

Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

Савчук Андрій Мирославович
Andrii Savchuk

УДК 004:681.5

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр та назва спеціальності)

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Система неперервного моніторингу мікроклімату виробничих
приміщень
System of continuous monitoring of the microclimate of industrial
premises

Науковий керівник:
кандидат фіз.-мат. наук,
доцент Дзундза Б.С.

Рецензент:
Доктор фіз.-мат. наук,
проф. каф. фізики і хімії
твердого тіла
Салій Я. П.

Івано-Франківськ
2021

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Прим.
			123. УДК 004:681.5	Принципова електрична схема	1	
			123. УДК 004:681.5	Пояснювальна записка	65	

123.KI-41.14				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Савчук А. М.		
Перевірів		Дзундза Б. С.		
Н.контр.				
Затверд.				
Специфікація			Літ.	Арк.
				2
			Аркушів	1

АНОТАЦІЯ

У цій бакалаврській дипломній роботі описано розробку пристрою моніторингу виробничих приміщень для спостереження за станом якості повітря та виявлення шкідливих газів, диму. Цей пристрій має сигналізувати звуковою та світловою сигналізацією про виявлені перевищення норм, також виводити на екран температуру, вологість та покази датчиків. Система створена на базі мікроконтролера ESP32, який має низьке енергоспоживання.

У роботі описані забруднюючі чинники виробничих приміщень та їх норма. Вибрані засоби моніторингу, зазначені особливості апаратної та програмної реалізації. Розглянуті загальні питання щодо охорони праці.

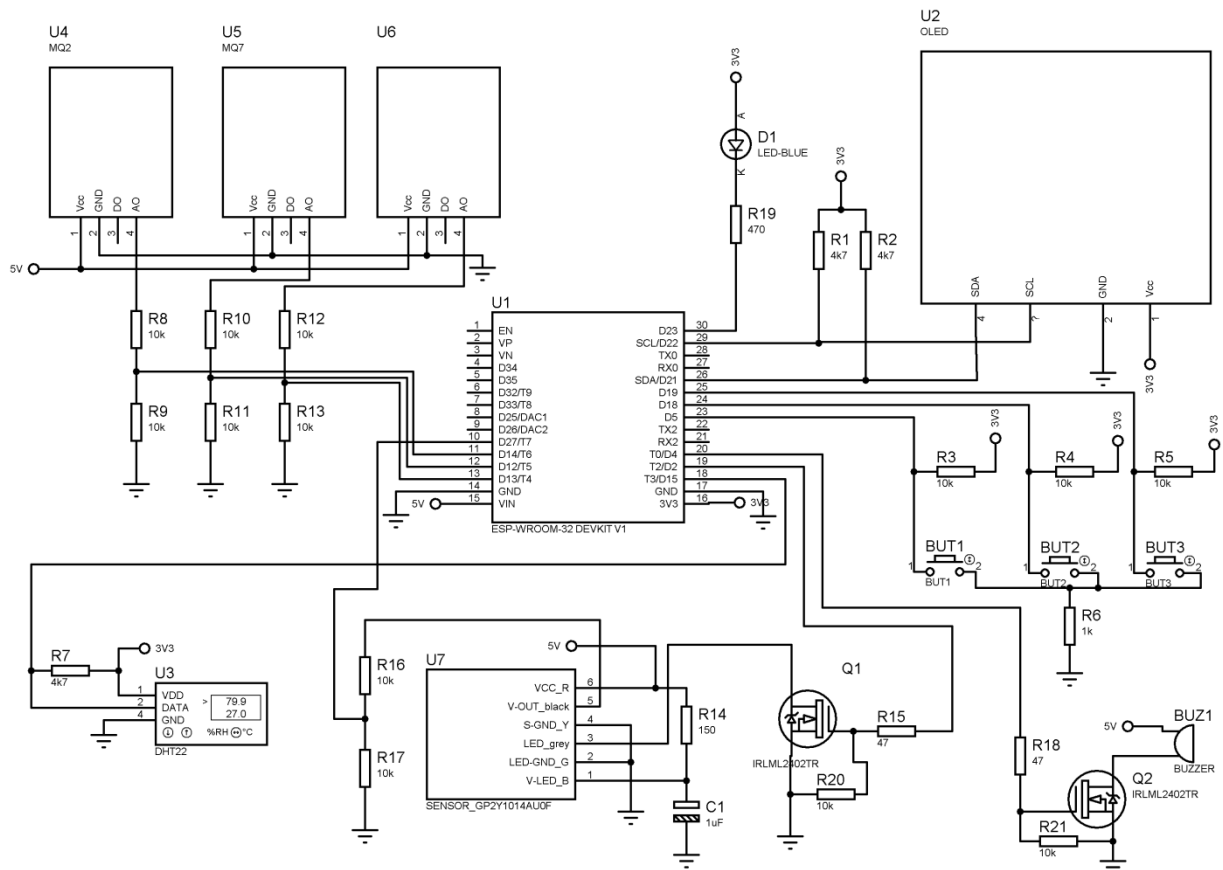
					123.KI-41.14			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Савчук А. М.					3	1
Перевірів		Дзундза Б. С.						
Н.контр.								
Затверд.								

ABSTRACT

This bachelor's thesis describes development of a device for monitoring production facilities to observe the state of air quality and manifestation of hazardous gases, smoke. This device can signal sound and light alarms according to the detected viewing rate, and can also display the temperature, humidity and sensor readings on the screen. The system is based on the ESP32 microcontroller, which has low power consumption.

The paper describes the contaminated factors of production facilities and their standarts. Monitoring tools are selected, identified features of hardware and software are implemented. The general questions concerning labor protection are considered.

					<i>123.KI-41.14</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Abstract</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Савчук А. М.</i>					4	1
<i>Перевірів</i>		<i>Дзундза Б. С.</i>						
<i>Н.контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								



123.KI-41.14

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Савчук А. М.		
Перевірів		Дзундза Б. С.		
Н.контр.				
Затверд.				

Принципова електрична
схема

Лім.	Арк.	Аркушів
	5	1

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи

на тему:

«Система неперервного моніторингу мікроклімату виробничих приміщень»

					123.КІ-41.14			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Савчук А. М.</i>					6	65
<i>Перевірів</i>		<i>Дзундза Б. С.</i>						
<i>Н.контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ЗАБРУДНЮЮЧІ ФАКТОРИ МІКРОКЛІМАТУ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ ТА ЇХ НОРМА.....	10
1.1. Вимоги до мікрокліматичних параметрів	10
1.1.1. Оптимальні мікрокліматичні умови	10
1.1.2. Допустимі мікрокліматичні умови	11
1.2. Вимоги до заходів приведення в норму мікроклімату	13
1.3. Вимоги до методів вимірювання мікрокліматичних параметрів.....	17
1.4. Шкідливі речовини, їх норма. Дія шкідливих речовина на людину	18
1.5. Системи контролю повітря та зменшення небажаного впливу токсичних речовин на робочих.....	21
1.5.1. Природна вентиляція.....	22
1.5.2. Механічна вентиляція.....	24
1.5.3. Кондиціонування	26
РОЗДІЛ 2. ВИБІР КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ ТА СЕРЕДОВИЩА ПРОГРАМУВАННЯ.....	28
2.1. Вибір мікроконтролера.....	28
2.2. Вибір датчиків температури та вологості.....	29
2.3. Вибір датчиків широкого спектру виявлення газів, диму та чадного газу.....	31
2.4. Вибір датчиків пилу	33
2.5. Вибір способу виведення даних	34
2.6. Обґрунтування вибору середовища програмування.....	35
2.6.1. Огляд офіційного середовища для розробки компанії Espressif.....	35
2.6.2. Огляд середовища Espruino	36
2.6.3. Середовище Arduino IDE	37
2.7. Огляд подібних пристроїв для моніторингу	39
2.7.1. Аналізатор частинок GM8803	39
2.7.2. Газоаналізатор ST8900	40

