
18. «I2C інтерфейс», IT Master. URL: <https://itmaster.biz.ua/directory/standarts/i2c.html> (дата звернення: 22.04.2025).
19. «SPI інтерфейс», IT Master. URL: <https://itmaster.biz.ua/directory/standarts/spi.html> (22.04.2025).
20. «UART протокол», IT Master. URL: <https://itmaster.biz.ua/directory/standarts/uart.html> (23.04.2025).
21. «Wokwi - World's most advanced simulator», Wokwi. URL: <https://wokwi.com/> (дата звернення: 29.04.2025).
22. «Роль центральної нервової системи в трудовій діяльності», Файловий архів студентів. URL: <https://studfile.net/preview/8847851/page:19/> (дата звернення: 11.05.2025).
23. «Системи вентиляції захисних споруд цивільного захисту», Selton. URL: <https://selton.com.ua/uk/systema-ventylyacziyi-zahysnyh-sporud-czyvilnogo-zahystu> (дата звернення: 12.05.2025).
24. «Очищення повітря від шкідливих речовин і неприємних запахів», Ziko. URL: <https://ziko.com.ua/ochyshchennia-povitria-vid-shkidlyvykh-rechovyn-i-nepryiemnykh-zapakhiv> (дата звернення: 12.05.2025).
25. НПАОП 0.00-1.29-97. Правила захисту від статичної електрики. Закон. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/pdf/pravila_zakhistu_vid_statichnoi_-3-52820.pdf (дата звернення: 13.05.2025).
26. «Заходи по захисту від статичної електрики», Leg. URL: <https://leg.co.ua/knigi/pravila/pravila-zahistu-vid-statichnoyi-elektriki-2.html> (дата звернення: 14.05.2025).

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ____ ” _____ 2025 р

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ТА
МІКРОКЛІМАТУ В БОМБОСХОВИЩІ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-42

_____ к.т.н., доц. Шингера Н.Я.

_____ Степаненко В.В.

« ____ » _____ 2025 р.

« ____ » _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система моніторингу якості повітря та мікроклімату в бомбосховищі».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.237.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Степаненко В.В.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-53 від 27.01.2025 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 23.06.2025 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

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

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

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

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Розроблювана комп'ютеризована система призначена для:

- безперервного моніторингу показників якості повітря (вмісту вуглекислого газу, шкідливих газів, вологості, температури, атмосферного тиску);
- виведення поточних параметрів на вбудований дисплей у режимі реального часу;
- сигналізації про перевищення допустимих концентрацій газів чи критичних умов мікроклімату за допомогою звукового оповіщення.

2.2 Мета створення системи

Метою кваліфікаційної роботи є розробка автономної мікроконтролерної системи моніторингу повітряного середовища та

мікрокліматичних умов у бомбосховищі з використанням сенсорних модулів і засобів виводу інформації.

2.3 Характеристика об'єкта

Об'єктом дослідження є комп'ютеризована система, яка забезпечує контроль життєво важливих параметрів навколишнього середовища у захисних спорудах, з можливістю автономної роботи та попередження про небезпечні умови перебування.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Система повинна включати:

- мікроконтролер для обробки та керування даними від сенсорів;
- датчики температури, вологості, тиску, шкідливих газів та CO₂;
- модуль відображення (OLED-дисплей) для виводу поточних значень;
- модуль звукового сигналу для тривожного сповіщення при перевищенні встановлених меж;
- програмне забезпечення для контролю роботи системи в реальному часі.

Система повинна працювати автономно від акумуляторного живлення, бути енергоефективною та стабільною в умовах обмеженої вентиляції та вологості.

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

Комунікація між компонентами здійснюється через стандартні протоколи обміну даними:

- I²C – для взаємодії з OLED-дисплеєм та деякими сенсорами;

- SPI – для передачі даних від сенсора атмосферного тиску;
- UART – для роботи з модулем CO₂.

Усі з'єднання повинні бути фізично надійними, мати базовий захист від перешкод та відповідати рівню логіки Arduino Uno.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Передбачено два основні режими:

- нормальний режим;
- режим тривоги;

В нормальному режимі усі параметри перебувають у межах норми, на дисплеї відображається поточна інформація, звукова сигналізація не активується;

При виході одного або кількох показників за встановлені межі система переходить в режим тривоги, де виводить попередження на дисплей та активує звуковий сигнал.

У разі тимчасового порушення живлення система повинна повертатись до попереднього режиму без потреби ручного перезапуску.

3.1.4 Вимоги по діагностуванню системи

Система повинна дозволяти перевірку працездатності ключових модулів (дисплей, зумер, сенсори) під час завантаження. У разі непрацездатності критичного елемента (наприклад, несправність дисплея), повинно бути реалізовано аварійне попередження через звуковий сигнал або кодовану індикацію.

Для тестування використовуються внутрішні функції Arduino IDE (монітор порту), а також можливість запуску прототипу в симуляторі Wokwi, що дозволяє діагностувати логіку програми без фізичних компонентів.

3.1.5 Перспективи розвитку та проєктування системи

Система має модульну структуру, що дозволяє в майбутньому:

- додавати нові сенсори (наприклад, пилу, освітлення, шуму);

- інтегрувати бездротову передачу даних через Wi-Fi або GSM-модуль;
- розширити функціональність через мобільний застосунок для віддаленого моніторингу;
- підключати зовнішні системи вентиляції або аварійного освітлення на основі аналізу даних.

