

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра метрології на інформаційно-вимірювальній техніки

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована система вимірювання параметрів та
моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста**

Виконав: студент 2 курсу, групи МТК-1
спеціальності 152 Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Аврамчук Олександр Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник ст.викл.каф.М ті ІВТ

Лугових О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Г.Т.Н., проф. каф. АІА КІТ
ін. проф. Б.Б. Самохін
Кирилович В.А.

Міністр

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., проф. Подчашинський Ю.О.

 « 2 » травня 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Аврамчуку Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста

2. Керівник роботи Лугових Оксана Олександрівна, ст.викл. кафедри Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Затверджені наказом вищого навчального закладу від «2» травня 2022 року №148/с

4. Строк подання студентом роботи «10» червня 2022 року

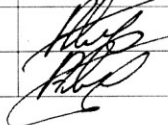
5. Вихідні дані до роботи вимірювання температури, тиску, вологості, вмикання/вимикання системи, визначення вмісту твердих речовин в повітрі, визначення якості повітря, вивід виміряних значень на дисплей.

6. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) технічне завдання, огляд та аналіз існуючих систем моніторингу стану повітря, розробка структурної, функціональної та принципової схем, розробка програми та алгоритму, конструкторська частина

7. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму та друкована плата

Консультанти розділів роботи

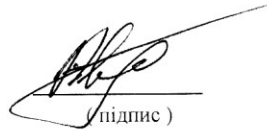
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3	Лугових О.О., ст.викл.		
4,5,6	Лугових О.О., ст.викл.		

Дата видачі завдання 2.05.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підготувати звіт про переддипломну практику	05.03.2022– 11.03.2022	
2.	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих систем моніторингу стану повітря	12.03.2022 – 29.03.2022	
3.	Ознайомитись з основними принципами побудови систем моніторингу стану повітря метеоданих	02.03.2022 – 07.04.2022	
4.	Розробка структурної схеми системи моніторингу стану повітря	08.04.2022 – 24.04.2022	
5.	Розробка принципової схеми системи моніторингу стану повітря	25.04.2022 – 03.05.2022	
6.	Вибір компонентів системи моніторингу стану повітря	04.05.2022 – 22.05.2022	
7.	Розробка блок-схеми алгоритму та програми системи моніторингу стану повітря	24.05.2022– 30.05.2022	
8.	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	03.06.2022 - 09.06.20212	

Студент


 (підпис)

О.О. Аврамчук

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


 (підпис)

О.О. Лугових

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста» містить 60 сторінки, 24 рисунків, 6 таблиці, 13 формули, 22 джерела.

В роботі розглядається актуальність комп'ютеризованої системи вимірювання та моніторингу стану повітря в промисловій зоні.

Розглянуті існуючі системи моніторингу стану повітря.

Обґрунтований вибір складових системи. Розроблена структурна схема. Розроблена принципова схема та друкована плата.

Розроблений алгоритм роботи системи та написана відповідна програма. Розрахована відносна та абсолютна похибка вимірювання температури. Розрахована надійність вимірювальної системи. Розглянута охорона праці.

Ключові слова: температура, тиск, вологість, якість повітря, вміст шкідливих речовин

ANNOTATION

The bachelor's thesis on "Computerized system for measuring parameters and monitoring the air in the industrial zone of the city" contains 60 pages, 24 figures, 6 tables, 13 formulas, 22 sources.

The paper considers the relevance of a computerized system for measuring and monitoring the air in the industrial zone.

Existing air monitoring systems are considered.

Reasonable choice of system components. The structural scheme is developed. The schematic diagram and printed circuit board are developed.

The algorithm of system operation is developed and the corresponding program is written. The relative and absolute error of temperature measurement is calculated. The reliability of the measuring system is calculated. Labor protection is considered.

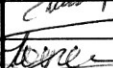
Key words: temperature, pressure, humidity, air quality, content of harmful substances

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та галузь застосування.....	8
1.2. Умови експлуатації	8
1.3. Технічні параметри комп'ютеризованої системи	8
1.4. Вимоги до конструкції та надійності системи.....	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ.....	10
2.1.Актуальність розробки.....	10
2.2. Існуючі системи вимірювання забруднення повітря.....	12
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	19
3.1. Обґрунтування типу мікроконтролеру.....	19
3.2. Обґрунтування типів датчиків.....	22
3.3. Обґрунтування пристроїв для відображення показників.....	22
3.4. Обґрунтування блока живлення.....	23
3.5. Розробка структурної схеми.....	23
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	25
4.1. Вибір типу мікроконтролеру.....	25
4.2. Вибір датчиків.....	27
4.3. Вибір пристроїв для відображення показників.....	32
4.4. Вибір кнопки включення/виключення.....	34
4.5. Вибір блока живлення.....	35
4.6. Принципово електрична схема.....	37
4.7. Розрахунок похибок вимірювання температури.....	37
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	40
5.1. Розробка алгоритму.....	40
5.2. Розробка програми.....	42
6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	43
6.1. Розробка друкованої плати.....	43
6.2. Розрахунок надійності системи.....	44
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
7.1. Охорона праці.....	49
7.2. Розробка заходів з охорони праці.....	50
7.3. Пожежна безпека приміщення.....	51
7.4. Нормування шкідливих речовин в повітрі робочої зони.....	52
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ.....	61

МММТ 480.001.023 - ПЗ

Зм.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата				
Розробив		Аврамчук О.О.			Комп'ютеризована система вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркшів
Перевірив		Лугових О.О.					6	60
Рецензент		Керимовська А.В.				ДУ «Житомирська політехніка». МТК-1		
Н. контр.								
Затверд.		Подчаїшинський Ю.О.						

ВСТУП

Забруднення атмосферного повітря є одним із серйозних екологічних факторів, що впливають на здоров'я будь-якої людини, яка проживає в країнах з низьким, середнім і високим рівнем доходу.

Останні оцінки тягаря хвороб вказують на те, що забруднення повітря відіграє дуже значну роль у захворюваності та смертності, зумовлених серцево-судинними захворюваннями. З'являється все більше даних, у тому числі за підсумками досліджень, проведених у районах із високим рівнем забруднення повітря, які свідчать про наявність зв'язку між забрудненням атмосферного повітря та ризиком серцево-судинних захворювань.

За оцінками ВООЗ, у 2016 р. близько 58% передчасних смертей, пов'язаних із забрудненням зовнішнього повітря, були викликані ішемічною хворобою серця та інсультом, по 18% – хронічною обструктивною хворобою легень та гострими інфекціями нижніх дихальних шляхів, відповідно, та 6% легенів.

Також міжнародне агентство ВООЗ з вивчення раку дійшло висновку про те, що забруднення атмосферного повітря має канцерогенний вплив на здоров'я людини, причому забруднення повітря зваженими частинками найбільше асоціюється з підвищеною захворюваністю на онкологічні захворювання, особливо на рак легенів. Також було встановлено зв'язок між забрудненням атмосферного повітря та зростанням захворюваності на рак сечовивідних шляхів/сечового міхура.

Отже, в сучасному світі особливо поблизу великих промислових виробництв постає задача в розробці комп'ютеризованої системи вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста, яка буде робити моніторинг стану повітря.

Завдання даної дипломної роботи – розробка комп'ютеризована система вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та галузь застосування

Комп'ютеризована система повинна робити моніторинг стану повітря в промисловій зоні міста. Збирати показники забруднення повітря в автоматичному режимі робити та забезпечувати їх вивід на дисплей.

Областю застосування є використання у галузі екології та медицині.

1.2. Умови експлуатації та параметри навколишнього середовища

- Температура навколишнього середовища від -25°C до $+50^{\circ}\text{C}$.
- Відносна вологість до 80 % при температурі $+25^{\circ}\text{C}$.
- Атмосферний тиск 600-800 мм рт. ст.
- Точність вимірювання температури: 0.5°C ;
- Точність вимірювання вологості: 3%;
- Точність вимірювання тиску: 1ГПа;
- Точність вимірювання вмісту твердих частинок в повітрі: 0,3 мкг/м³;
- Відносна похибка вимірювання вмісту твердих частинок в повітрі: 1,5%;
- Хімічно активні компоненти відсутні.
- Вібрація, тряска, удари відсутні.
- Характер роботи безперервний.
- Джерело живлення: первинне – 220В, вторинне – 5В.

1.3. Технічні параметри системи

Комп'ютиризован система повинна забезпечити рішення наступних завдань:

- вимірювання температури в промисловій зоні міста;
- вимірювання вологості в промисловій зоні міста;
- вимірювання тиску в промисловій зоні міста;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- вимірювання якості повітря промисловій зоні міста;
- відображення показників стану повітря і на дисплей.

1.4. Вимоги до конструкції та надійності системи

- Система є резервована, придатна до ремонту, відновлювальна.
- Напрацювання до відмови складає не менше 14 000 годин.
- Елементи пристрою розмістити в білому пластиковому боксі.
- Габарити установки (корпуса) – 90х70х32 мм.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1.Актуальність розробки

Однією з найважливіших завдань у сфері охорони здоров'я є робота з корекції всіх чинників розвитку неінфекційних захворювань, включаючи забруднення повітря.

Більшість джерел забруднення зовнішнього повітря невідконтрольні населенню, і зниження їх впливу потребує узгоджених дій з боку місцевого, національного та регіонального керівництва у таких секторах, як транспорт, енергетика, утилізація відходів, міське планування та сільське господарство.

Існує безліч прикладів успішної політики в галузі транспорту, міського планування, виробництва електроенергії та промисловості, спрямованої на зниження рівня забруднення повітря:

1. промисловість: впровадження екологічно чистих технологій, що дозволяють скоротити викиди в атмосферу на промислових підприємствах; вдосконалення методів утилізації побутових та сільськогосподарських відходів, включаючи вловлювання метану, що утворюється на об'єктах утилізації відходів, як альтернативу його спалюванню (для його подальшого використання як біогаз);

2. Енергетика: забезпечення доступу до недорогих джерел енергії у побуті для приготування їжі, опалення та освітлення;

3. Транспорт: перехід на екологічно чисті методи виробництва електроенергії; пріоритетний розвиток мереж швидкісного міського транспорту, пішохідного та велосипедного руху у містах, а також залізничних міжміських вантажних та пасажирських перевезень; перехід на більш чисті дизельні двигуни для великовантажних автомобілів, автомобілі з низьким рівнем викидів, а також чистіші види палива, включаючи пальне зі зниженим вмістом сірки;

4. Міське планування: підвищення енергоефективності будівель, озеленення та скорочення площі міст, що підвищують їх енергоефективність;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5. Виробництво електроенергії: підвищення обсягів використання видів палива з низьким рівнем викидів в атмосферу та методів виробництва електроенергії, не заснованих на спалюванні палива (наприклад, сонячної, вітряної чи гідроенергетики); комбінована генерація тепла та електроенергії; розподілена енергетика (наприклад, маломасштабні мережі електропостачання та розміщення сонячних батарей на покрівлі будинків);

6. Утилізація побутових та сільськогосподарських відходів: впровадження заходів щодо скорочення обсягів, сепарації, вторинної переробки та вторинного використання відходів; вдосконалення методів біологічної утилізації відходів, таких як анаеробна ферментація з отриманням біогазу (низьковитратна та можлива альтернатива відкритому спалюванню твердих відходів). Там, де інсинерація відходів є єдиним можливим методом їхньої утилізації, дуже важливо забезпечити застосування технологій спалювання зі строгим контролем викидів.

Крім забруднення атмосферного повітря, серйозну загрозу для здоров'я близько 2,6 мільярда людей, які готують їжу та опалюють свої будинки за допомогою спалювання біомаси та вугілля, є забрудненням повітря в житлових приміщеннях. Практично всі вони були зареєстровані в країнах із низьким та середнім рівнем доходу. Як у міських, і у сільських районах забруднення повітря всередині житлових приміщень також є значним джерелом забруднення атмосферного повітря, й у деяких регіонах світу цього джерела припадає до 50% всіх викидів в атмосферу.

У Глобальних рекомендаціях ВООЗ щодо якості повітря представлені глобальні рекомендовані граничні значення концентрації основних речовин, що забруднюють повітря, які становлять загрозу для здоров'я населення.

Рекомендації застосовуються в будь-якій країні світу, що стосуються як повітря всередині приміщень, так і атмосферного повітря і засновані на експертній оцінці актуальних наукових даних про вплив на здоров'я таких забруднюючих речовин:

– зважені частки (PM);

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- озон (O₃);
- двоокис азоту (NO₂);
- двоокис сірки (SO₂).[1]

2.2. Існуючі системи вимірювання забруднення повітря

Dylos DC-1100 PRO (рис.2.1) – це лазерний сканер, що підраховує кількість забруднюючих частинок, що знаходяться в повітрі. Такі частки діляться на два види: маленькі (бактерії, пліснява тощо) і великі (пилки тощо). Кількість частинок обох видів відображається на невеликому РК-екрані. Прилад вміє накопичувати статистику щодо змін концентрації різних частинок за певний час (хвилина, година, день) та зберігати накопичені дані за останній місяць: аналіз цієї інформації дозволить виявити закономірності та зрозуміти причини забруднення повітря, а також зрозуміти, наскільки ефективно працюють ваші засоби очищення повітря. Є версія приладу із підключенням до комп'ютера.



Рис.2.1. Dylos DC-1100 PRO

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Dylos DC1100 PRO – побутова екологічна станція із лазерним лічильником частинок. Контролює основний екологічний показник – рівень забруднення повітря завислими частинками.

Функції пристрою:

- Незалежний контроль екологічного стану
- Контроль ефективності обладнання та власних дій щодо покращення якості повітря;

- Вимірює дрібні частинки від 0,5 мкм;
- Вимірює великі частинки від 2,5 мкм;
- Історія вимірювань – 60 хвилин;
- Історія вимірювань – 24 години;
- Історія вимірів – 30 днів;
- Оцінка впливу несприятливих факторів на здоров'я - таблиця рівня забруднень із розшифровкою показників.