						123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			7

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ	42
3.1. Налаштування підтримки ESP32 в середовищі програмування ARDUINO IDE	42
3.2. Підключення периферії до мікроконтролера.....	43
3.2.1. Підготовка до роботи з датчиком температури та вологості	43
3.2.2. Налаштування та підключення датчика сімейства MQ.....	44
3.2.3. Підключення датчика пилу	44
3.2.4. Підключення OLED дисплея	45
3.3. Алгоритм роботи системи моніторингу	46
3.4. Створення 3D моделі та розробка друкованої плати пристрою	48
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	51
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
5.1. Охорона праці при виготовленні друкованих плат	53
5.2. Охорона праці при паянні	53
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
ДОДАТОКИ.....	58

ВСТУП

Мікроклімат виробничих приміщень є важливим фактором, який впливає на виробничий процес та здоров'я і ефективність праці людини. Певні коливання різних параметрів (температури, вологості, концентрації газів таких, як пропан, метан, бутан) має значний вплив на організм людини.

Умови у виробничому середовищі зазвичай залежать від певних факторів: різного виду обладнання, клімату, особливостей технологічного процесу на виробництві, розмір та будова приміщення, кількості працівників вентиляційні потужності підприємства.

Працівники повинні комфортно себе почувати на робочому місці та не псувати своє здоров'я поганим мікрокліматом чи забрудненим повітрям викидами підприємства. Для контролю цих норм та приведення їх у відповідність потрібно якось визначити ці фактори та повідомити працівників про неприпустиму вологість, перевищені показники забруднення повітря різними газами, чи навіть витік певних видів газу, наприклад, чадного.

Метою цієї роботи є розробка пристрою, який буде виводити на дисплей мікрокліматичні дані (температуру і вологість) та сигналізувати про перевищення показників забруднення повітря (пропан, бутан, метан, дим і частинки пилу), вивчення методів отримання даних від датчиків та робота з ними.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1
ЗАБРУДНЮЮЧІ ФАКТОРИ МІКРОКЛІМАТУ ВИРОБНИЧОГО
ПРИМІЩЕННЯ ТА ЇХ НОРМА

1.1. Вимоги до мікрокліматичних параметрів

Щоб забезпечити нормальне функціонування підприємства, дотримання за всіма нормами, потрібно знати ці норми. Умови у виробничому приміщенні характеризуються наступними показаннями:

- температурою;
- відносною вологістю;
- швидкістю руху повітря в певному приміщенні;
- температурою поверхонь;
- інтенсивністю випромінювання (теплого).

Мікрокліматичні умови несуть певний вплив на тепловий стан людини (як негативний, так і позитивний). Ці умови поділяються на оптимальні та допустимі. Для встановлення цих умов потрібно враховувати важкість роботи працівника та відповідний період року, який несе значний вплив на кліматичну ситуацію приміщення.

1.1.1. Оптимальні мікрокліматичні умови

Такі умови встановлюють на постійні робочі місця. Температурні покази повітря в робочому середовищі протягом всієї робочої зміни не мають виходити за нормовані межі величин температур, які встановлені для певної категорії робіт. Також важлива температура поверхонь робочої зони, а саме: внутрішніх (стіни, теля підлога) та зовнішніх поверхонь. Важлива температура технічного обладнання, огорожувальних конструкцій. Температура всіх цих перелічених елементів не повинна виходити більш ніж на 2 градуси °С за межі допустимих норм [1]. Всі величини наведені в табл. 1.1.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Якщо робота пов'язана з нервово-емоційним напруженням, на постах керування певним технологічним процесом виробництва, необхідно дотримуватись таких оптимальних умов: температури повітря близько 23 °С, відносної вологості 60-40% та швидкості руху повітря не більше 0,1 м/сек.

Таблиця 1.1. Оптимальні величини (температури, вологості та швидкості руху повітря) в робочому середовищі виробничого приміщення

Важкість роботи	Період в році	Показники повітря		
		Температура	Вологість	Швидкість руху мас
Легка форма (1а)	Холодний	22-24	60-40	0,1
Легка форма (2б)		21-23		
Середня форма (2а)		19-21		0,2
Середня форма (2б)		17-19		
Важка форма (3)		16-18		
Легка форма (1а)	Теплий	23-25		0,1
Легка форма (2б)		22-24		0,2
Середня форма (2а)		21-23		0,3
Середня форма (2б)		20-22		
Важка форма (3)		19-20		

1.1.2. Допустимі мікрокліматичні умови

Допустимі умови встановлюються тоді, коли на місцях праці не вдається забезпечити оптимальні показники мікроклімату через свої технічні вимоги до виробництва або економічною недоцільністю. Допустимий перепад температур по висоті всієї робочої зони не повинен перевищувати 3 °С для категорій робіт

зазначених в табл. 1.2. По горизонталі всієї робочої зони та протягом зміни не має виходити за допустимі межі температур, які вказані в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. Допустимі величини (температури, вологості та швидкості руху повітря) в робочому середовищі виробничого приміщення

Важкість роботи	Період в році	Показники повітря					
		Верхня межа температури		Нижня межа температури		Вологість	Швидкість руху мас
		Неп. місяця праці	Пост. місяця праці	Неп. місяця праці	Пост. місяця праці		
Легка форма (1а)	Холодний	26	25	18	21	75	не > 0,1
Легка форма (2б)		25	24	17	20	75	не > 0,2
Середня форма (2а)		24	23	15	17	75	не > 0,3
Середня форма (2б)		23	21	13	15	75	не > 0,4
Важка форма (3)		20	19	12	13	75	не > 0,5
Легка форма (1а)	Теплий	30	28	20	22	55 – при 28 °С	0,2 – 0,1
Легка форма (2б)		30	28	19	21	60 – при 27 °С	0,3 – 0,1
Середня форма (2а)		29	27	17	18	65 – при 26 °С	0,4 – 0,2
Середня форма (2б)		29	27	15	15	70 – при 25 °С	0,5 – 0,2
Важка форма (3)		28	26	13	15	75 – при ≤ 24 °С	0,6 – 0,5

Температура поверхонь приміщень: внутрішніх (стеля, підлога, стіни) та зовнішніх або захисних обладнань технічного устаткування не повинні

перевищувати межі для певної категорії робіт, які зазначені в табл. 1.2. У тих виробничих зонах, де середня максимальна температура найбільш гарячого місця перевищує 26 °С допускається незначне відхилення, але не більше 3 °С (за умови, що швидкість руху повітря збільшена на 1,2 м/сек., відносна вологість зменшена на 5 % при збільшенні температури на кожен градус за допустиму верхню межу) [1]. У зонах, де не виходить встановити допустимі мікрокліматичні величини через свої технологічні вимоги до виробництва, технічну неспроможність або через економічну нераціональність є передбачені заходи для захисту від перегрівання та охолодження. Такі заходи описую у підрозділі 1.2.