3.2 Показники призначення

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

3.2.1 Вимоги до надійності

Система повинна забезпечувати працездатність та відновлення своїх функцій при виникненні наступних ситуацій:

- при збоях в системі електропостачання апаратної частини;
- при помилках в роботі апаратних засобів;
- при помилках, пов'язаних з програмним забезпеченням (ОС і драйвери пристроїв).

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

3.3 Вимоги до безпеки

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.4 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

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

Компоненти підсистеми захисту від НСД повинні забезпечувати:

- ідентифікацію користувача;
- перевірку повноважень користувача при роботі з системою;
- розмежування доступу користувачів.

Рівень захищеності від несанкціонованого доступу засобів обчислювальної техніки, що здійснюють обробку конфіденційної інформації, повинен відповідати вимогам класу захищеності згідно вимогам документу “Засоби обчислювальної техніки. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Показники захищеності від несанкціонованого доступу до інформації”.

3.4.1 Вимоги по збереженню інформації при аваріях

Інформація, при виникненні аварійних ситуацій повинна бути збережена на резервних носіях.

3.4.2 Вимоги по стандартизації і уніфікації

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

3.4.3 Вимоги до функцій (завдань), що виконується системою:

- забезпечення зручного інтерфейсу;
- точне вимірювання якості повітря та мікроклімату;
- автоматизоване звукове та візуальне оповіщення;
- забезпечення високої швидкодії.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;

– графічного матеріалу:

а) Структурна схема.

б) Блок-схема алгоритму роботи комп'ютеризованої системи.

в) Схема електрична принципова.

г) Схема електрична монтажна (з'єднань).

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

5 Стадії та етапи проєктування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи
бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка технічного завдання	27.01.2025р. – 02.02.2025р.
2	Аналіз технічного завдання на розробку системи моніторингу якості повітря та мікроклімату	12.04.2025р. – 17.04.2025р.
3	Проєктування комп'ютеризованої системи моніторингу якості повітря та мікроклімату	18.04.2025р. – 23.04.2025р.
4	Програмування та тестування системи моніторингу якості повітря та мікроклімату	25.04.2025р. – 09.05.2025р.
5	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.05.2025р. – 14.05.2025р.
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	17.05.2025р. – 06.06.2025р.
7	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	9.06.2025р. – 15.06.2025р.
8	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06.2025р. – 22.06.2025р.
9	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	26.06.2025

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

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

Додаток Б

Перелік елементів

Додаток В

Лістинг коду реалізованої програми

```
// Підключення бібліотек
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <DHT.h>

// Ініціалізація OLED-дисплея
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);

// Ініціалізація датчика DHT22
#define DHTPIN A3
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// Налаштування аналогових входів
#define BMP280_PIN A0
#define CO2_PIN A1
#define MQ2_PIN A2

// Налаштування п'єзодинаміка
#define BUZZER_PIN 3
void setup() {

// Ініціалізація серійного порту
Serial.begin(9600);
dht.begin();

// Ініціалізація OLED-дисплея
if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
Serial.println(F("SSD1306 not found"));
while (true);
}

// Налаштування дисплея
display.clearDisplay();
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0, 0);
display.println("Init OK");
display.display();

// Переведення піну п'єзодинаміка в режим виходу
pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
}
void loop() {
```

```

// Генерація значень датчиків системи

float temperature = random(50, 350) / 10.0;    // 5.0 - 35.0
°C (норма: 8-30)
float humidity = random(100, 800) / 10.0;      // 10.0 - 80.0
% (норма: 15-60)
float pressure = random(920, 1080);            // 920 - 1080
hPa (норма: 950-1050)
int co2ppm = random(300, 2000);                // 300 - 2000
ppm (норма: до 1500)
int gasLevel = random(0, 600);                 // 0 - 600
(норма: до 300)

// Визначення умови тривоги
bool alarm = false;
bool tempDanger = (temperature > 30 || temperature < 8);
bool humDanger = (humidity > 60 || humidity < 15);
bool presDanger = (pressure > 4000 || pressure < 1000);
bool co2Danger = (co2ppm > 1500);
bool gasDanger = (gasLevel > 300);

// Обчислення логічних змінних
bool alarm = tempDanger || humDanger || presDanger || co2Danger ||
gasDanger;

// Виведення всіх параметрів на дисплей
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.setTextSize(1);

// Виведення значень температури
display.print("T: ");
display.print(temperature, 1);
display.print(" C");
if (tempDanger) display.print(" DANGER");
display.println();

// Виведення значень вологості
display.print("H: ");
display.print(humidity, 1);
display.print(" %");
if (humDanger) display.print(" DANGER");
display.println();

// Виведення значень тиску
display.print("P: ");
display.print(pressure, 0);
display.print(" hPa");
if (presDanger) display.print(" DANGER");
display.println();

// Виведення значень вуглекислого газу
display.print("CO2: ")

```

```
display.print(co2ppm);
display.print(" ppm");
if (co2Danger) display.print(" DANGER");
display.println();

// Виведення значень концентрації газу
display.print("GAS: ");
display.print(gasLevel);
display.print(" lvl");
if (gasDanger) display.print(" DANGER");
display.println();
display.display();

// Активація звукового сигналу
if (alarm) {
    tone(BUZZER_PIN, 1000);
} else {
    noTone(BUZZER_PIN);
}

// Затримка, яка рівна 1 секунді
delay(1000);
}
```