Технічні характеристики:

- Вимірювання кількості частинок розміром: від 0,5 мкм; від 2,5 мкм;
- Підключення до комп'ютера: немає;
- Висота виробу (мм): 190;
- Ширина виробу (мм): 125;
- Глибина виробу (мм): 85;
- Маса без пакування (кг): 0.34;
- Висота упаковки (мм): 165;
- Ширина упаковки (мм): 235;
- Глибина упаковки (мм): 160;
- Маса в упаковці (кг): 0.65;
- Розмір екрану, см(дюйми): 1,4х6,4см;
- Акумулятор: немає;
- Гарантія: 1 рік;
- Колір: чорний;
- Мови відображення: Англійська;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

– Комплектація: Адаптер на 220 V, інструкція.[2]

Побутовий газоаналізатор вуглекислого газу (CO₂) Xintest HT-401 (рис.2.2) – прилад, більше схожий на звичайну погодні станцію, що показує температуру та відносну вологість повітря, з тією лише відмінністю, що він уміє відстежувати ще й вміст вуглекислого газу. Адже що більше в повітрі кисню і що менше CO₂, то легше дихати і краще ви почуваєтеся. А перевищення концентрації вуглекислого газу – перша ознака того, що настав час відкрити кватирку для провітрювання. Прилад не потребує калібрування та видає правильні показання незалежно від температури, при цьому має необмежений ресурс: у ньому використовується інфрачервоний дифузійний датчик, у той час як у більшості інших газоаналізаторів використовуються витратні матеріали (хімікати).



Рис.2.2. Аналізатор вуглекислого газу HT-401

Аналізатор вуглекислого газу HT-401 – відмінний інструмент для повсякденного контролю вмісту CO₂ у навколишньому повітрі в побуті чи офісі. Газоаналізатор CO₂ не вимагає жодних налаштувань і починає показувати поточний рівень діоксиду вуглецю буквально через 30 секунд після прогріву сенсора.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

Особливості та переваги газоаналізатора:

- Широкий діапазон до 9999 PPM;
- Піктограми, що змінюють колір, залежно від концентрації CO₂;
- Швидка реакція на зміну вмісту вуглекислого газу;
- Продуманий дизайн;
- Безпечний – низьковільне харчування та згладжені краї – підійде і для дитячої кімнати;
- Живлення від акумулятора.

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання CO₂ 0~9999 PPM;
- Роздільна здатність 1 PPM;
- Точність ± 70 PPM;
- Іконки, що змінюють колір;
- Параметри експлуатації: Температура 0~50°C, Вологість 20~90RH;
- Автоматичне відключення 30 хвилин;
- Колір білий;
- Матеріал корпусу пластик;
- Розміри 74×71×27 мм;
- Вага 60 г. [3]

CO₂ Метр цифровий датчик температури та вологості представлений на рис.2.3.

Детектор якості повітря може бути використаний для тестування в режимі реального часу концентрації CO₂, значення TVOC, значення НСНО, температури та вологості. Оснащений великим цифровим світлодіодним дисплеєм з підсвічуванням, ви можете чітко бачити електричну кількість, що залишилася, і концентрацію CO₂. Кольорова смуга змінюється залежно від вмісту CO₂. Компактний і портативний може бути розміщений на кухні, вітальні або спальні, а також ідеально підходить для офісу. Детектор, що гарантує надійний і точний вимір навколишнього повітря.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

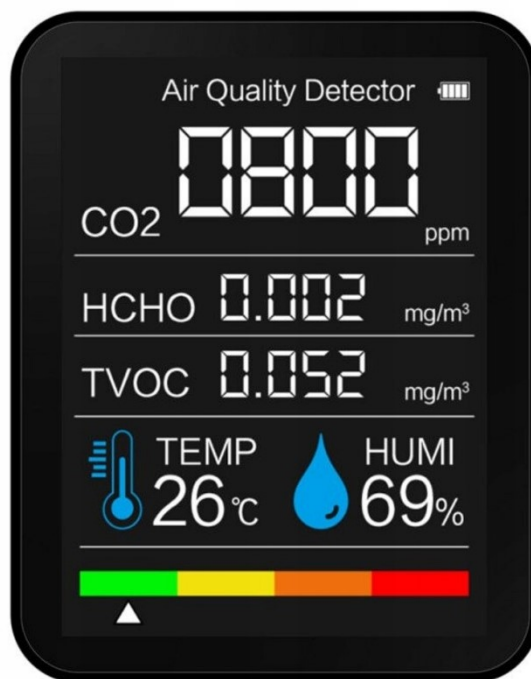


Рис.2.3. CO2 Метр цифровий датчик температури та вологості

CO2 Метр цифровий датчик температури та вологості використовується для моніторингу якості повітря з особливою увагою до вмісту вуглекислого газу.

У будь-який час можна виявити та контролювати проблеми з повітрям, це забезпечить здоров'я членів сім'ї чи співробітників.

Технічні характеристики:

- Матеріал: пластик;
- Колір чорний;
- Спосіб відображення: РК-екран 2.8", 240*320 пікселів;
- Технологія CO2: інфрачервоний (NDIR);
- Діапазони виявлення: CO2 (0 ~ 6000 ppm);
- Час дискретизації: 1.5 секунд;
- Температура виявлення: від -10 °C до 70 °C;
- Відносна вологість: 10% ~ 99%;
- Точність вимірювання температури: $\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- Вимірювач вологості точність: $\pm 2\% \text{ RH}$;
- Температура зберігання: від -10 °C до 60 °C;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

- Одиниця концентрації для НСНО та TVOC: мг/м3;
- робоче Напруга: 7В;
- Струм: 120 мА;
- Потужність: 0.4;
- Акумулятор: 3.7 V, 1500mAh;
- Розмір продукту: 9*7*3,5 см;
- Вага: 150 г.[4]

Аналізатор якості повітря D91 рис.2.4.



Рис.2.4. Аналізатор якості повітря D91

Азоаналізатор D91 - це комбінований прилад для оцінки якості повітря за багатьма критеріями: кількість вуглекислого газу, кількість пилу, диму, мікрочастинок, рівень формальдегіду, загальна кількість летких органічних сполук, температура та вологість.

Аналізатор якості повітря D91 – сучасний, зручний в експлуатації прилад з інтуїтивно зрозумілим керуванням. Широкий функціонал, безліч варіантів виведення даних, у тому числі у вигляді графіків, яскравий дисплей з високою роздільною здатністю, вбудований літій-іонний акумулятор і приємний дизайн - роблять прилад оптимальним рішенням для комплексної та постійної оцінки якості повітря в офісі, будинках, місцях постійного знаходження людей .

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Газоаналізатор D91 обладнаний різними датчиками для одночасної оцінки концентрації вуглекислого газу (CO₂), летких органічних сполук (TVOC: бензол, стирол, феноли, толуол, ксилол і т.д.) та окремо формальдегіду (HCHO), мікрочастинок (пил, дим), температури та вологості.

Технічні характеристики:

- Концентрація вуглекислого газу (CO₂): від 400 до 4000 ppm(±40ppm±3%);
- Інфрачервоний датчик CO₂ SenseAir S8 LP (Швеція);
- Кількість мікрочастинок PM_{2.5} та PM₁₀ (пил, дим): від 0 до 6 мг/м³ (Plantower);
- Кількість формальдегіду (HCHO): від 0 до 2.5 мг/м³ (Winsen ZE08-CH₂O);
- Концентрація TVOC (загальна кількість шкідливих летких органічних речовин): від 0 до 2.0 мг/м³ (TGS2600);
- Відносна вологість повітря: від 0 до 100%;
- Температура повітря: від 9 до 55 °C;
- Акумулятор 3000 mAh (зарядний пристрій в комплекті).[4]

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Прилад повинен виконувати наступні функції:

- вимірювання температури повітря в промисловій зоні міста;
- вимірювання вологості повітря в промисловій зоні міста;
- вимірювання тиску в промисловій зоні міста;
-
- вимірювання якості повітря в промисловій зоні міста;
- вимірювання кількості твердих частинок в повітрі в промисловій зоні міста;
- вивід виміряних показників стану повітря на дисплей;
- включення/виключення вимірювальної системи;
- живлення вимірювальної системи.

Для виконання перерахованих функції потрібні такі складові вимірювальної системи.

1. Мікроконтролер використовується для прийняття даних з датчиків, обробка даних та вивід їх на дисплей;
2. Барометричний датчик вимірює температуру, вологості, тиску;
3. Датчик якості повітря вимірює вміст різних газів в повітрі;
4. Датчик твердих частинок для вимірювання показів вмісту твердих частинок в повітрі;
5. Дисплей для відображення показів стану повітря;
6. Кнопка керування для включення/виключення системи;
7. Блок живлення для живлення вимірювальної системи.

3.1. Обґрунтування типу мікроконтролера

Для керування комп'ютеризованою системою вимірювання обрано мікроконтролер.

Технічні характеристики обраного мікроконтролера повинні відповідати вимогам завдання на розробку. Комп'ютеризована вимірювальна

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

система розробляється для вимірювання та збору метеоданих у віддаленому районі, тому необхідно врахувати наступні параметри:

1) Експлуатуватись вимірювальна система буде на вулиці під накриттям, тому температура роботи повинна буди від -25 до +50;

2) Система буде вимірювати температуру, вологість, вібрації, відлік реального часу. Відповідно необхідна швидка реакція на покази з датчиків та обробка виміряних значень, вивід показників на дисплей, посилення показників через gsm модуль. Для таких задач потрібен швидкісний мікроконтролер з розрядністю 16 або 32 біта;

3) Вимірювальна система повинна займати мало місця, тому краще використати невеликий мікроконтролер в компактному SMD-корпусі, що здатний працювати малих напругах та малій тактовій частоті.

Порівняльна таблиця мікроконтролерів різних виробників приведена в табл.3.1.

Популярність використання мікроконтролерів приведена на рис.3.1.

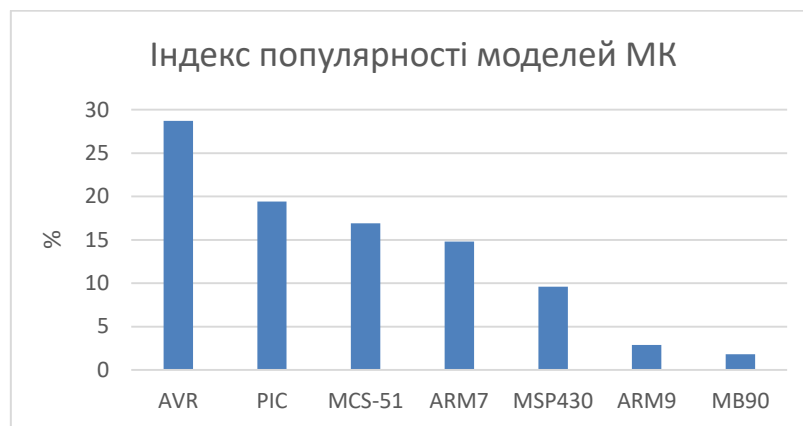


Рисунок 3.1 – Процент використання за популярністю мікроконтролерів

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця мікроконтролерів

Головний параметр	Рекомендовані МК розрядністю 8/16/32 біта
Швидкодія	Atmel ARM, NXP LP210x, Microchip PIC24 / dsPIC, Ubicom SX
Перешкодозахищеність	NXP LP2xxx, Microchip PIC (моделі після 2003 г.)
Економічність	Texas Instruments MSP430, Microchip PIC12 / 16/18
Мініатюрність	Microchip PIC 10/12, Atmel ATtiny
Універсальність	Atmel ATmega, Microchip PIC 18, Silicon Laboratories C8051F
Кріпстостікість	Texas Instruments TMS320F, Atmel AT91SO, Atmel ATXmega
Електромагнітна сумісність	STMicroelectronics STR71xF

Згідно табл. 3.1 нам потрібно обрати мікроконтролер, який має найбільшу швидкодію для прийняття, обробки, виводу та відправки показників. Тому вибираємо мікроконтролер Atmel.

Платформ Arduino побудовані на базі мікроконтролерів Atmel. Тому в якості МК обираємо готову платформу Arduino.

Для обрання платформи Arduino розглянемо порівняльний аналіз платформ в табл.3.2. [6]

Таблиця 3.2 – Порівняння платформ Arduino

Модель	МК	Напруга живлення (В)	Flash-пам'ять (Кб)	Частота (МГц)	Габарити (мм)
Fio	Atmega328	3,3	32	8	6.6x2.8
Nano	Atmega328	5	32	16	45x18
Mini	Atmega328	5	32	16	50x18
Моско	Atmega32u4	5	32	16	48x18

Обираємо готову платформу Arduino Nano. Враховуємо при виборі такі показники: мініатюрність, тактову частоту 16 МГц, флеш-пам'ять 32Кб, швидку роботу мікроконтролера Atmega328, популярність.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.2. Обґрунтування типів датчиків

Показники, які будуть вимірюватись наступні: температура, вологість, тиск, якість повітря та вміст твердих частинок в повітрі.

Для вимірювання кліматичних показників пропонується обрати барометрический датчик, так як він поєднує всі три показника. А також використання такого датчика скоротить кількість задіяних виводів для Arduino Nano. Завдяки чому зросте надійність вимірювальної системи.

При використанні барометричного датчика потрібно задіяти сумісним з Arduino Nano.