1.2. Вимоги до заходів приведення в норму мікроклімату

Приведення в норму несприятливих умов мікроклімату виконується за допомогою набору заходів: організаційно-технологічних, санітарно-технічних, будівельно-планувальних та ряд інших заходів захисту. Для запобігання перегрівань та переохолоджень працівників виробничих приміщень використовують заходи індивідуального захисту та інші. Формування параметрів клімату в зонах праці найперше повинно бути забезпечене за рахунок правильного розміщення обладнання, яке забезпечить виділення тепла, вологи та холоду, та вигідного планування приміщень. Щоб зменшити теплову навантаженість, на робочих підприємства передбачається повна автоматизація та механізація процесів та устаткування.

У приміщеннях, де присутні значні площі скляних поверхонь, передбачені заходи спеціального захисту від перегрівання при потраплянні променів сонця в теплий період (обладнання жалюзями, розташування віконних щілин та інші заходи) і радіаційного охолодження в зимовий час. Кімнати з надмірною кількістю тепла мають містити природну вентиляцію. Ліхтарі (аераційні) та вентиляційні канали повинні бути прямо над переважаючим джерелом теплового виділення. Механічну загальнообмінну вентиляцію встановлюють у разі неефективності або недієвості природної вентиляції [1]. Системи кондиціонування з власним регулюванням температури встановлюють у малих

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

приміщеннях (кабіни, кімнати відпочинку), а також у замкнених зонах (ізолювані бокси). За допомогою такого обладнання, яке захищає від надмірної дії тепла, вживають заходи з ізоляції нагрітих поверхонь та устаткування. До таких теплозахисних засобів відносяться:

- тепловбираючі;
- тепловідбивні;
- тепловідвідні;
- комбіновані.

Всі засоби підбираються в залежності від спектру випромінювання, що відповідають вимогам виробничого процесу. Коли неможливо через технічні засоби забезпечити прийнятні норми, використовують знаряддя, що спрямовані на зменшення дії шкідливих факторів виробництва – спеціальний одяг, взуття, спецзасоби для захисту відкритих та незахищених ділянок тіла. За своїм призначенням ЗІЗ (засоби індивідуального захисту) поділяють на:

- для постійної роботи, наприклад, в цехах – це спеціальний одяг, при ремонті гарячих агрегатів – спеціальна персональна система охолодження;
- для аварійних робіт – комплект, що має здатність відбивати тепло;
- для захисту від теплового опромінення ніг – спеціалізоване взуття для працівників розжарених цехів;
- для запобігання опіків рук – брезентові рукавиці;
- для захисту голови – каска захисна, полікарбонатні або текстолітові каски;
- для захисту очей, обличчя – захисні прозорі маски з екраном, захисні окуляри.

Щоб запобігти надмірному теплоутворенні в працівників за умов гарячого мікроклімату використовують оптимальний розпорядок праці і відпочинку. Якщо присутні такі мікрокліматичні умови, що допустимі величини перевищують, розпорядок праці та відпочинку створюють використовуючи робочий час. Тривалість перерв має бути не менше 11 % часу роботи працівника на кожні 2 °С

					123.КІ-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

перевищення, якщо температура повітря перевищує допустиму норму. Якщо, окрім температури повітря, вологість становить більше 75%, то перерви мають становити не <20 % від роботи. Коли збільшується потужність випромінювання тепла, яке становить більше 360 Вт/м² і випромінювання теплоти більше 25 % поверхні тіла, то тривалість безвідпочинкової праці і перерв встановиться так, як це наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3. Допустима тривалість безперервного опромінення та розпорядок перерв протягом години

Інтенсивність опромінення	Тривалість безперервного періоду опромінення	Тривалість перерв	Загальне опромінення протягом зміни
Одиниці вимірювання			
Вт/м ²	хв		%
360	20	8	до 50
700	15	10	до 45
1050	12	12	до 40
1400	9	13	до 30
1750	7	14	до 25
2100	5	15	до 15
2450	3,5	12	до 15

При виконанні ремонтних робіт всередині устаткування виробництва чи агрегатів за температури повітря від 28 до 40 °С і температурами огорожень до 45 °С притримуються режиму роботи та відпочинку відповідно до норм, які наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Тривалість циклів роботи та відпочинку при виконанні ремонтних робіт устаткування за температури повітря вище 28 °С

Температура повітря, °С	Тривалість періодів (одноразових), хв		Співвідношення роботи до відпочинку
	роботи	відпочинок	
28	36	24	1,5
30	34	25	1,33
32	32	26	1,2
34	30	27	1,1
36	28	28	1
38	26	29	0,9
40	24	30	0,8

При невідповідності мікроклімату у робочих приміщеннях людський організм зазнає певних фізіологічних змін, спрямованих на стабілізацію процесів метаболізму, викликаючи втрату натрію та води (ізо- та гіпертонічну дегідратацію), інших мікро-, макроелементів, значної кількості солей, що призводять до порушення обміну речовин, процесів теплоутворення та тепловіддачі, газообміну.

Наслідками усіх цих процесів є зниження розумового та фізичного потенціалу персоналу та відповідно ефективності праці. Щоб уникнути водно-сольових порушень проводяться спеціальні цільові огляди при прийомі на роботу (попередні) і в період роботи (періодичні). У таких приміщеннях, де на робочих місцях умови мікроклімату нижчі допустимої норми, для попередження переохолодження робітників в холодний період встановлюють повітряно-теплові завіси, а також тамбури-шлюзи:

- встановлюють певні просторі, що створюють умови для швидкого та ефективного обігріву кінцівок;
- регулюють режим праці та відпочинку, тому під час перерви впродовж 10 хвилин персонал може додатково зігрітися, випити гарячого чаю;
- видають засоби індивідуального захисту(взуття, рукавички, спецодяг).

1.3. Вимоги до методів вимірювання мікрокліматичних параметрів

Вимірювання мікрокліматичних параметрів проводиться на місцях праці та в робочій зоні. Вони проводяться на початку, всередині та в кінці зміни. У зв'язку з певними причинами (технологічними) можливі коливання кліматичних умов, тоді вимірювання проводять наступним чином: враховують найменші та найбільші зняті величини. Такі вимірювання обов'язково слід проводити не менше як 2 рази в році, зазвичай їх проводять у холодний та теплий періоди в році. Також проводять такі вимірювання при організації нових місць праці або модернізуванні старих, зміну конструкції поточного устаткування та підготовку до використання нового технологічного обладнання.

Вимірювання величин мікроклімату на місцях праці здійснюють від підлоги: у стоячому режимі на рівні 1,5 м, а в сидячому режимі на висоті від 0,5 до 1 м.

За наявності декількох джерел ІЧ випромінювання або значної площі інфрачервоного випромінювання на місці праці вимірювання виконується у напрямку максимального потоку, вимірювання проводиться від джерела через кожні 35 °С рухаючись кругом робочого місця. Приладами, які засновані на психрометричних принципах, вимірюють температуру та відносну вологість повітря. Швидкість руху повітря – анемометрами, в яких обертається ротор з лопатками, також розрізняють з півкулястими чашками. Величини менші 0,3 м/сек., та коли потоки повітря різноспрямовані, вимірюються кататермометрами (розрізняють кульові та циліндричні), електроанемометрами. За принципом

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

термоелектричного ефекту (зв'язок між електричним струмом і потоком теплоти в певних речовинах, контакт між ними) діють прилади, якими вимірюють температуру огорожувальних конструкцій або обладнань (поверхню цих конструкцій). Приладами з чутливістю в ІЧ діапазоні вимірюється інтенсивність опромінення теплового. Ці прилади діють за принципами фото-, термоелектричного ефектів. Нижче в табл. 1.5 наведено вимоги до приладів вимірювання (вимірювальні величини, їх діапазон та похибка, що допускається при вимірюванні).

Таблиця 1.5. Типові вимоги до приладів вимірювання

Величини	Одиниці вимірювальних величин	Діапазон	Допустима похибка
Відносна вологість повітря	%	Від 15 до 100	±5
Температура повітря	°С	Від -30 до +5	±0,1
Температура поверхні	°С	Від -30 до 100	±1
Швидкість руху повітря	м/сек.	Від 0,1 – 0,5 до 0,6 – 5	±0,1 - ±0,2
Інтенсивність ІЧ опромінення	Безрозмірна величина	10 – 20 000	±10 %

1.4. Шкідливі речовини, їх норма. Дія шкідливих речовин на людину

У сучасному світі більше 60 тис. різного роду хімікатів задіяні у виробництві того чи іншого типу ресурсів, без якого людство на даний момент не може уявити свого існування. Не обов'язково проводити аналогі між країнами Європи та Америки, адже ще донедавна Україна займала провідне місце по виробництв та експорту сталі. Аякже відходи, що викидаються в атмосферу. Аерозолі? Сполуки сірки? Тяжкі метали? Це все чинить несприятливий вплив на здоров'я соціуму, викликаючи онкологію, тяжкі захворювання дихальних шляхів,

									Арк.
									18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.КІ-41.14				

безпліддя , мутації генів, що викликають все нові і нові вади розвитку, лікування яких медицина залишається безсилою.

Ці речовини можемо назвати «повільними вбивцями» оскільки ефекту зазнають ще й майбутні покоління. Оксиди вуглецю, сірки, азоту, аміак, оксиди і солі важким металів – це найбільш розповсюджені види забруднень. Крім безпосередньої дії на здоров'я людини забруднюючі речовини руйнують наше навколишнє середовище. Посуха та пекельні вітри, що все частіше стають причинами пожеж, серед яких гине не тільки тваринний та рослинний світ, а й люди, повені, які зносять ґрунт та навіть будівельні конструкції. Вплив забруднення на навколишнє середовище призводить до вторинних дій шкідливих речовин на людину через продукти харчування. Країни вже зазнають важких економічних втрат у сфері сільського господарства, природних ресурсів, туризму.

У теперішній час міста світу викидають в атмосферу значну кількість різних аерозолів (більше 1 млрд. т щорічно). Лише самі електростанції викидають 110 - 125 млн. т золи та 60 млн. т сірчистого газу. У 2000 р. в Україні загальний викид в атмосферу склад 4000 тис. т, зокрема пилу – 730 тис. т, двооксиду сірки 977 тис. т, оксиду вуглецю та азоту – 1231 тис. т і 322 тис. т відповідно. Навколишньому середовищу значну шкоду приносять: металургія, авіаційний та автомобільний види транспорту, хімічні підприємства. Промислові викиди змінюють клімат, забруднюють довкілля, глобально руйнуючи людство, тому все частіше приходять до використання нетрадиційних джерел енергії, а саме: вітру, сонця, потенціал Землі, що так активно впроваджуються з надією все ж таки витіснити шкідливі речовини [2].

Контактуючи з організмом людини шкідливі речовини можуть викликати різні види захворювань та отруєнь. Зазвичай шкідливі речовини проникають в організм через дихальні шляхи, через шкіру або шлунково-кишковий тракт. Дія шкідливої речовини на людину буде залежати від її кількості в організмі, від властивостей речовини, а також від тривалості надходження в організм. Важливе значення становить взаємодія токсичної речовини з кров'ю або ферментами. Токсичний вплив на організм залежить від способів надходження і виведення з

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.KI-41.14				

організму, від статі та віку людини, від індивідуального сприйняття організмом. Залежно від виду речовини може нести різну дію: задушлива, нервово-паралітична, психотропна, дратівлива.

Щоб оцінити ступінь забруднення використовують наступну одиницю – мг/м³. Також можуть використовуватись - % і значення «ррт», яке задає кількість частинок речовини на мільйон частинок повітря). Нормування токсичних та шкідливих речовин визначають гранично-допустимими концентраціями (ГДК), одиницею мг/м³. ГДК на робочому місці – це така найбільша концентрація речовини, що людина отримає під час роботи тривалістю робочого дня або при більшій тривалості робочого процесу, але не більше дозволених годин на тиждень, не має викликати проблем та відхилень у здоров'ї людини.

За своїм впливом шкідливі речовини поділяють на наступні класи: надзвичайно, високо, помірковано і мало небезпечні. У навколишньому середовищі можуть бути присутні різні речовини, які несуть односпрямовану дію на організм, присутній так званий ефект сумації. Для того, щоб врахувати, чи відповідає повітря встановленим нормам застосовують наступну формулу [2]:

$$C_1/\text{ГДК}_1 + C_2/\text{ГДК}_2 + C_3/\text{ГДК}_3 + \dots + C_n/\text{ГДК}_n \leq 1, \quad (1.1)$$

де $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ – фактичні концентрації речовини;

$\text{ГДК}_1 \dots \text{ГДК}_n$ – гранично допустима концентрація речовини.

До речовин односпрямованої дії відносять фенол і сірчистий газ, двооксид азоту і сірчистий газ та інші.

Згубність пилу на організм, окрім свого хімічного складу, також несуть розміри часток та електричні властивості порошин. До найбільш небезпечних відносять частинки розміром 1...2 мкм, вони здатні осідати в легенях людини при їх вдиханні.

Також відома група пилу, яка несе специфічну дію на організм – фіброгенну. Потрапивши в легені такий пил утворює в легеневій тканині фіброзні вузли. Фіброзний вузол – це певна ділянка легеневої тканини, яка за grubila. У результаті за grubinnya ділянки тканини легені не можуть виконувати

									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.KI-41.14				

свої функції. Потрібно завчасно виявляти такі захворювання і міняти умови праці. Ці захворювання не піддаються лікуванню, розвиток хвороби можна тільки припинити. Захворювання таких форм об'єднують в групу – пневмоконіози. Також присутні захворювання, які утворені від речовин-винуватців, наприклад, захворювання азбестоз від пилу азбесту, силікоз внаслідок дії пилу з вмістом SiO₂. Існує значна кількість речовин (близько 45-50), пил яких здатен викликати подібні хвороби. Деякі види пилу (борошна, хрому, каніфолі, шкіри, вовни) можуть викликати таке захворювання як бронхіальна астма та алергічні реакції.