Застосуємо відомий барометричний датчик фірми Bosch Sensortec інтегрований BME280. Мікросхема BME280 вміщує в себе з атмосферний датчик тиску, термометр та датчик вологості повітря. [7]

Також потрібно визначати вміст викідів різних газів, таких як оксид вуглецю CO, діоксид азоту NO₂, аміак NH₃. Для цього потрібно застосувати газоаналізатор. Такий датчик повинен бути сумісним з Arduino Nano. Пропонується застосувати сучасний датчик якості повітря MICS-6814.[8]

Для визначення вмісту твердих частинок в повітрі застосуємо сучасний та сумісний з Arduino Nano датчик PPD42 – монітор повітря (датчик пилу).[9]

3.3. Обґрунтування пристроїв для відображення показників

Для виводу кліматичних показників та показників якості повітря та вмісту твердих частинок необхідно застосувати елемент для виводу.

В якоті виводу можна застосовувати світлодіодні індикатори або дисплей.

Враховуючи кількість літер в показах, пропонується застосувати дисплей. Дисплей повинен бути сумісний з Arduino Nano та мати при підключенні небагато виводів.

Враховуючи кількість показників, пропонується використати сучасний дисплей LCD 2004 на 20 символів та 4 рядки.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Підключення дисплея LCD 2004 здійснюється послідовно та паралельно. Для скорочення використаних задіяних виводів Arduino Nano пропонується обрати паралельне підключення по інтерфесу I2C.[10]

3.4. Обґрунтування блока живлення

Блок живлення – це вторинне джерело живлення, що призначене для забезпечення живлення приладу електричною енергією. В свою чергу воно повинно відповідати вимогам параметрів: напруги, струму, шляхом перетворення енергії від інших джерел живлення.

Блок живлення перетворює змінну напругу величиною 220 В і частотою 50 Гц в задану постійну напругу.

Так, як пристрій буде використовуватись стаціонарно, то пропонується використати живлення через мережу. Тому в якості блока живлення застосуємо спеціальний блок враховуючи напруги живлення всіх складових вимірювальної системи та сумісність з Arduino Nano.

3.5. Розробка структурної схеми

Технічним завданням даної кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка комп'ютеризованої системи вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста.

Згідно обґрунтованих складових побудуємо структурну схему вимірювальної системи рис.3.2.

Складові в схемі наступні:

- мікроконтролер;
- барометричний датчик;
- датчик якості повітря;
- датчик вмісту твердих частинок в повітрі (датчик пилу);
- дисплей;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- кнопка;
- блок живлення.

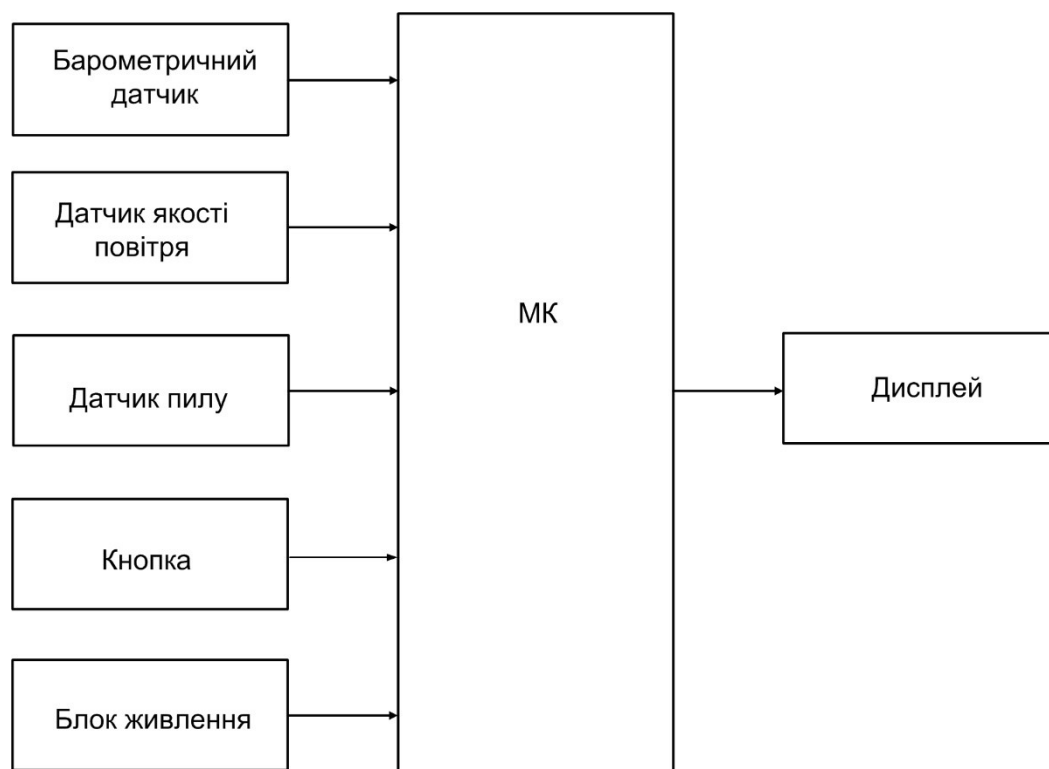


Рис. 3.2 – Структурна схема вимірювальної системи

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір типу мікроконтролеру

Arduino Nano – це невелика, повнофункціональна налагоджувальна плата, адаптована для роботи з макетними платами, побудована на базі мікроконтролера ATmega328 (Arduino Nano 3.x) або Atmega168 (Arduino Nano 2.x). Вона має ту ж функціональність, що й Arduino Duemilanove, але має менші розміри. Вона відрізняється лише відсутністю роз'єму живлення та роботою через mini-USB. Arduino Nano розроблена та виробляється компанією Gravitech(рис.4.1).

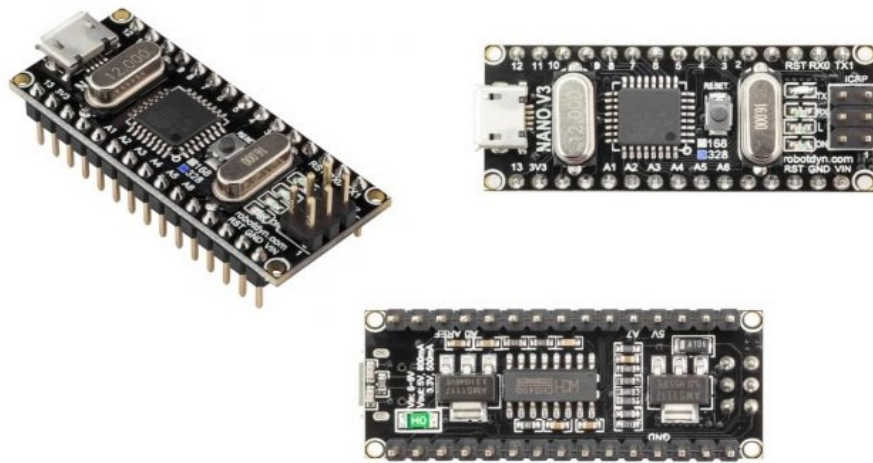


Рис. 4.1. Корпус Arduino Nano

Технічні характеристики Arduino Nano:

- Мікроконтролер: ATmega328;
- Розрядність: 8 bit;
- Напруга живлення: 5В;
- Вхідна напруга: 7-12В;
- Вхідна напруга (гранична): 6-20В;
- Цифрові виводи I/O: 14 ліній (6 їх – ШИМ);
- Аналогові входи: 8 (АЦП);
- Максимальний струм на виведенні I/O: 40 мА (для кожного виводу);
- Максимальний струм на виведенні 3,3V: 50 мА;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Flash-пам'ять: 32 Кб (з них 2 Кб використовуються під завантажувач);
- SRAM-пам'ять: 2 Кб;
- EEPROM-пам'ять: 1 Кб;
- Тактова частота: 16 МГц;
- Довжина: 45 мм;
- Ширина: 18 мм;
- Вага: 5 г.

Для підключення до комп'ютера знадобиться кабель USB – miniUSB, який передбачений у комплекті.

Отже, виходячи з технічних характеристик оберемо Arduino Nano v.3 (мікроконтролер – ATmega328) .[11]

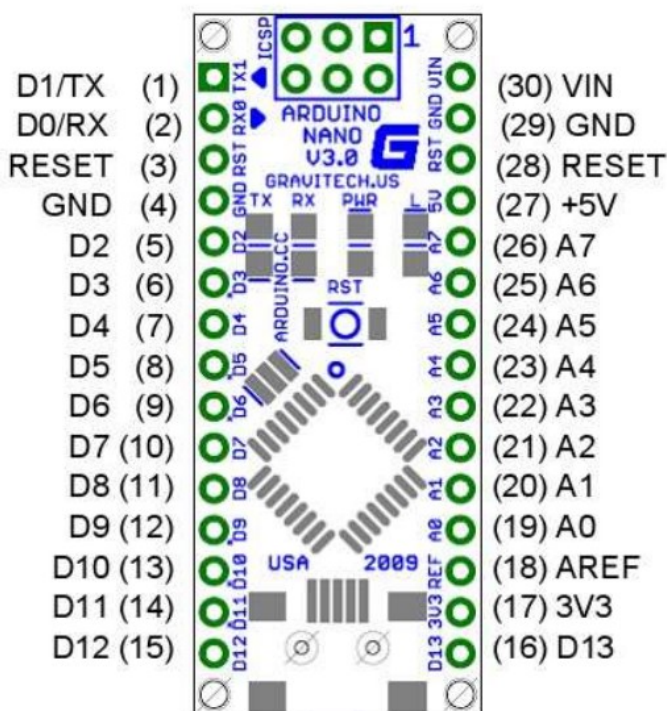


Рис. 4.2. Розпіновка виводів Arduino Nano

Arduino Nano може живитися через mini-B USB з'єднання, від зовнішнього нестабілізованого джерела живлення 6-20 (виведення 30) або від стабілізованого джерела напруги 5В (висновок 27). Джерело живлення з найбільшою напругою вибирається автоматично.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		26

АТmega168 має 16 кілобайтів флеш-пам'яті для зберігання коду програми (з яких 2 кілобайти використовується завантажувачем); АТmega328 має 32 кілобайти (з яких 2 кілобайти також використовується завантажувачем). АТmega168 має 1 кілобайт SRAM та 512 байт EEPROM (яка може бути зчитана та записана за допомогою бібліотеки EEPROM); АТmega168 має 2 кілобайти SRAM та 1 кілобайт EEPROM.[12]

4.2.Вибір датчиків

BME280 – цифровий датчик для вимірювання тиску, вологості та температури (рис.4.3).

У модулі встановлено стабілізатор напруги та конвертер рівнів сигналу. Також датчик відкалібрований.



Рис. 4.3. Датчик BME280

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 3.3 - 5 В;
- Енергоспоживання: - 2.8uA при 1Hz;
- Інтерфейс: I2C;
- Робоча температура: -40 - +85 °C;
- Межі: 300hPa - 1100hPa (+9000m to -500m);
- Діапазон вимірювання вологості: 0-100% RH;
- Роздільна здатність вимірювання температури: 0.01°C;
- Роздільна здатність вимірювання вологості: 0.008%;
- Роздільна здатність вимірювання тиску: 0.18Pa;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Точність вимірювання температури: $\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- Точність вимірювання вологості: $\pm 3\%$;
- Точність вимірювання тиску: $\pm 1\text{Pa}$;
- Вага: 1.2 гр;
- Габаритні розміри: 10мм x 13мм;
- SDO LOW : 0x76 (за замовчуванням);
- SDO HIGH: 0x77. [13]

Для підключення по інтерфейсу I2C використовуємо 4 виводи Arduino. Схема підключення датчика BME280 через модуль I2C до Arduino представлена на рис.4.4. [14]

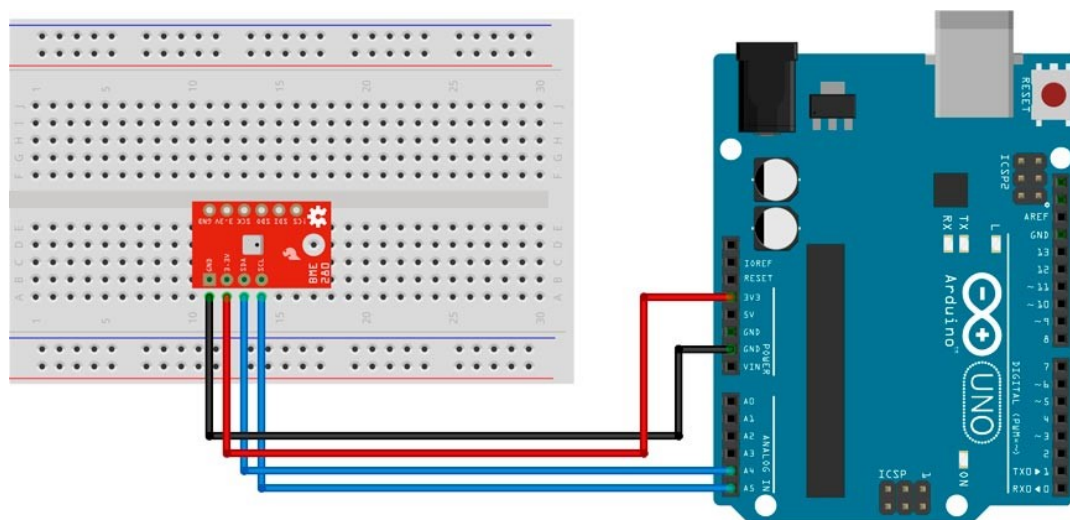


Рис. 4.4. Схема підключення датчика BME280 по I2C

В якості датчика якості повітря вибрацій застосуємо мікросхему MICS-6814 рис.4.5.

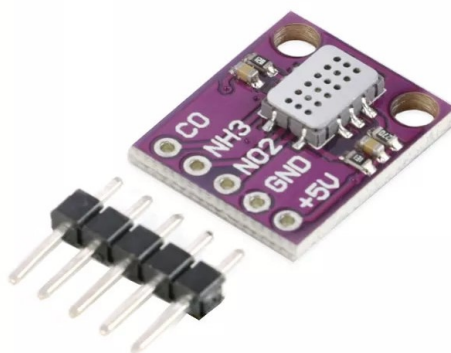


Рис.4.5. Датчик якості повітря MICS-6814

MICS-6814 модуль датчика якості повітря CO VOC NH3 індикатор виявлення кисню та газу.