1.5. Системи контролю повітря та зменшення небажаного впливу токсичних речовин на робочих

Сучасними підходами для контролювання повітря в приміщенні є вентиляція, віднаходження джерела забруднення з наступним етапом його виведення та очищення.

Вентиляція – це такий обмін повітря, внаслідок його викидається забруднене, а замість нього доставляється свіжий потік. Виділяють наступні типи вентиляції: природна, механічна та змішана [2]. Щоб вентиляція надійно працювала потрібно дотримуватись наступного:

- об'єм повітря, яке приходить у приміщення, повинен дорівнювати об'єму витяжки. Також можливий більший приплив повітря, ніж той, що виводиться. Такий принцип використовують на тих виробництвах, де потрібно дотримуватись підвищених вимог до чистоти повітря в приміщенні (виробництво певного устаткування);
- найперше чисте повітря потрібно подавати в ті зони, де концентрація шкідливих речовин найменша, а виводити – де концентрація найбільша;
- вентиляція повинна бути безпечною та не спричиняти дискомфорту робітників;
- повинна бути економічно доцільною та надійною в користуванні.

									Арк.
									21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.КІ-41.14				

Для визначення повітрообміну в приміщенні потрібно знати конкретні умови.

Умова 1. У приміщенні нормальні мікрокліматичні умови та немає шкідливих речовин. У такому випадку повітрообмін обчислюється (1.2):

$$L = n \cdot L', \quad (1.2)$$

де n – число працівників;

L' - кількість витраченого повітря на одного працівника.

Умова 2. Щоб вивести шкідливі речовини та зменшити їх виділення до допустимих концентрацій, повітрообмін розраховують за допомогою балансу між наявними шкідливим речовинами та тими, які виводяться з приміщення. Формула для розрахунку (1.3):

$$L = G_{\text{шпр}} / (C_{\text{вив}} - C_{\text{пд}}), \quad (1.3)$$

де $G_{\text{шпр}}$ - загальна маса шкідливих речовин, мг/год, $C_{\text{вив}}$ - концентрація шкідливих речовин, які виводяться, $C_{\text{пд}}$ - концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається.

Умова 3. Коли потрібно вивести надлишкове тепло, то повітрообмін дорівнюватиме взаємодії тепла з обсягом повітря, що подається, та визначається за допомогою формули (1.4):

$$L = Q_{\text{над}} / (\rho_{\text{пд}} \cdot c_{\text{п}} (t_{\text{вив}} - t_{\text{пд}})), \quad (1.4)$$

де $Q_{\text{над}}$ - надвишкові видалення тепла (дорівнює різниці сумарного надходження тепла та тепла, що виводиться за рахунок теплових втрат);

$\rho_{\text{пд}}$ - густина повітря, що подається ($\text{кг}/\text{м}^3$);

$c_{\text{п}}$ – теплоємність повітря;

$t_{\text{вив}}$ і $t_{\text{пд}}$ - температури вивідного та повітря, яке поступає.

1.5.1. Природна вентиляція

Природною вентиляцією називають такий рух повітря, внаслідок якого утворюється різниця температур зовні та всередині. Щоб розрахувати тепловий напір (Па) використовують наступну формулу (1.5):

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$\Delta P_T = gh(\rho_3 - \rho_B), \quad (1.5)$$

де g – прискорення вільного падіння;

h – відстань між центральними отворами, припливним та витяжним;

ρ_3 і ρ_B – густини повітря зовні та всередині.

Відоме таке поняття як природне провітрювання (інфільтрація). Воно характеризується заміною повітря внаслідок особливостей будівельних конструкцій. Інфільтрація здійснюється різницею зовнішніх та внутрішніх тисків та залежить від напрямку вітру, його сили, різниці температур повітря (зовні та всередині), площі фільтрації. Таку вентиляцію ще називають неорганізованою.

Щоб повітрообмін був постійним використовують організований тип вентиляції. До організованого типу вентиляції належить аерація. Аерація забезпечує приплив на відплив повітря через ліхтарі (спеціальні пристрої) та через фрамуги вікон.

Перевага аерації в тому, що такий повітрообмін проводиться без використання механічної енергії. Аерація, окрім переваг, має й недолік. Її ефективна дія значно знижується в теплі періоди року. Також до недоліків відноситься й те, що повітря ніяк не очищується та не охолоджується. Неочищене повітря виводиться в атмосферу та спричиняє її забруднення. На рисунку 1.1. наведена схема аерації в літній та зимовий періоди.

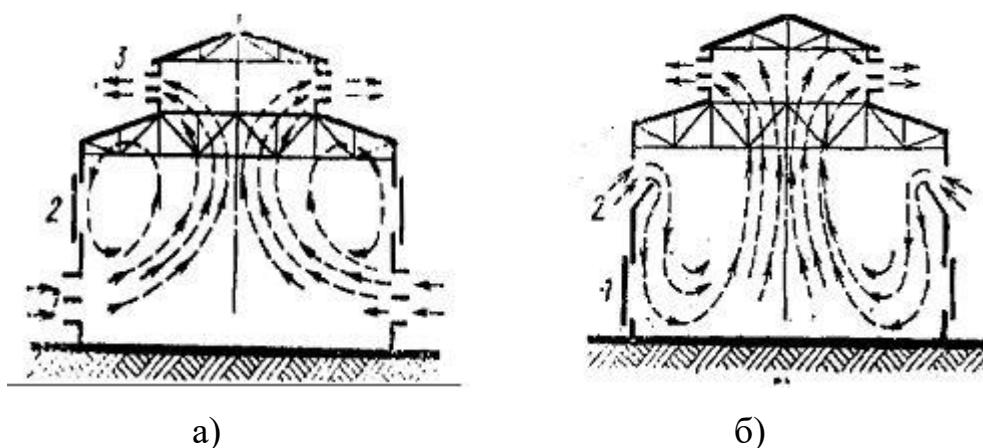


Рис. 1.1. Схема аерації:

а – літній період; б – зимовий період

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

1.5.2. Механічна вентиляція

Механічною вентиляцією називається така, яка керує потоками повітря за допомогою механізованих систем. Розрізняють припливну вентиляцію – для введення повітря в приміщення та витяжну – для виведення з приміщення. Є певні системи вентиляції, які одночасно виконують ці дві дії (вводять та виводять повітря). Такий тип носить назву припливно-витяжної вентиляції. Для того, щоб скоротити витрати на прогрівання приміщення, до свіжоподаного повітря домішують частину, вилучену з цього приміщення (застосовують так звану рециркуляцію).