Структура чіпа датчика кремнію складається з точної мікромеханічної діафрагми та вбудованого нагрівального резистора з чутливим шаром нагорі. Три окремі газові чутливі елементи інтегровані. Він може виявляти вихлопні, промислові та сільськогосподарські відходи у суворих умовах.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення модуля: 4.9В ~ 5,1 В;
- Температура та вологість робочого середовища: -30 ~ 85 °С, 5 ~ 95% відносної вологості;
- Розмір модуля: 16,9 мм * 14,1 мм * 3,2 мм з двома монтажними отворами М3.

Схема підключення модуля MICS-6814 до Arduino Uno представлена на рис.4.6.

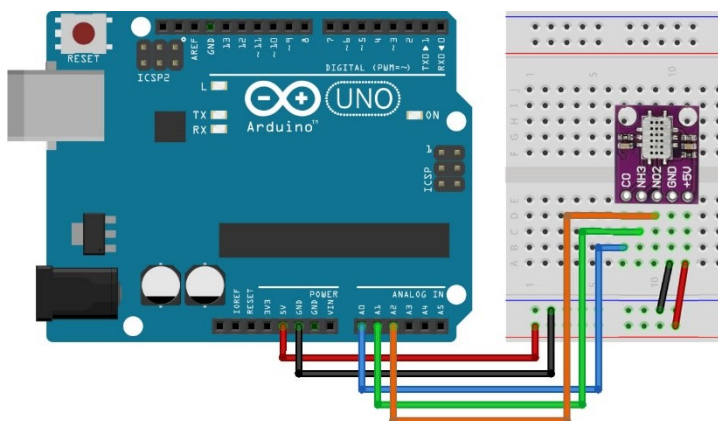


Рис.4.6. Схема підключення MICS-6814 до Arduino Uno

Діапазон виявлення газу:

1. Окис вуглецю CO 1 - 1000ppm;
2. Діоксид азоту NO2 0,05-10ppm;
3. Етанол C2H5OH 10 - 500ppm;
4. Водень H2 1 - 1000ppm;
5. Аміак NH3 1 - 500ppm;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29

6. Метан $\text{CH}_4 > 1000\text{ppm}$;
7. Пропан $\text{C}_3\text{H}_8 > 1000\text{ppm}$;
8. Iso-Бутан $\text{C}_4\text{H}_{10} > 1000\text{ppm}$. [15]

Модуль Grove PPD42NS – Dust Sensor дає гарне уявлення про якість повітря у навколишньому середовищі шляхом вимірювання концентрації пилу. Рівень твердих частинок (PM level) у повітрі вимірюється шляхом підрахунку часу перебування у малому імпульсі (LPO time) у заданий час. Час LPO пропорційно концентрації PM. Цей датчик може забезпечити надійні дані для систем очищення повітря, він реагує на діаметр PM 1 мкм.

Модуль PPD42NS представлений на рис.4.7.



Рис.4.7. Датчик пилу PPD42NS

Датчик використовує метод підрахунку для вимірювання концентрації пилу, а не зважування, а показник pcs/L або $\text{pcs}/0.01\text{cf}$. Рекомендації: встановлюйте датчик у вертикальному положенні, при використанні вперше потрібно 3 хвилини попереднього нагріву, не змінюйте стандартну конфігурацію, це може призвести до пошкодження датчика.

Особливості:

1. Стабільне та чутливе виявлення сигаретного диму та пилу всередині приміщень;
2. Повітря самоусмоктується механізмом генерації повітря з вбудованим нагрівачем;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3. Висока чутливість протягом тривалого часу;
4. Подвійний вихід для частинок 1 мкм та 2.5 мкм (приблизно);
5. Сумісний з Grove інтерфейс (додатковий провід із роз'ємом).

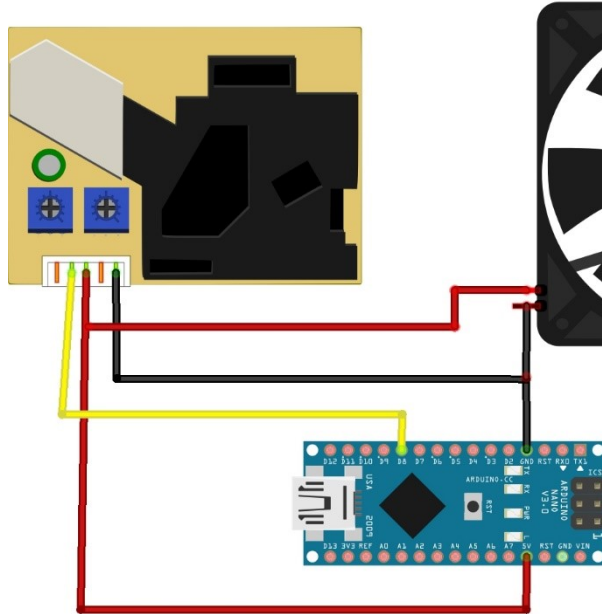


Рис.4.8. Схема підключення PPD42NS до Arduino Nano

Технічні характеристики:

- Робоча напруга: 4.75...5.75V;
- Споживаний струм у режимі очікування: 90 мА;
- Визначається діапазон концентрації: 0~28.000 pcs/liter / 0 ~ 8000 pcs/0.01cf;
- Дрібнодисперсні зважені частинки (PM2,5): 5 мкг/м3 середньорічне значення, 15 мкг/м3 середньодобове значення;
- Тверді крупнодисперсні частинки (PM10): 15 мкг/м3 середньорічне значення, 45 мкг/м3 середньодобове значення;
- Робоча температура: 0 ... +45 ° C;
- Вихід: Negative Logic, Digital output, High: вище 4.0 В (Rev.2), Low: нижче 0.7 В;
- Виявлення діаметра частинок: >, 1 мкм;
- Діапазон вологості: 95% rh або менше;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

– Розміри: 59х 45 х 22 мм.[16]

4.3.Вибір пристроїв для відображення показників

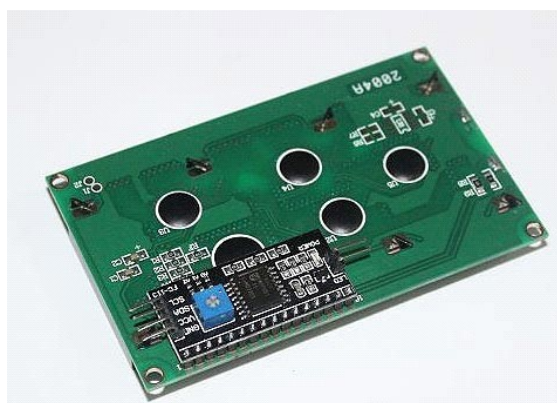
Для виводу показників викривується на дисплей. Використовується дисплей в 20 символів на 4 рядки. Для економії виводів підключення до Arduino Nano викривується послідовне підключення через інтерфейс I2C (рис.4.9).

LCD екран 20 символів 4 рядки з управлінням по шині I2C (TWI, IIC), що дуже зручно при нестачі вільних висновків на Arduino, достатньо підключити всього два дроти і можна повністю керувати дисплеєм.

Перед початком роботи необхідно налаштувати яскравість дисплея.Тому потрібно підкрутити яркість з другого блоку плати.



а



б

Рис. 4.9.LCD дисплей 20х4 шина I2C синій:

а)зовнішні сторона, б) зворотна сторона

LCD дисплей 2004 I2C з синім підсвічуванням – це недорогий екран типу LCD для виведення команд та тексту у візуальний вигляд. Такий дисплей чудово поєднується з різними платами розробки Raspberry Pi, та багатьма іншими, і стане чудовим доповненням Вашого роботизованого пристрою.

Дисплей має жовте підсвічування по всій поверхні та забезпечує візуалізацію 20-ти символів у чотири рядки білими символами. Кожен із символів складається з точкової матриці 5х8, що забезпечує відмінну

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32

читаність. Даний дисплей побудований на базі сумісного чіпа з HD44780, це дає можливість працювати з ним через бібліотеку.

Схема підключення до Arduino Uno по інтерфейсу I2S представлена на рис.4.10.

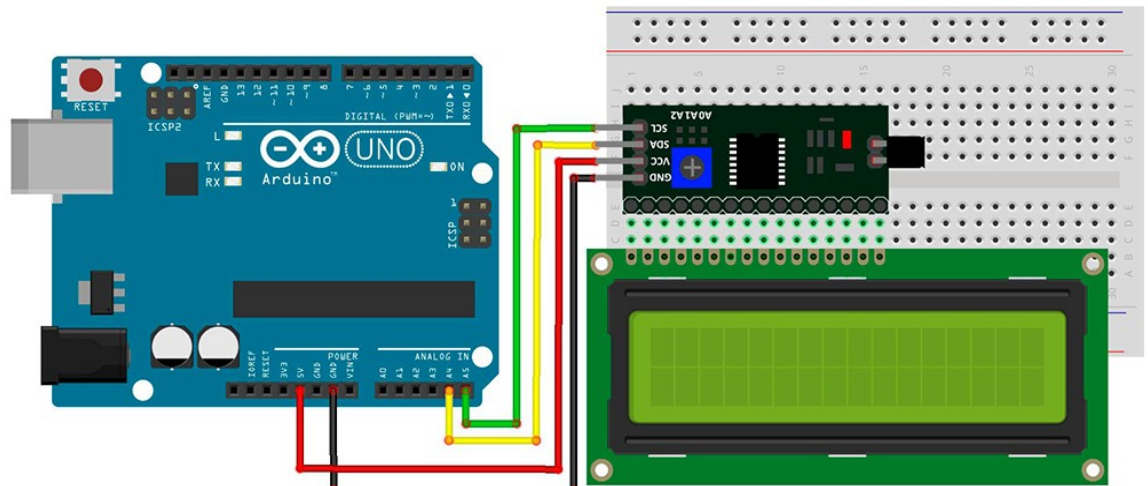


Рис.4.10. Схема підключення до Arduino Uno по інтерфейсу I2C

Ця модель має вбудований потенціометр для регулювання контрастності та яскравості дисплея для кращого огляду. Інтенсивність підсвічування безпосередньо не регулюється через інтерфейс I2C, проте на платі I2C є перемичка, яка подає живлення на підсвічування. Цю перемичку можна зняти та подати напругу на штир роз'єму, найближчий до маркування світлодіода на платі, щоб забезпечити живлення підсвічування окремо.

Характеристики:

- Тип: I2C дисплей;
- Колір підсвічування: синій;
- Символи: 20 знаків x 4 рядки
- Вхід живлення постійного струму: 5В;
- Робочий струм (загальний): 40 мА;
- Робочий струм (тільки підсвічування): 30 мА;
- Розмір дисплея (друкована плата): 99 x 60 мм;

- Висота дисплея з друкованою платою: 21 мм;
- Лицьова панель дисплея: 97 x 40 мм.[17]

4.4. Вибір кнопки включення/виключення

Для включення та виключення вимірювальної системи потрібно використати кнопку. Пропонується застосувати мікроперемикач, що буде сумісний з Arduino Nano (рис.4.11).



Рис. 4.11. Мікроперемикач SPST-NO

Подається живлення від плати Arduino Nano/

Технічні характеристики:

- Тип перемикача мікроперемикач: ТАСТ;
- Контакти: SPST-NO;
- Кількість можливих положень: 2;
- Кількість фіксованих положень: 1;
- Навантаження контакту: 0.05A/5B;
- Монтаж: SMT;
- Підсвічування: LED;
- Колір підсвічування: червоний;
- Сила перемикання: 4Н;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Розміри корпусу: 9.85х9.85мм;
- Висота кнопки: 3.95мм;
- Алгоритм роботи: OFF-(ON);
- Тип клавiші: кругла;
- Крок висновків: 7.05мм;
- Робоча температура: -40...95°C;
- Виводи: під пайку;
- Опір контакту макс.:100мОм;
- Серія виробника: 3006;
- Ресурс: 500000 циклів;
- Покриття контакту: позолота;
- Клас захисту: IP40;
- Відстань між рядами: 3.05мм.[18]

4.5.Вибір блока живлення

Зведемо всі обрані складові системи в таблицю для аналізу живлення табл.4.1.

Таблиця 4.1 – Живлення елементів схеми

Назва компоненту	Живлення
Arduino Nano	5В, 60мА
BME280	1,8-3,6 В
PPD42NS	4,75-5,75 В
MICS-6814	4,9-5,1 В
LCD 2004	5В
Кнопка SPST-NO	5В

В якості вторинного джерела живлення пропонується використати блок живлення універсальний 5В 2А, роз'єм 5.5х2.5мм AksPower, він зображений на рисунку 4.12.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис. 4.12. Блок живлення 5В 2А AksPower

Характеристики:

1. Вх. напруга: 90 - 264 В;
2. Вих. напруга: 5 В;
3. Потужність: 10 Вт;
4. Вих. сила струму: 2 А;
5. Вихідний роз'єм: 2.5 x 5.5;
6. Довжина / Тип кабелю: 1.4 м;
7. Захист КЗ, перевантаження, перенапруга;
8. Розміри: 64 x 30 x 45 мм;
9. Вага; 90 г. [19]

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4.6. Принципова електрична схема

Принципова електрична схема представлена на рис.4.13.