Також розрізняють загальнообмінну та місцеву типи вентиляцій. Коли шкідливі речовини розподілені по всьому приміщенні, то ефективну дію нестиме загальнообмінна вентиляція, яка підтримувати необхідний рівень чистоти. У приміщення, в яких присутні локальні робочі, вентиляцію застосовують тільки в місцях знаходження людей [2]. З економічної точки зору вигідніше уловлювати токсичні речовини в місцях їх утворень, запобігаючи розпиленню по приміщенні. Такий тип вентиляції носить назву – місцева. Також облаштовують системи аварійної вентиляції, у тих приміщеннях, де можливий раптовий витік великої кількості шкідливої речовини.

У механічному типі вентиляції рух повітря забезпечується здебільшого повітродувними машинами вентиляторного виду. В окремих випадках застосовують ежектори – насоси для відсмоктування.

В основному застосовують осьові та відцентровані вентилятори. Осьові вентилятори складаються з циліндра, в якому знаходиться лопаткове колесо. При його обертанні припливне повітря надходить у вентилятор та переміщується в напрямку осі.

Переваги:

- простота в конструюванні;
- значна продуктивність (залежить від розмірів);
- можливе керування продуктивністю та реверсування повітряного потоку.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Недоліками є значний шум при роботі та малий тиск (до 300 Па).

Основу відцентрового вентилятора складає спіральний корпус, де розміщене лопаткове колесо. Повітря приходить через вхідний отвір при обертанні колеса і потрапляє в канали, що розташовані між лопатками колеса. За допомогою відцентрової сили повітря проходить по каналах, далі збирається в купу та виходить через вихідний отвір. Такі вентилятори виготовляють з різних матеріалів і можуть бути різної конструкції, це залежить від самого вмісту повітря, яке буде переноситись даними вентиляторами. 1000 Па – це тиск, який може досягти відцентрований вентилятор. Але частина цього тиску буде втрачатись, коли вентилятору буде потрібно долати опори в повітропроводі при перенесенні повітряних мас. Щоб встановити вентиляційну систему, потрібно знати її складові частини:

- пристрої збирання повітря;
- пристрої викиду повітря (знаходяться зовні будинку);
- пристрої, призначені очищати повітряні маси від газів та пилу;
- пристрій підігріву повітря (використовується в холодний період);
- вентилятор;
- засоби введення та виведення повітря;
- різного виду дроселі, засувки.

Для розрахунку вентиляційної мережі визначають втрати тиску при проходженні повітря через повітропровід (втрати через фільтри, згини, зміни площ, втрати через тертя повітря). Максимальні втрати тиску дорівнюють сумі всіх втрат на певних ділянках.

Вентиляційну мережу створюють за таким принципом:

1. Мережа створюється залежно від типу приміщення, місць праці.
2. Визначають опір мережі, для цього беруть найдовшу магістраль.
3. Підбирають вентилятор та електродвигун.

Перерахунок створеної мережі роблять за умови, коли опір мережі занадто великий. Тоді проводять збільшення повітропроводів.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

1.5.3. Кондиціонування

Для підтримування належних умов, а саме: температури і вологості, чистоти повітря і його швидкості – використовують кондиціонування. Кондиціонування повітря повинно автоматично підтримувати всі задані параметри. Повітря потрібно нагрівати чи охолоджувати, зволожувати чи осушувати, також очищати від забруднення, проводити дезінфекцію та ін. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ системою кондиціонування повітря повинна підтримуватись належна мікрокліматична обстановка та відповідна чистота повітря.

Кондиціонування виконується за допомогою великою системи кондиціонування повітря (СКП). Ця система складається з пристроїв контролю та автоматики, переміщення та розподілу повітря. Також дана система повинна забезпечуватись дистанційним керуванням. Всі ці пристрою знайшли своє поєднання в одному технологічному виробі – кондиціонері.

Розрізняють наступні види устаткування кондиціонування повітря:

- центральні (встановлюють для декількох приміщення);
- місцеві (невеличкі приміщення);
- спеціально розроблені кондиціонери, які використовують для окремих місць праці.

Центральні види кондиціонерів збирають залежно від потреб підприємства, їх продуктивності (може становити більше 25000 м³/год). Такі кондиціонери збирають та обробляють повітря, також роздають його повітропроводами в потрібні приміщення. Холодну воду та холодильне устаткування використовують для охолодження повітряних мас, калорифери – щоб підігріти це повітря.

Розрізняють автономні та неавтономні місцеві СКП. Автономні системи вимагають лише електричного підключення до мережі, також необхідне постачання води і вихід до каналізаційних систем. Неавтономні – потребують ще додаткових систем для отримання тепла та холоду.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

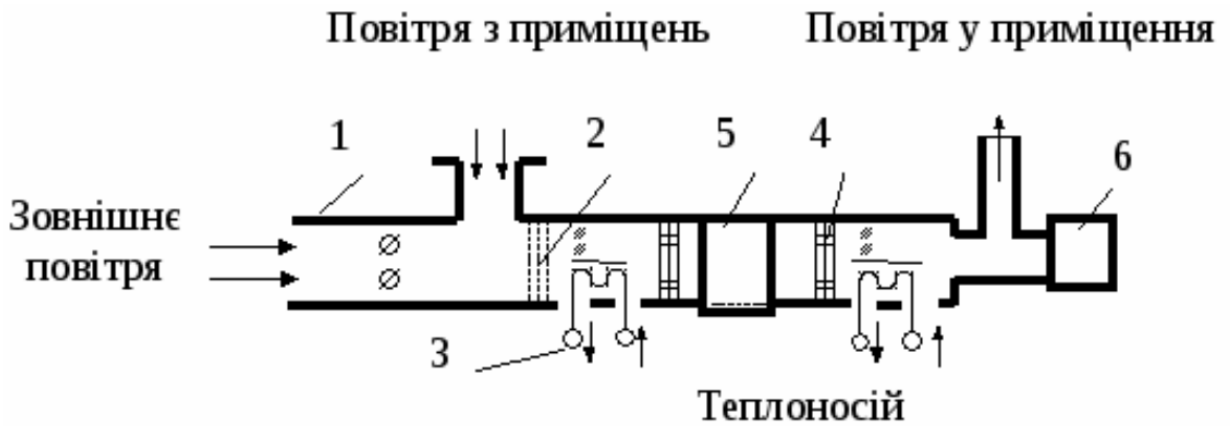


Рис. 1.2. Схематична будова кондиціонера:

- 1- корпус; 2 – фільтр для очищення; 3-пристрій нагріву повітря; 4 – крапле утворювач; 5- охолоджуюча камера зволоження; 6 – вентилятор

Віднедавна почали застосовувати спліт-системи, цей тип кондиціонерів відносять до місцевих. Він складається з двох блоків. Один блок знаходиться в приміщенні (фільтр, вентилятор, випаровувач), а інший – ззовні (компресор, конденсатор, вентилятор). Принцип дії такий: подають фреон на вхід компресора, де він стискається. При стисканні фреон нагрівається і надходить в конденсатор. Зовнішній вентилятор обдуває цей фреон та охолоджує його (фреон переходить в летку фазу). Потім цей фреон йде до випаровувача [2]. У випаровувачі здійснюється процес випаровування з поглинання тепла, тоді температура цього випаровувача зменшується. У процесі цього повітря охолоджується та направляється в приміщення внутрішнім вентилятором. Цей процес повторюється. Щоб очистити це повітря використовують фільтри, бо дана система не подає свіже повітря. Також існують реверсивні типи спліт-систем, вони призначені для нагрівання повітряних мас.