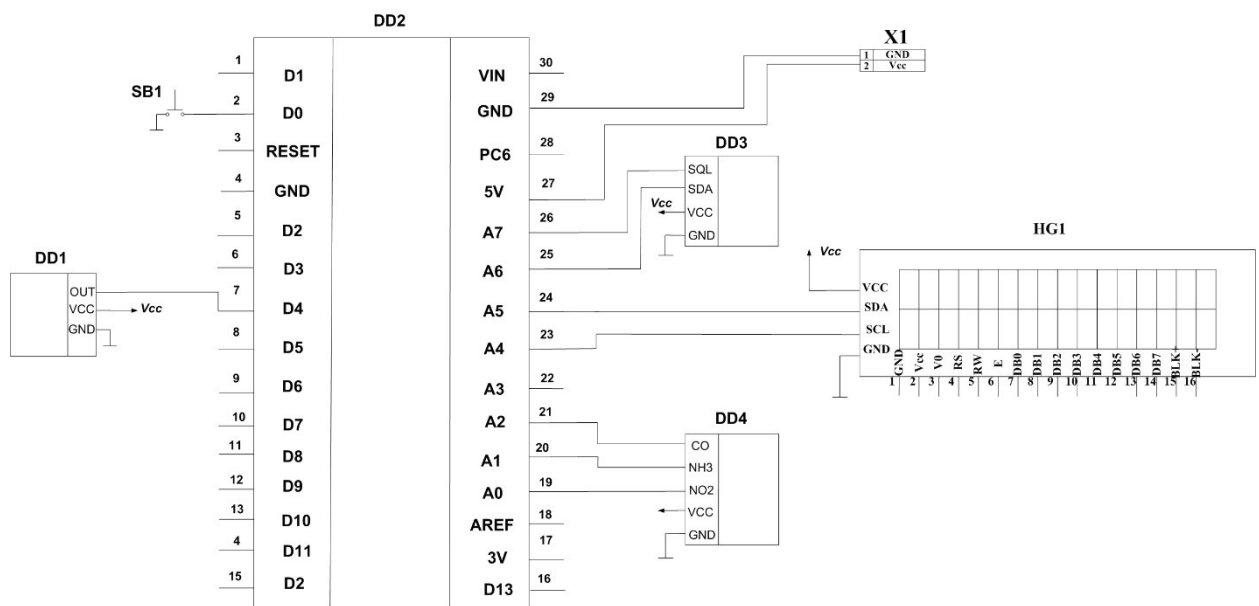


Рис. 4.13. Принципова електрична схема системи

Вона має наступні складові:

- DD1 – датчик пилю PPD42NS;
- DD2 – Arduino Nano;
- DD3 – барометричний датчик BME280;
- DD4 – датчик якості повітря MICS-6814;
- HG1 – ЖК-дисплей LCD-2004B з I2C;
- SB1 – Мікроперемикач SPST-NO;
- X1 – роз'єм для блоку живлення AksPower 5B 2.4A.

4.7. Розрахунок похибок вимірювання температури

- Проведено десять повторних вимірювань датчиком пилю PPD42NS.

Визначимо вміст твердих частинок в повітрі. Вимірювання вмісту твердих крупнодисперсних частинок (PM10) згідно технічних характеристик в діапазоні: 15 мкг/м³ середньорічне значення, 45 мкг/м³ середньодобове значення.

Отримали наступну вибірку $V = (5,05; 4,93; 4,95; 5,06; 5,07; 5,06; 5,06; 4,95; 4,96; 4,96)$ мкг/м³.

За відомими формулами шукаємо:

1) середнє арифметичне $\bar{V}$ за (4.1):

$$\bar{V} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} V_i \cong 5,005$$

2) похибки повторних вимірювань ΔV_i та ΔV_i^2

$$\Delta V = |\bar{V} - V_i| \text{ та } \Delta V_i^2 = (\bar{V} - V_i)^2, \quad \text{де } i = 1, 2 \dots 10;$$

Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

№ з. п.	V, мкг/м ³	ΔV , мкг/м ³	ΔV^2 , м (мкг/м ³) ²
1	5,05	0,045	0,002
2	4,93	0,075	0,006
3	4,95	0,055	0,003
4	5,06	0,055	0,003
5	5,07	0,065	0,004
6	5,06	0,055	0,003
7	5,06	0,055	0,003
8	4,95	0,055	0,003
9	4,96	0,045	0,002
10	4,96	0,045	0,002
сер	5,005	0,055	0,003

4) випадкову похибку вимірювання за (4.2).

З табл. 4.1 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (3.17) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{V} - V_i)^2} \approx 0,058 \text{ мкг/м}^3$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B V = 2,26 * 0,058 = 0,131 \text{ мкг/м}^3$$

(Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 5.2.)

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4) похибку приладу за (3.27): $\Delta_{\text{пр}} V = \frac{1}{300} t_p k V_{\text{гр}}$. Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 3.3 знайдемо $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $R_{\text{гр}} = 45$ мкг/м³, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

$$\Delta_{\text{пр}} V = \frac{1}{300} 2,0 * 45 * 1 \approx 0,3 \text{ мкг/м}^3;$$

5) похибку заокруглення за (3.28): $\Delta R_3 = P \frac{h}{2}$. Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду вимірюваної величини — 0,05. Отже:

$$\Delta V_3 = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ мкг/м}^3$$

6) загальну абсолютну похибку (3.21):

$$\Delta R = \sqrt{(\Delta_B V)^2 + (\Delta_{\text{п}} V)^2 + (\Delta_3 V)^2} = \sqrt{0,13^2 + 0,3^2 + 0,02^2} \approx 0,33 \text{ мкг/м}^3$$

(За правилом «трьох сигм» похибками приладу та заокруглення нехтуємо.)

7) відносну похибку за (3.29)

$$\delta L = \frac{\Delta V}{\bar{V}} \times 100\% = \frac{0,33}{5,005} \times 100\% \approx 6,59\%$$

Записуємо кінцевий результат:

$$V = (5,005 + 0,33) \text{ мкг/м}^3 \text{ при } \delta V = 6,59\%$$

Знайдемо абсолютну та відносну похибки, виходячи з поняття середнього арифметичного без використання теорії похибок. Середнє значення відоме: $\bar{V} \cong 5,005$ мкг/м³. Знайдемо середню арифметичну похибку $\Delta \bar{V}$ та відносну δV :

$$\Delta \bar{V} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \Delta V_i \cong 0,055 \text{ мкг/м}^3$$

$$\delta V = \frac{\Delta \bar{V}}{\bar{V}} * 100\% \approx 1,09\%$$

Запишемо кінцевий результат:

$$V = \bar{V} \pm \Delta \bar{V} = 5,005 \pm 0,055 \text{ мкг/м}^3 \text{ при } \delta V = 1,09\% .$$

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1. Розробка алгоритму

Розроблений алгоритм роботи програми представлений на рис. 5.1

Початок означає вмикання системи.

Ініціалізація відповідає за розпіновку та підключення програмно датчиків та інших елементів вимірювальної системи.

Підключення бібліотек описує підключення бібліотек, що працюють з дисплеєм, барометричним датчиком, датчиком якості повітря, датчиком пилу.

Опис змінних відповідає за змінні, що будуть використовуватись в програмі для зняття даних з датчиків, для обрахунку показів для виводу в системі СІ.

Циклічний блок void loop повторюється в програмі постійно, поки не буде вимкнена вимірювальна система.

В цикл входить опитування всіх датчиків, завдання позицій виміряних значень на дисплеї та вивід всіх даних на дисплей.

Блок умови вимкнена кнопки чи ні робить опитування включена кнопка чи ні. В випадку якщо кнопка виключена, то вимірювальна система вимикається та настає кінець роботи. В іншому випадку програма знову зациклюється на опитування датчиків.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

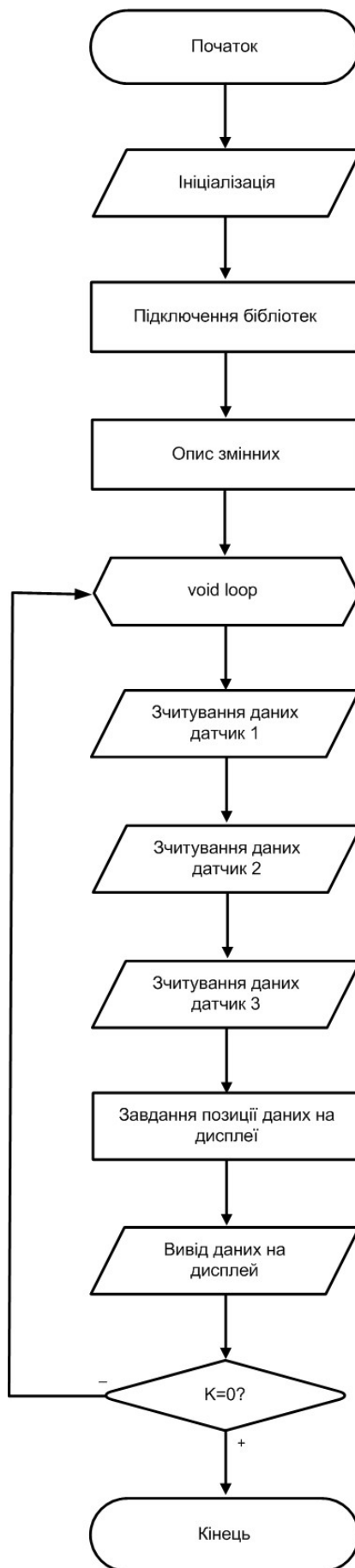
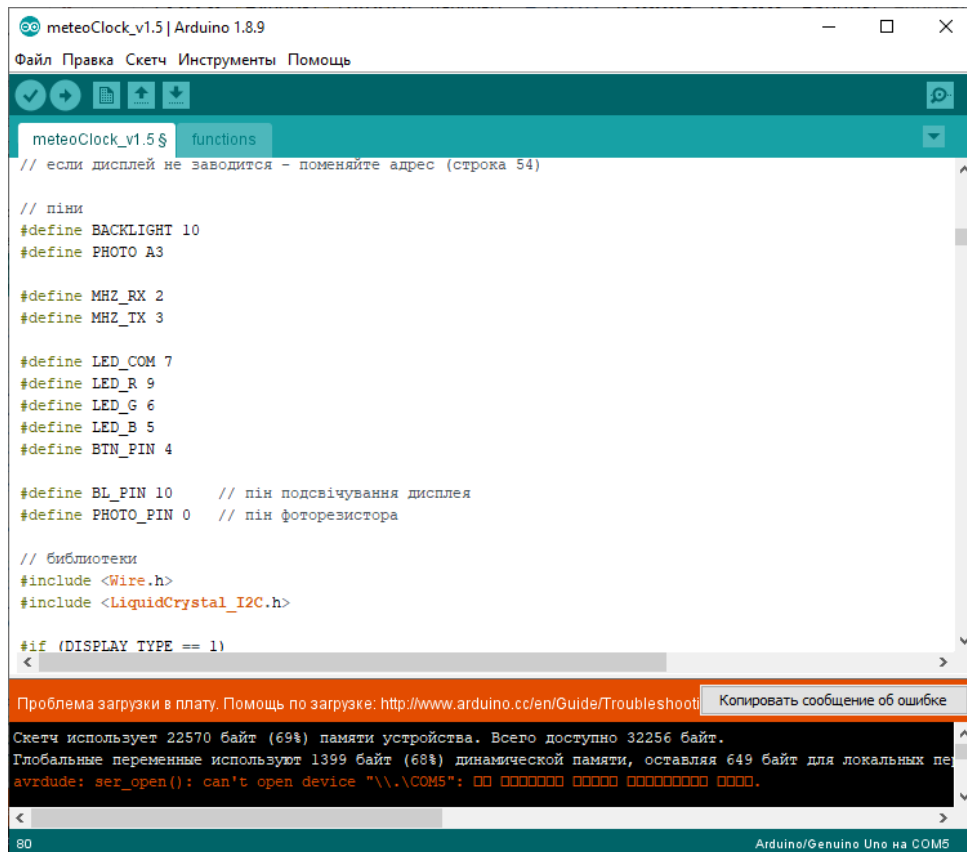


Рисунок 5.1 – Блок-схема алгоритму роботи системи

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>

5.2. Розробка програми

Для платформ Arduino спеціалістами компанії було створене середовище для програмування Arduino IDE. Мова програмування пристроїв Ардуїно заснована на C/C++ і скомпонована з бібліотекою AVR Libc і дозволяє використовувати будь-які її функції. Текст розробленої програми представлений в додатку А. Результат роботи програми представлений на рис. 5.2.



```
meteoClock_v1.5 | Arduino 1.8.9
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь

meteoClock_v1.5$ functions
// если дисплей не заводится - поменяйте адрес (строка 54)

// пики
#define BACKLIGHT 10
#define PHOTO A3

#define MHZ_RX 2
#define MHZ_TX 3

#define LED_COM 7
#define LED_R 9
#define LED_G 6
#define LED_B 5
#define BTN_PIN 4

#define BL_PIN 10 // пин подсвечивания дисплея
#define PHOTO_PIN 0 // пин фоторезистора

// библиотеки
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#if (DISPLAY_TYPE == 1)
<
>

Проблема загрузки в плату. Помощь по загрузке: http://www.arduino.cc/en/Guide/Troubleshooting Копировать сообщение об ошибке

Скетч использует 22570 байт (69%) памяти устройства. Всего доступно 32256 байт.
Глобальные переменные используют 1399 байт (68%) динамической памяти, оставляя 649 байт для локальных переменных.
avrdude: set_open(): can't open device '\\\\.\\COM5':

80 Arduino/Genuino Uno на COM5
```

Рис. 5.2.Результат компіляції скетча в Arduino IDE

6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1. Розробка друкованої плати

Друкована плата, панель або пластина, що складається з одного або пари струмопровідних малюнків. Вони розташовуються на поверхні діелектричної основи. У деяких випадках використовується система провідних малюнків, що знаходяться на поверхні та в обсязі діелектричної основи. Основне призначення друкованих плат – механічне кріплення квантової електроніки та електронної техніки, а також їхнє електричне з'єднання.