					123.KI-41.14	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ВИБІР КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ ТА СЕРЕДОВИЩА ПРОГРАМУВАННЯ

2.1. Вибір мікроконтролера

При виборі мікроконтролера я зупинився на ESP32. Останній часом цей мікроконтролер став дуже популярним. Він прийшов на заміну ESP8266 та розроблений тією ж компанією Espressif Systems.

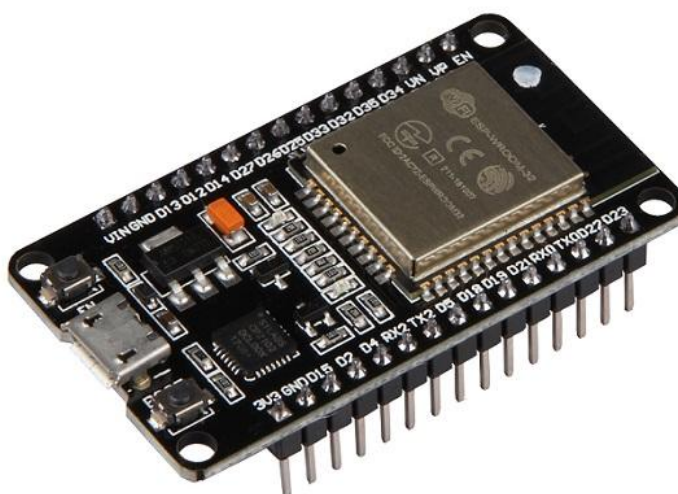


Рис. 2.1. Вигляд плати ESP32 DevKit з модулем ESP32-WROOM

У порівнянні зі своїм попередником, ESP32 отримав збільшений об'єм пам'яті 512 Кб (тільки 160 Кб мав ESP8266). Також можна виділити усунення головного недоліку попередника – це збільшення кількості виводів GPIO. У ESP32 присутня збільшена кількість АЦП каналів – 18, вони 12-розрядні. Вхідів ЦАП – 2, вони 8-бітні. Потужний 32-розрядний процесор показує шалену швидкість, яку помітно при завантаженні сторінок з надмірним вмістом графіки. У даному мікроконтролері присутні наступні апаратні інтерфейси для комунікації з різного виду пристроями: 4*SPI, 3*UART, 2*I²C і 2*I²S. Можна виділити, що всі піни вводу-виводу працюють з ШІМ (широко-імпульсна модуляція). Присутня значна кількість сенсорних датчиків (10) та датчик температури [3]. Даний мікроконтролер популярним своїм наднизьким енергоспоживанням, в режимі «глибокий сон» споживає 5-2,5 мкА. Його основна перевага над платами Arduino

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.KI-41.14				

– це наявність інтегрованих модулів Wi-Fi та Bluetooth, які дуже цінні та зручні для передачі даних. Передача даних такими модулями забезпечується криптографічним шифруванням [4].

Не все буває ідеальне. Недоліком є те, що ESP32 не так давно з'явився і не має ще повної підтримки всіх сенсорів та периферії. Однак, ця проблема вирішиться найближчим часом, про це свідчить велика популярність даного мікроконтролера та його значні переваги в побудові систем різних рівнів складності.

2.2. Вибір датчика температури та вологості

DHT22 – це популярний датчик для визначення вологості та температури [5]. Основу датчика складають ємнісний датчик вологості та термістор. Цікавим є те, що датчик містить в собі АЦП (аналогово-цифровий перетворювач), щоб зібрані аналогові величини температури і вологості перетворити в цифрові. DHT22 використовує для зв'язку одну шину, але ця шина відрізняється від шини Dallas Semiconductor. Протокол зв'язку датчиків роду DHT інший.

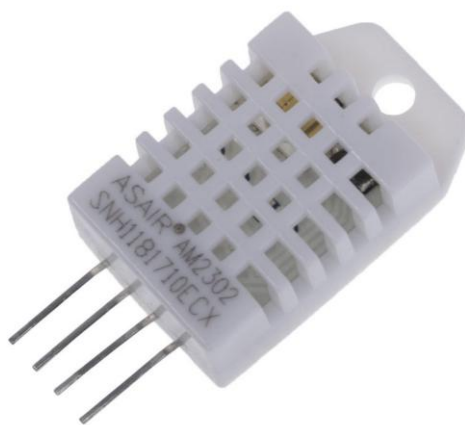


Рис. 2.2. Вигляд датчика DHT22

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Такий тип давача, у порівнянні з DHT11, є більш точним. При порівнянні параметрів цих давачів можна помітити наступне:

- DHT22 має кращу точність вимірювання як для температури (точність складає $\pm 0,5$ °C), так і для вологості ($\leq 5\%$);
- захоплює весь діапазон вимірювання вологості (від 0 до 100%);
- набагато більший діапазон вимірювання температури (-40 °C ...+80 °C) та можливість вимірювання від'ємних значень температурних величин.

Нижче у табл. 2.1. наведене порівняння двох давачів DHT11 та DHT22.

Таблиця 2.1. Порівняльний аналіз давачів сімейства DHT

Параметри	DHT22		DHT11		Вимірювальні одиниці
	мін.	макс.	мін.	макс.	
Здатність вимірювання температури	-40	80	0	50	°C
Здатність вимірювання вологості	0	100	20	80-95	%
Точність при вимірюванні температури	$\pm 0,5$		± 2		°C
Точність при вимірюванні вологості	2-5		5		%
Напруга живлення	3	5,5	3	5,5	В
Споживаний струм	0,05	2,5	0,1	2,5	мА
Частота вимірювання	0,5		1		Гц

Перевагою DHT22 є його ультранизьке споживання енергії (від 0,05мА до 2,5мА) та ще, що він може працювати при значно довгому дроті. Недоліком є затримка при передачі даних у 2 секунди.

2.3. Вибір датчиків широкого спектру виявлення газів, диму та чадного газу

MQ-2 – це широко поширений датчик, який використовують у різних проєктах для виявлення газу та диму. Цей датчик здатний виявляти в повітрі вуглеводні гази (пропан, бутан), дим (частки диму, що є результатом горіння), здатний виявляти задимлення. Вигляд датчика можна побачити на рис. 2.3.