Конструкція розробленої вимірювальної системи одноплатна. Плата має велику кількість пересічних провідників, тому двостороння. Основний крок координатної сітки становить 2,5 мм. Центри усіх отворів розташовуються на друкованій платі у вузлах координатної сітки. Діаметр монтажних і перехідних отворів дорівнює 0,8 мм.

Габарити друкованої плати – 87 х 67 мм.

Розробка плати викнувалась в середовищі EasyEDA. Друкована плата з маскою та металізацією отворів з двох шарів представлені на рис. 6.1-6.2.

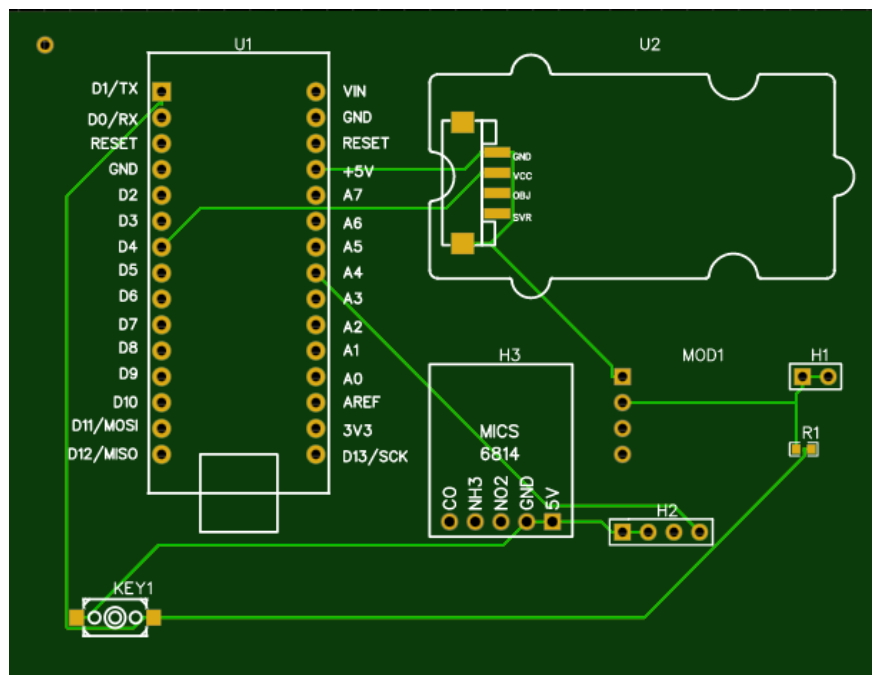


Рис. 6.1 – Перший шар друкованої плати

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

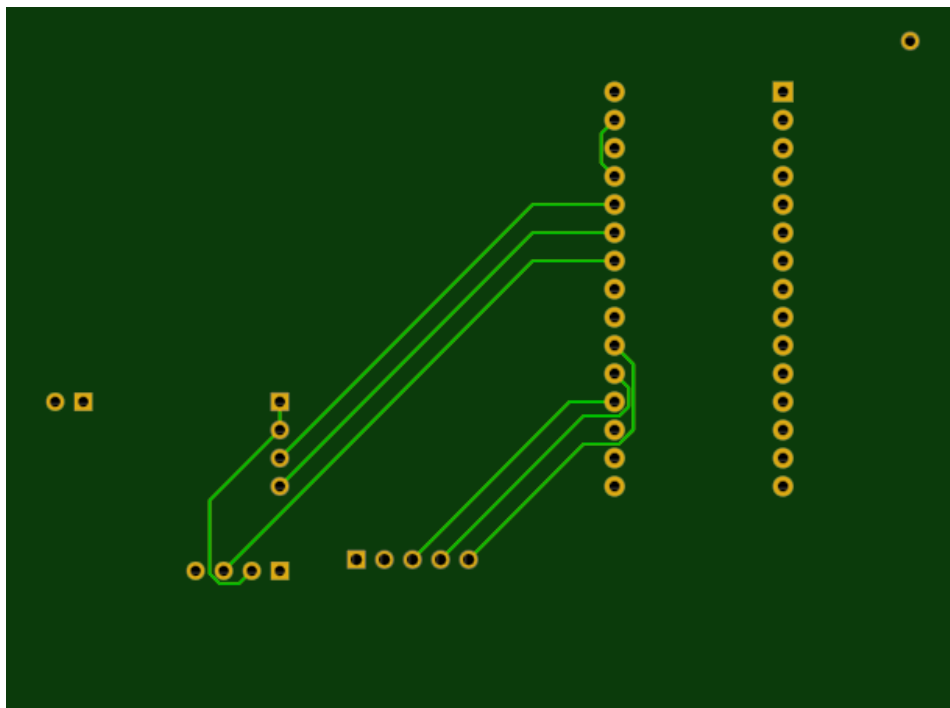


Рис. 6.2 – Другий шар друкованої плати

6.2. Розрахунок надійності системи

Основні поняття надійності. Надійність - це властивість технічних систем виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, зберігання і транспортування

Надійність включає в себе такі властивості ТС, як: безвідмовність, довговічність, збережуваність і ремонтпридатність

Безвідмовність – властивість ТС безупинно зберігати працездатність протягом деякого часу або деякого напруження

Довговічність – властивість ТС зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонтів.

Збережуваність – це властивість ТЗ безперервно зберігати справний та працездатний стан протягом і після зберігання та транспортування.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Збережуваність характеризується здатністю об'єкта протистояти негативному впливу умов зберігання та транспортування його на безвідмовність та довговічність. Тривале зберігання та транспортування об'єктів можуть зменшити їх надійність при подальшій роботі в порівнянні з об'єктами, які не піддаються зберігання та транспортуванню шляхом проведення ремонту та технічного обслуговування.

Ремонтопридатність – властивість ТЗ, що полягає у її пристосованості до попередження та виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень та усунення їх наслідків шляхом проведення ремонту та технічного обслуговування.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ - характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

- робочий діапазон температури від -20 до 50°C, відносна вологість повітря до 80% при 20 °C;
- конструктивно виконано для роботи для вулиці під накриттям.

Склад виробу – комп'ютеризована система вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста.

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини, що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

Відновлення виробу проводиться шляхом заміни КВ, що відмовили справними з ЗОПа.

При розрахунку надійності виробу використовувалися характеристики, дані, при цьому були прийняті наступні допущення:

1. відмовлення КВ і ІС є подіями випадковими і незалежними;
2. відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3. інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;

4. закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу спроектованого виробу;
 $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n. \quad (6.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.2.

Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним у [20] з врахуванням вихідних даних для спроектованого виробу.

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.2):

$$\lambda = 67,25 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год)

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9833	0,9669	0,9508	0,9350	0,8741	0,7144	0,5839	0,5104

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

Підставляючи дані в формулу (6.4) одержимо

$$T = (67,25 \cdot 10^{-6})^{-1} = 14\,869,23 \text{ годин.}$$

Таблиця 6.2 – Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	Arduino Nano 3.0	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Датчики				a_1	a_2	a_4	a_6	
	PPD42NS	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	BME280	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	MICS-6814	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
3	Дисплей				a_1	a_2	a_4	a_6	
	LCD 2004	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
4	Кнопка				a_1	a_2		a_4	
	SPST-NO	1	0,1	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,147
5	Пайки	51	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,011
6	Блок живлення 5В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
	Разом								67,25

На графіку, приведеному на рисунку 6.3 приведена залежність надійності $P(t)$.

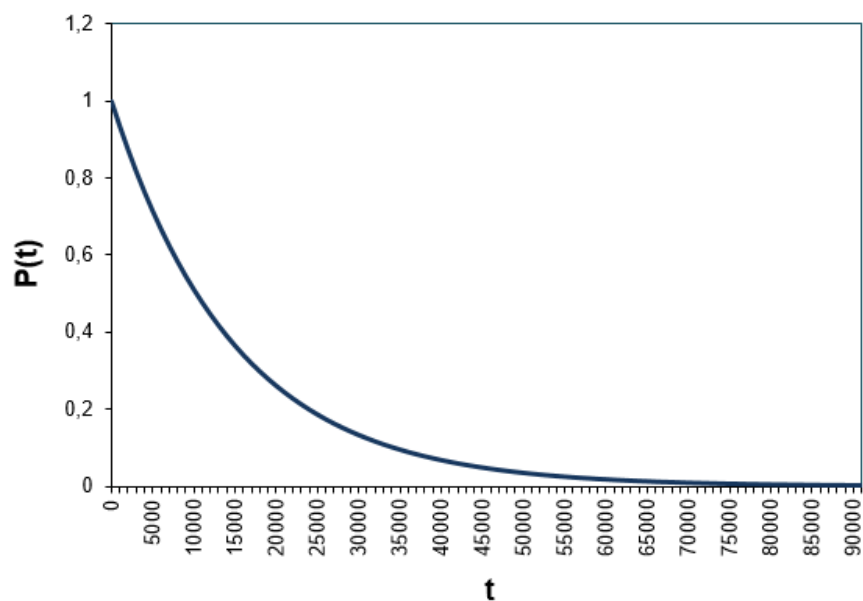


Рис. 6.3 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Згідно з вимогами Кодексу законів про працю на всіх підприємствах, в установах, організаціях створюються безпечні і нешкідливі умови праці. Забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці покладається на власника або уповноважений ним орган.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

Власник або уповноважений ним орган повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, що попереджають виробничий травматизм, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників.

Власник або уповноважений ним орган не має права вимагати від працівника виконання роботи, поєднаної з явною небезпекою для життя, а також в умовах, що не відповідають законодавству про охорону праці. Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або людей, які його оточують, і навколишнього середовища.

На власника або уповноважений ним орган покладається систематичне проведення інструктажу (навчання) працівників з питань охорони праці, протипожежної охорони.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Працівники, зайняті на роботах з важкими і шкідливими умовами праці, безоплатно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або рівноцінними харчовими продуктами, газованою солоною водою, мають право на оплачувані перерви санітарно-оздоровчого призначення, скорочення тривалості робочого часу, додаткову оплачувану відпустку, пільгову пенсію, оплату праці в підвищеному розмірі та інші пільги і компенсації, що надаються в порядку, визначеному законодавством.

7.2. Розробка заходів з охорони праці

Залежно від специфіки виробництва, структури підприємства, виду діяльності та кількості працівників комплексні заходи з охорони праці можуть бути різними. Об'єднує їх те, що вони передусім спрямовані на захист працівників під час виконання ними трудових обов'язків.

Комплексні заходи з охорони праці – це заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення наявного рівня охорони праці, запобігання випадкам виробничого травматизму, професійного захворювання, аваріям і пожежам.

– У плані комплексних заходів мають бути передбачені, серед іншого, такі: приведення основних фондів у відповідність з вимогами нормативно-правових актів з охорони праці;

– усунення впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів, або приведення їх рівня на робочих місцях до вимог нормативно-правових актів з охорони праці;

– проведення атестації робочих місць;

– проведення навчання і перевірки знань з охорони праці;

– забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям або засобами індивідуального захисту відповідно до норм, передбачених законодавством, або до норм, визначених колективним договором;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

– забезпечення працівників, зайнятих на роботах із важкими та шкідливими умовами праці, лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або рівноцінними харчовими продуктами, а також газованою солоною водою;

– проведення медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року. [21]

7.3. Пожежна безпека приміщення

Проаналізуємо можливі причини виникнення пожежі і речовини, що можуть горіти. Можливими причинами виникнення пожежі можуть бути:

– Несправність в електроустаткуванні, наприклад, пробій ізоляції, несправності, що виникли внаслідок механічних ушкоджень;

– Порушення протипожежного режиму, наприклад, паління в недозволених місцях, користування побутовими електронагрівальними приладами.

Речовини, що можуть горіти:

- Меблі: столи, стільці, тумбочки, виготовлені з дерева;
- Папір: документація, папір для принтера, шпалери;
- Конструктивні елементи приміщення: покриття підлог (паркет), двері (дерево), віконні рами (дерево);
- Конструктивні елементи комп'ютера: корпуса принтерів, дисплеїв, клавіатур, кабельні лінії, монтажні плати і радіодеталі.

Тому що усі вище перераховані речовини є твердими спаленими речовинами і матеріалами, здатними при взаємодії з повітрям тільки горіти, то розглянуте приміщення можна віднести до пожежонебезпечної категорії "В". В приміщенні, що розглядається, маються первинні засоби пожежегасіння - вогнегасники ручні вуглекислотні ОУ-8 у кількості 3 штук.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

За ППБУ-96 норматив на кількість вогнегасників виконується.

Приміщення в будинку оснащені пожежними оповіщувачами димового типу дії ВТЛ-1. Вони встановлені в кожному приміщенні на стелі.

Аналіз шляхів евакуації з приміщення проведемо за допомогою порівняння нормативних значень і фактичних характеристик.

Проаналізувавши існуючі умови протипожежної безпеки і відповідність їхнім нормам, можна зробити висновок, що в даному приміщенні дотримані всі основні норми пожежобезпеки.[21]

7.4. Нормування шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Отото нас повітря (атмосфера) є деяким фактором забезпечення нашого життя. Без повітря, що відбувається через дихальні шляхи в легені, вже через кілька хвилин настає смерть. У природних умовах повітря, як правило, не шкідливі речовини і життя людини не загрожує. Тільки з того часу, коли людина почала використовувати у своїй діяльності шкідливі речовини для її організму, з'явилася загроза її життя. При цьому з'ясувалося, що наші органи чутливості не випробовують з достатньою мірою визначити якість повітря і запобігти загрози відруєння.

У той же час, коли ми і відчуваємо присутність у повітряній кількості відруйних речовин (таких, як синільна кислота), наш організм не відповідає цій захисній реакції. Реакція організму настає із запізненням, коли отрута вже накопичилася в організмі в значній кількості і стала небезпечною для життя. Ступінь відруєння залежить як від кількості організму, що потрапила в організм, так і від особливої чутливості організму людини до дії конкретної шкідливої речовини.

Зважаючи на викладене, можна констатувати, що для створення здорових і безпечних умов праці необхідно мати гігієнічне нормування шкідливих речовин, надійні способи визначення їх концентрацій у повітрі та сучасне технічне та організаційне забезпечення їх знешкодження.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У чистому повітрі є шкідливі гази, такі, як оксид вуглецю, водень, оксид та ді азоту та інші, які не позначають негативно на здоров'я людей, тварин та всієї флори та фауни Землі через їх концентрацію.

Концентрації речовин, що містяться в одиницях маси, містяться в одиницях об'єму повітря (мг/м³ або у вигляді об'єму газів:

Чистим повітрям, не заповненими твердими, рідкими та газообразними речовинами та газами, які змінюють його природний склад.

Тверді, рідкі або газові речовини будь-якого ряду і походження, що його утворюють у повітрі та змінюють природний склад; називають емісіями. Існує ще Іммісія – це забарвлені атмосферні повітряні речовини, що містяться в атмосфері в безпосередній близькості від цієї зони, як правило, на висоті 1,5 км від поверхні землі або верхньої межі рослинності або на відстані 1,5 км від поверхні поверхні .

Емісії – це ураження техногенного походження. У технічній літературі використовуються поняття «забруднення», «шкідливі препарати» в тих випадках, кількість речовин, присутніх у повітрі в концентрах, шкідливих і небезпечних для флори та фауни Землі.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) дає таке визначення: «Забруднення повітря має місце в такій ситуації, коли забруднювальна повітряна речовина або кілька речовин присутні в атмосфері в такій кількості та в такий час, що спричиняють шкоду або можуть спричинити шкоду людям, тваринам , рослинам та майну, або можуть призвести до результатів здоров'я людини або стану майна, які не піддаються обліку».

У сучасній техніці міститься безліч речовин, які можуть виникнути в небезпеку здоров'я людей. Для визначення небезпечних медиків досліджують вплив речовин на організм людини і встановлюють для концентрації людей, які можуть бути безпечними для організму людини.

На промислових підприємствах повітряної робочої зони можна забруднювати шкідливими речовинами, які в результаті технологічного процесу або містяться в сировині та напівпродукті відходів виробництва.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

За токсичною дією шкідливих речовин поділяють на: кров'яні речовини, які взаємодіють із гемоглобіном крові та гальмують його дію до приєднання кисню (оксид вуглецю, бензол, сполуки ароматичного ряду та ін.); нервові відрути, які викликають збудженість нервової тканини, її виснаження, кавоваріння нервових тканин (нартики, спирти, сірчаний водень, ін.); подразнюючі відрути, що вражають кислоти верхні дихальні шляхи та легені (аміак, сірчаний газ, пара, окиси азоту, ароматичні вуглеводні та ін.); ті, що пропадають та подразнюють дію і на тілі (січана та соляна кислоти, луги); природні відрути, дія яких супроводжується зміною та виявленими тканинами (спирт, дихлоретан, чотирихлористий вуглець); алкалоїди та інші речовини, що змінюють реактивність організму; канцерогени, що спричиняють утворення злоякісних бензопіренів (3,4-4-канцерогенний, кам'янгільна смола); мутагени, що впливають на генетичний апарат клітини (окіс етилену, сполуки ртуті та ін.).

Залежно від ступеня токсичності, фізико-хімічних властивостей, шляхів проникнення в організм, санітарні норми встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень, перевищення яких неприпустиме.

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони така концентрація, яка впливає на людей у випадках її щоденного регламенту протягом недовгостійності до зниження роботи чи захворювання в періоді трудової діяльності та в наступному періоді життя, а також не впливає на негативний вплив на здоров'я нащадків. Робочою зоною простору заввишки 2 м над рівнем підлоги або робочої площі, на якому знаходиться місце постійного або тимчасового контролю роботи.

За дії на організм людини ступенем шкідливих речовин, які розподіляються на чотири класи небезпеки:

1. надзвичайно небезпечні;
2. високонебезпечні;
3. помірhoneбезпечні;
4. малонебезпечні.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У державних стандартах зазначено більше 700 речовин, для яких встановлені значення ГДК. При одночасному знаходженні в повітрі робочої зони різних шкідливих речовин однооспрямованої дії, близьких за хімічним складом і характеру біологічної дії на людину, біологічно і інтегральний коефіцієнт дії. Приклади речовин односпрямованої дії: оксид вуглецю і оксид азоту, сірчаний газ і сірчаний водень, або інші вуглеводневі сполуки.

Контроль пробі повітря виконується в зоні дихання з урахуванням утворення шкідливих речовин і шляхів, якими вони діють в робочій зоні. Кількість проб та метод контролю належними нормами та органами санітарного нагляду.

У приміщеннях, де присутні речовини 1-го класу, небезпеки та де може бути аварійний викид, повинен запроваджуватися безперервний контроль. Для інших випадків – ваш.

Методи контролю вмісту хімічних речовин в повітрі поділяються на три групи:

Індикаторні методи хімічного аналізу з використанням газоаналізаторів УГ-1, УГ-2, ГХ-4 та подібних до них аналізаторів, які працюють за принципом кольорової реакції між індикаторним порошком та досліджуванним газом або парою, які прокачуються разом з повітрям через індикаторну трубку, заповнену реагентом. За інтенсивністю зміни кольору або за об'ємом прореагованого в концентрації досліджуваної порошкової речовини.

Санітарно-хімічні методи – колориметричний, фотоколориметричний, хроматографічний, нефелометричний та ін. Здебільшого вони є лабораторними, потребують знання та підготовки, коштовні. Їх перевага – точність визначення концентрації вимірюваної речовини.

Безперервно-автоматичні – автоматично контролюють і сигналізують про наявність у повітрі відповідних концентраційних хімічних методів. Для цього призначені газоаналізатори та газосигналізатори.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

До цієї групи належать прилади: ФЛ-501 (універсальний газоаналізатор), ПГФ-1 (для визначення СО), КУ-1,3 (для визначення пари бензину), ФК-560 (для визначення сірчаного газу), ФК-450,4502 (оксиди азоту), ГПК-1 (сірчаний газ).

Пил – основний шкідливий фактор багатьох промислових підприємств, обумовлений недосконалістю технологічних процесів. Природний пил знаходиться в повітрі в звичайних умовах вмісту людини в межах концентрацій 0,1-0,2 мг/м³, в промислових центрах, діючи великого підприємства, він не виявляється нижче 0,5 мг/м³, а на робочих місцях запиленості повітря іноді сягає 100 мг/м³. Значення ГДК для нейтрального пилу, що не руйнує властивостей, дорівнює 10 мг/м³.

Основні фізико-хімічні властивості пилу: хімічний склад, дисперсність (ступінь подрібнення), структура частинок, розчинність, щільність, питома поверхня, нижня та верхня концентраційна границя вибуховості суміші пилу з повітрям, електричні властивості та ін. Знання всіх цих показників дає можливість оцінити рівень небезпеки та шкідливості пилу, його пожежо- та вибухонебезпеку.

Промисловий тип може бути класифікований за новими ознаками:

- за походженням – органічний (рослинний, тваринний, штучний пил) і неічний (мінеральний, металевий пил) та змішаний (присутність часток органічного та неорганічного походження);
- за способом утворення – дезінтеграційний (подрібнення, різання, шліфування і т. п.), димовий (сажа та частини речовини, що горить) та конденсаційний (конденсація в повітрі пари розплавлених металів);
- за токсичну дію на організм людини – нейтральний (нетоксичний для людини пил) та токсичний (отруюючий організм людини).

Існує багато різних способів та заходів, призначених для підтримання чистоти виробничих приміщень відповідно до вимог санітарних норм. Всі вони проводяться до конкретних заходів:

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Запобігання проникненню шкідливих речовин у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднання, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу.

Відалення шкідливих речовин, що утворюються у повітряній робочій зоні, за рахунок вентиляції, аспірації або очищення та нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів.

Для роботи з отруйними та забруднювальними речовинами використовуються спецодягом - комбінезонами, халатами, фартухами та ін.; а для захисту від кислот та лугів - гумовим взуттям та рукавичками. Для захисту шкіри, рук, обличчя, шиї використовуються захисні креми та пасти: антитоксичні, водостійкі, жиростійкі. Очі від можливих опіків та аерозолей захищають окулярами з герметичною оправою, масками, шоломами.

До засобів особливого захисту органів дихання (ЗІЗОД) належать респіратори, промислові газу та ізолюючі дихальні апарати, які протистоять захисту від шкідливих речовин (аерозолів, газів, пари), що знаходяться в оточуючому повітрі. [22]

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі була розроблена комп'ютеризована система вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста

В першому розділі було поставлене технічне завдання.

В другому розділі розглянуті існуючі системи вимірювання параметрів та моніторингу стану повітря в промисловій зоні міста .

В третьому розділі обґрунтовані елементи системи та побудована структурна схема. Комп'ютеризована система складається з: мікроконтролеру, датчика пилу, датчика якості повітря, барометричного датчика, дисплея, кнопки керування, блока живлення.

В четвертому розділі обрано складові елементи системи та побудована принципова схема. Також розраховані похибки вимірювання вмісту твердих частинок в повітрі.

В п'ятому розділі розроблений алгоритм та відповідна програма системи.

В шостому розділі побудована друкована плата та прораховані показники надійності.

В сьомому розділі розглянута охорона праці в промисловості та методи нормування шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Забруднення атмосферного повітря [Електроний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
2. Dylos DC1100 PRO [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://breeeth.com/catalog/datchiki_kachestva_vozdukha/dylos_dc1100_pro.
3. Аналізатор вуглекислого газу HT-401 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://glushitel.zp.ua/bytovoi-gazoanalizator-uglekislogo-gaza-co2-xin-test-ht-401.html>.
4. CO2 Метр цифровий датчик температури та вологості [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://eurozakup.com.ua/product-5in1-co2-datchik-temperature-i-vlazhnosti-metr-10685078113.html>.
5. Аналізатор якості повітря D91 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p1385470028-analizator-kachestva-vozdruha.html>.
6. Какой выбрать микроконтролер? [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://radiostorage.net/1023-kakoj-vybrat-mikrokontroller.html>.
7. Барометр/термометр/датчик влажности на чипе BME280 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: www.mini-tech.com.ua/barometr-termometr-gigrometr-bme280.
8. Датчик якості повітря MICS-6814 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://alitools.io/ru/showcase/mics-6814-datchik-kachestva-vozdruha-datchik-gaza-datchik-obnaruzheniya-gaza-oksid-ugleroda-co-dioksid-azota-no2-datchik-ammiaka-nh3>.
9. Датчик PPD42NS монітор повітря (датчик пилу) [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/product/grove-dust-sensor-ppd42ns>.
10. Дисплей. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://leksika.com.ua/16970402/ure/display>– Дата звернення: 11.09.2021.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

11. Що таке Arduino [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://radioprogram.ru/shop/merch/10>.

12. Arduino Nano характеристики [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://raspberrypi.in.ua/product/arduino-nano-v-3-0-ch340g>.

13. Модуль BME280 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://1wire.com.ua/ru/bme280-cifrovoj-datchik-davlenija-vlazhnosti.html>.

14. Підключення Датчику BME280 по I2C [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1930-bme280-5v-i2c-datchik-temperatyri-vlajnosti-davleniya>.

15. MICS-6814 датчик якості повітря [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://shoptr4.griese.org/category?name=mics%206814>.

16. Датчик пилю PPD42NS [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://uamper.com/Grove/PPD42NS>.

17. LCD дисплей з синім підсвічуванням 2004 I2C [Електроний ресурс]. – Режим доступу: www.robostore.com.ua/moduli-i-datchiki/monohromnye-displei/lcd-displej-2004-i2c-s-zhyoltoj-podsvetkoj.

18. Мікроперемикач SPST-NO [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=3006.2102>.

19. Блок живлення 5В 2А AksPower [Електроний ресурс]. – Режим доступу: www.aks.ua/item/view/219149/akspower-5v-2a-5-5h2-5-215776.html.

20. Расчет надежности. Методическое пособие по дипломному проектированию – РГКРИПТ, Ростов-Дон, 2004. – 407 с.

21. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

22. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» Укладачі: Ю.О. Подчашинський, Л. О. Чепюк, Р.В. Петросян. – Житомир: ДУ «Житомирська політехніка», 2022. – 60 с.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

Додаток А

```
// ----- НАЛАШТУВАННЯ -----
#define LED_MODE 0 // тип RGB світлодіода: 0 - головний катод, 1 - головний анод
// керування яскравістю
#define BRIGHT_CONTROL 1 // 0/1 - заборонити/дозволити керування яскравістю (при
відключенні яскравість завжди буде макс.)
#define BRIGHT_THRESHOLD 150 // величина сигналу, нижче за яку яскравість
переключиться на мінімум (0-1023)
#define BLUE_YELLOW 1 // жовтий колір замість синього (1 так, 0 ні) але через
особливості підключення жовтий не такий яскравий
#define WEEK_LANG 1 // мова дня тижня: 0 - англійська, 1 - російська (трансліт)
#define DEBUG 0 // виведення на дисплей лог ініціалізації датчиків під час
#define PRESSURE 1 // 0 - графік тиску, 1 - графік прогнозу дощу (замість
тиску)..
#define DISPLAY_TYPE 1 // тип дисплея: 1 - 2004 (великий), 0 - 1602 (маленький)
#define DISPLAY_ADDR 0x27 // адреса плати дисплея: 0x27

// межі відображення графіків
#define TEMP_MIN 15
#define TEMP_MAX 35
#define HUM_MIN 0
#define HUM_MAX 100
#define PRESS_MIN -100
#define PRESS_MAX 100
#define CO2_MIN 300
#define CO2_MAX 2000

// адреса BME280 задана у файлі бібліотеки Adafruit_BME280.h

// піни
#define BACKLIGHT 10
#define PHOTO A3

#define MHZ_RX 2
#define MHZ_TX 3

#define LED_COM 7
#define LED_R 9
#define LED_G 6
#define LED_B 5
#define BTN_PIN 4

#define BL_PIN 10 // пін підсвічування дисплея
#define PHOTO_PIN 0 // пін фоторезистора
const float max_volts = 5.0; // змінні для датчика якості повітря MICS-6814
const float max_analog_steps = 1023.0; //
// бібліотеки
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#if (DISPLAY_TYPE == 1)
LiquidCrystal_I2C lcd(DISPLAY_ADDR, 20, 4);
#else
LiquidCrystal_I2C lcd(DISPLAY_ADDR, 16, 2);
#endif

#include "RTClib.h"
RTC_DS3231 rtc;
DateTime now;
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
Adafruit_BME280 bme;
```

```

#endif

#include <GyverTimer.h>
GTimer_ms sensorsTimer(SENS_TIME);
GTimer_ms drawSensorsTimer(SENS_TIME);
GTimer_ms hourPlotTimer((long)4 * 60 * 1000);           // 4 мінути
GTimer_ms dayPlotTimer((long)1.6 * 60 * 60 * 1000);     // 1.6 години
GTimer_ms plotTimer(240000);
GTimer_ms predictTimer((long)10 * 60 * 1000);          // 10 мінут
GTimer_ms brightTimer(2000);
#include "GyverButton.h"
GButton button(BTN_PIN, LOW_PULL, NORM_OPEN);

int8_t hrs, mins, secs;
byte mode = 0;
/*
0 години та дані
1 графік температури за годину
2 графік температури за добу
3 графік вологості за годину
4 графік вологості за добу
5 графік тиску за годину
6 графік тиску за добу
7 графік вуглекислого за годину
8 графік вуглекислого за добу*/

// змінні для виведення
float dispTemp;
byte dispHum;
int dispPres;
int dispCO2;
int dispRain;

// масиви графіків
int tempHour[15], tempDay[15];
int humHour[15], humDay[15];
int pressHour[15], pressDay[15];
int co2Hour[15], co2Day[15];
int delta;
uint32_t pressure_array[6];
uint32_t sumX, sumY, sumX2, sumXY;
float a, b;
byte time_array[6];

// символи
// графік
byte row8[8] = {0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111};
byte row7[8] = {0b000000, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111};
byte row6[8] = {0b000000, 0b000000, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111};
byte row5[8] = {0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111};
byte row4[8] = {0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b111111, 0b111111, 0b111111, 0b111111};
byte row3[8] = {0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b111111, 0b111111};
byte row2[8] = {0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000};
byte row1[8] = {0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000, 0b000000};

// цифри
uint8_t LT[8] = {0b00111, 0b01111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111};

```

```

uint8_t UB[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b00000, 0b00000, 0b00000,
0b00000, 0b00000};
uint8_t RT[8] = {0b11100, 0b11110, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
uint8_t LL[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b01111, 0b00111};
uint8_t LB[8] = {0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b11111,
0b11111, 0b11111};
uint8_t LR[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b11111,
0b11110, 0b11100};
uint8_t UMB[8] = {0b11111, 0b11111, 0b11111, 0b00000, 0b00000, 0b00000,
0b11111, 0b11111};
uint8_t LMB[8] = {0b11111, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b00000, 0b11111,
0b11111, 0b11111};

```

```

void drawDig(byte dig, byte x, byte y) {
    switch (dig) {
        case 0:
            lcd.setCursor(x, y); // set cursor to column 0, line 0 (first row)
            lcd.write(0); // call each segment to create
            lcd.write(1); // top half of the number
            lcd.write(2);
            lcd.setCursor(x, y + 1); // set cursor to column 0, line 1 (second row)
            lcd.write(3); // call each segment to create
            lcd.write(4); // bottom half of the number
            lcd.write(5);
            break;
        case 1:
            lcd.setCursor(x + 1, y);

            lcd.write(0);
            break;
        case 8:
            lcd.setCursor(x, y);
            lcd.write(0);

        case 9:
            lcd.setCursor(x, y);
            lcd.write(0);
            lcd.write(6);
            lcd.write(2);
            lcd.setCursor(x + 1, y + 1);
            lcd.write(4);
            lcd.write(5);
            break;
        case 10:
            lcd.setCursor(x, y);
            lcd.write(32);
            lcd.write(32);
            lcd.write(32);
            lcd.setCursor(x, y + 1);
            lcd.write(32);
            lcd.write(32);
            lcd.write(32);
            break;
    }
}

```

```

void drawdots(byte x, byte y, boolean state) {
    byte code;
    if (state) code = 165;
    else code = 32;
    lcd.setCursor(x, y);
    lcd.write(code);
    lcd.setCursor(x, y + 1);
    lcd.write(code);
}

```

```

    }

    //if (hours > 23 || minutes > 59) return;
    if (hours / 10 == 0) drawDig(10, x, y);
    else drawDig(hours / 10, x, y);
    drawDig(hours % 10, x + 4, y);
    // Тут мають бути точки. Окремою функцією
    drawDig(minutes / 10, x + 8, y);
    drawDig(minutes % 10, x + 12, y);
}
};
#else

}

void loadPlot() {
    lcd.createChar(0, row8);
    lcd.createChar(1, row1);
    lcd.createChar(2, row2);
    lcd.createChar(3, row3);
    lcd.createChar(4, row4);
    lcd.createChar(5, row5);
    lcd.createChar(6, row6);
    lcd.createChar(7, row7);
}

#if (LED_MODE == 0)
byte LED_ON = (LED_BRIGHT_MAX);
byte LED_OFF = (LED_BRIGHT_MIN);
#else
byte LED_ON = (255 - LED_BRIGHT_MAX);
byte LED_OFF = (255 - LED_BRIGHT_MIN);
#endif
void setLED(byte color) {
    // спочатку все выключаем
    if (!LED_MODE) {
        analogWrite(LED_R, 0);
        analogWrite(LED_G, 0);
        analogWrite(LED_B, 0);
    } else {
        analogWrite(LED_R, 255);
        analogWrite(LED_G, 255);
        analogWrite(LED_B, 255);
    }
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(BACKLIGHT, OUTPUT);
    pinMode(LED_COM, OUTPUT);
    pinMode(LED_R, OUTPUT);
    pinMode(LED_G, OUTPUT);
    pinMode(LED_B, OUTPUT);
    setLED(0);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.clear();
    #if (DEBUG == 1 && DISPLAY_TYPE == 1)
        boolean status = true;

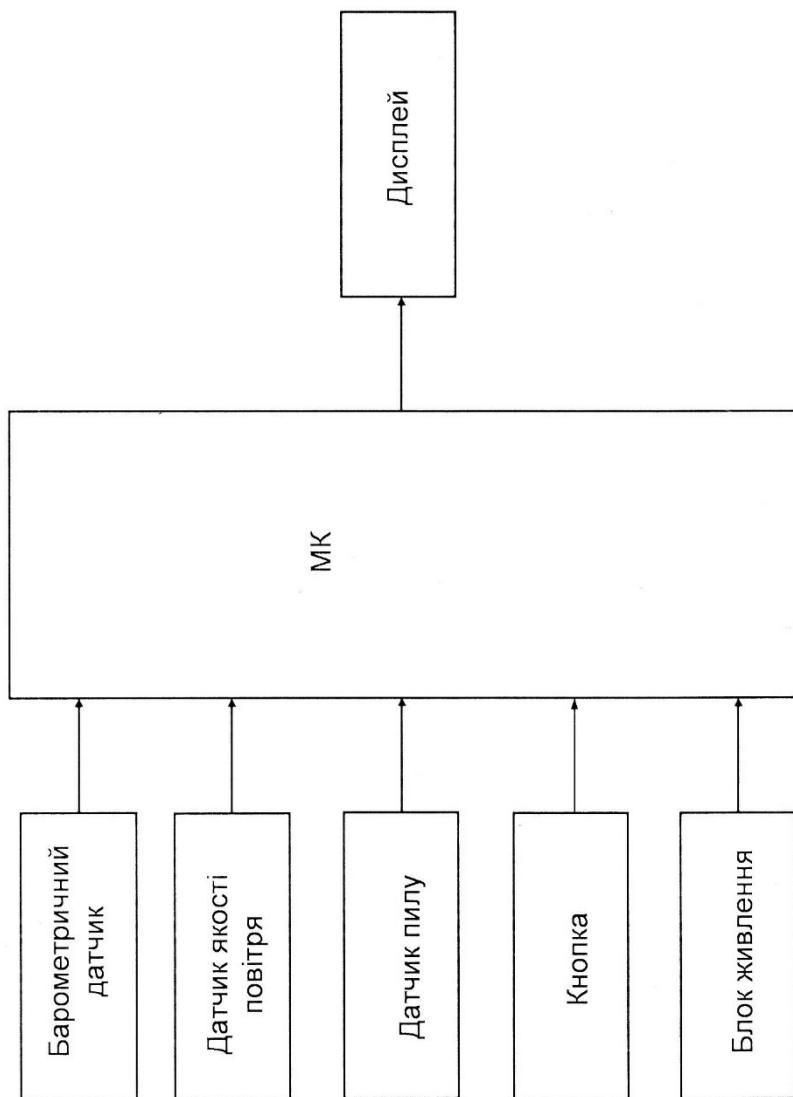
        lcd.print(F("OK"));
        Serial.println(F("OK"));
    } else {
        lcd.print(F("ERROR"));
        Serial.println(F("ERROR"));
        status = false;
    }
}

```

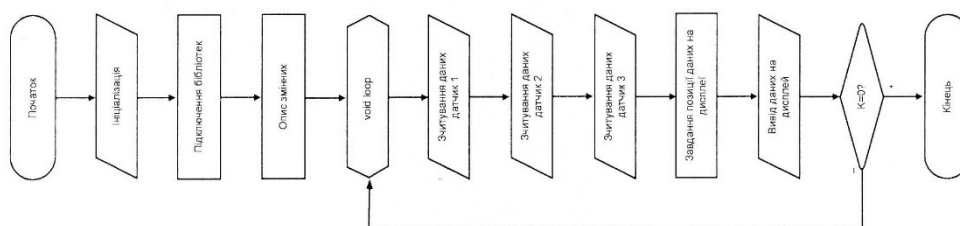
```

#endif
if (rtc.begin()) {
    lcd.print(F("OK"));
    Serial.println(F("OK"));
} else {
    lcd.print(F("ERROR"));
    Serial.println(F("ERROR"));
    status = false;
}
setLED(3);
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(F("BME280... "));
Serial.print(F("BME280... "));
delay(50);
if (bme.begin(&Wire)) {
    lcd.print(F("OK"));
    Serial.println(F("OK"));
} else {
    lcd.print(F("ERROR"));
    Serial.println(F("ERROR"));
    status = false;
}
setLED(0);
lcd.setCursor(0, 3);
if (status) {
    lcd.print(F("All good"));
    Serial.println(F("All good"));
} else {
    lcd.print(F("Check wires!"));
    Serial.println(F("Check wires!"));
}
while (1) {
    lcd.setCursor(14, 1);
    lcd.print("P: ");
    lcd.setCursor(16, 1);
    lcd.print(analogRead(PHOTO), 1);
    Serial.println(analogRead(PHOTO));
}
readSensors();
drawSensors();
void loop() {
    if (brightTimer.isReady()) checkBrightness(); // Яскравість
    if (sensorsTimer.isReady()) readSensors(); // Читаємо показання датчиків з
    періодом SENS_TIME
    int a0_read = analogRead(A0);
    int a1_read = analogRead(A1);
    int a2_read = analogRead(A2);
    Serial.print("Latest reading in volts, CO (a0): ");
    Serial.print(a0_read * (max_volts / max_analog_steps));
    Serial.print("
                NH3
                (a1):
                ");
    Serial.print(a1_read * (max_volts / max_analog_steps));
    Serial.print("
                NO2
                (a2):
                ");
    Serial.print(a2_read * (max_volts / max_analog_steps));
    Serial.println("");
    delay(200);
    modesTick(); // Тут ловимо натискання на кнопку і перемикаємо режими
    if (mode == 0) { // режимі " головного екрана "
        if (drawSensorsTimer.isReady()) drawSensors(); // оновлюємо показання
        датчиків на дисплеї з періодом SENS_TIME
    } else { // у будь-якому з графіків
        if (plotTimer.isReady()) redrawPlot(); // Перемальовуємо графік
    }
}
#else
if (drawSensorsTimer.isReady()) drawSensors();
#endif
}

```



МММТ-86001.02-11									
Комп'ютерна система управління процесом виробництва продукції									
Система контролю структури									
№	Дат.	№	Дат.	№	Дат.	№	Дат.	№	Дат.
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
11	11	12	12	13	13	14	14	15	15
16	16	17	17	18	18	19	19	20	20
21	21	22	22	23	23	24	24	25	25
26	26	27	27	28	28	29	29	30	30
31	31	32	32	33	33	34	34	35	35
36	36	37	37	38	38	39	39	40	40
41	41	42	42	43	43	44	44	45	45
46	46	47	47	48	48	49	49	50	50
51	51	52	52	53	53	54	54	55	55
56	56	57	57	58	58	59	59	60	60
61	61	62	62	63	63	64	64	65	65
66	66	67	67	68	68	69	69	70	70
71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
76	76	77	77	78	78	79	79	80	80
81	81	82	82	83	83	84	84	85	85
86	86	87	87	88	88	89	89	90	90
91	91	92	92	93	93	94	94	95	95
96	96	97	97	98	98	99	99	100	100

[illegible]

[illegible]