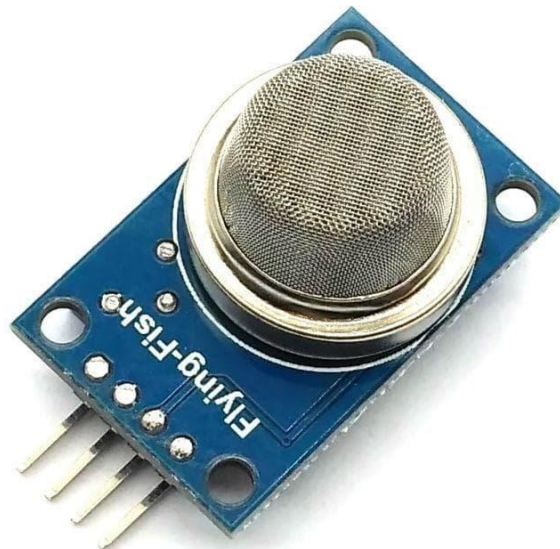


Рис. 2.3. Датчик виявлення газу та диму MQ-2

Датчики сімейства MQ досить прості у використанні та їм властиво мати 2 різних виходи (аналоговий та цифровий). Цифровий вихід видасть нам логічну «1», коли на аналоговому виході встановиться порогове значення. Щоб перевірити, чи встановилось порогове значення використовується високоточний компаратор, який впаяний на нижній стороні датчика. Цифровий вихід буває досить корисним, коли потрібно запустити якусь дію чи включити певний пристрій після досягнення порогового значення. Біля компаратора знаходиться

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

потенціометр, з його допомогою можна налаштувати чутливість давача, наприклад, можна тримати давач біля певного газу та, крутячи потенціометр, побачити, коли спалахне червоний (на деяких зелений) світлодіод. Цією дією ми забезпечимо регулювання концентрації домішок, при якій MQ-2 почне цю концентрацію бачити.

Цей модуль живиться від 5 В та струм споживання становить 180 мА. Чутливість до концентрації шкідливих газів та диму визначається в такому діапазоні: 300 – 10000 ppm. Здатний працювати при температурах від -10 до +50 °С.

MQ-7 – це ще один тип давачів сімейства MQ. Він здатний виявляти присутність чадного газу (CO) в повітрі [6]. Чадний газ здатний утворюватись внаслідок неповного згоряння палива. Такий газ надзвичайно шкідливий (не має запаху, кольору) та дуже часто приводить до трагічних наслідків. Давач чадного газу широко застосовується не тільки на промислових об'єктах, але й приватних будинках. За будовою він майже не відрізняється від інших давачів сімейства MQ. Вигляд MQ-7 можна побачити на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Давач чадного газу MQ-7

У ньому присутній нагрівальний елемент, за допомогою цього нагрівального елемента проходить хімічна реакція. Після проходження хімічної

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

взаємодії отримується інформація про концентрацію CO. Як можна побачити з рис. 2.4. MQ-7 має також аналоговий і цифровий вихід (пінів загалом 4 – живлення, земля, цифровий та аналоговий виходи). Цими виходами можна користуватись аналогічно як з виходами MQ-2.

З параметрів варто зазначити діапазон вимірювальної здатності, який становить від 20-20000 ppm, струм споживання 150 mA. Вологість при використанні повинна становити не більше 95%. На якісь вимірювання значно впливає температура та вологість, тому перед використанням необхідно скорегувати вплив даних чинників.

2.4. Вибір давача пилу

Для виготовлення системи моніторингу було вибрано оптичний давач пилу GP2Y1014AU0F компанії Sharp [7]. Такий давач можна використовувати постійно, завдяки його малому споживанню струму (максимальне значення може становити до 20 mA). Вигляд давача пилу можна побачити на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Вигля давача пилу та диму GP2Y1014AU0F в корпусі

Цей модуль здатний виявляти найрізноманітніші частинки, мінімальний розмір пилу становить 0,5 мкм. Його принцип роботи наступний: ІЧ-світлодіод

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

випромінює світло, яке прийматиме інфрачервоний приймач. Приймач прийме тільки те світло, яке буде відбиватись від частинок пилу, що знаходяться в повітрі. ІЧ-світлодіод та приймач розташовані біля наскрізного отвору, який призначений для впуску повітря [8].

До переваг можна віднести його компактність, він легко встановиться в маленький пристрій та не займатиме велику площу. Також варто зазначити час сканування пилу, який становить менше однієї секунди. Перевагою також є його висока чутливість, він здатен відчувати навіть сигаретний дим. GP2Y1014AU0F може знадобитись і в домашньому використанні, його легко відкалібрувати для збільшення точності вимірювань.

2.5. Вибір способу виведення даних

Дані, які буде приймати мікроконтролер від усіх датчиків, зручно виводити на дисплей. Такий дисплей може бути й незначних розмірів, головне компактність виведення, хороша чіткість та контрастність зображення. Щоб задовольнити ці вимоги, було прийнято рішення використовувати графічний 1.3 дюймовий OLED дисплей з розширенням 128 на 64 точки. Вигляд дисплею поданий на рис. 2.6.

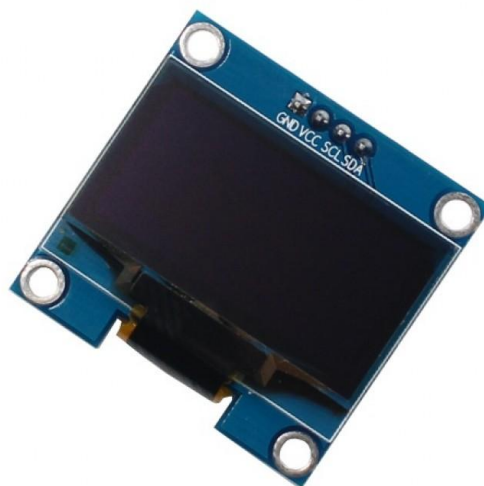


Рис. 2.6. Вигляд графічного OLED дисплею

Технологія побуду такого дисплею забезпечує наступне:

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- хороша контрастність зображення;
- кут огляду, який становить більше 160 °;
- здатний працювати при напрузі 3,3 В.

Такі типи графічних дисплеїв можуть працювати по найрізноманітніших протоколах, але мною було вибрано високошвидкісний протокол I2C, якому для роботи потрібно тільки 2 проводи. Також дані графічні пристрої працюють з найрізноманітнішими бібліотеками.

Найбільшою перевагою можна відзначити його кут огляду та контрастність. Це забезпечить найкраще та найзручніше зчитування інформації навіть при потраплянні променів світла на нього. Також присутній несуттєвий недолік, який ніяк не впливає на роботу дисплея, - він монохромний.

2.6. Обґрунтування вибору середовища програмування

2.6.1. Огляд офіційного середовища для розробки компанії Espressif

Щоб забезпечити розробку програмного забезпечення для ESP32, компанія-виробник випустила власний фреймворк - IoT Development Framework, скорочено називають ESP-IDF. Перші версії середовища були доступні вже наприкінці 2016 року. З кожним роком виходять нові версії, в яких програмний продукт отримує оптимізацію та оновлення бібліотек. ESP-IDF отримав досить зрозумілу документацію та багато прикладів [9]. Основним недоліком є багатоступеневе налаштування програмного забезпечення, яке включає в себе наступне:

1. Встановлення Toolchain – набору інструментів для створення програм шляхом компіляції коду.
2. Отримання API, який включає бібліотеки та вихідні коди.
3. Для збірки проєктів необхідно встановити змінне оточення (для доступу до ESP-IDF).
4. Створення та конфігурація проєкту.

На рис. 2.7. можна побачити етапи розробки програмного забезпечення.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

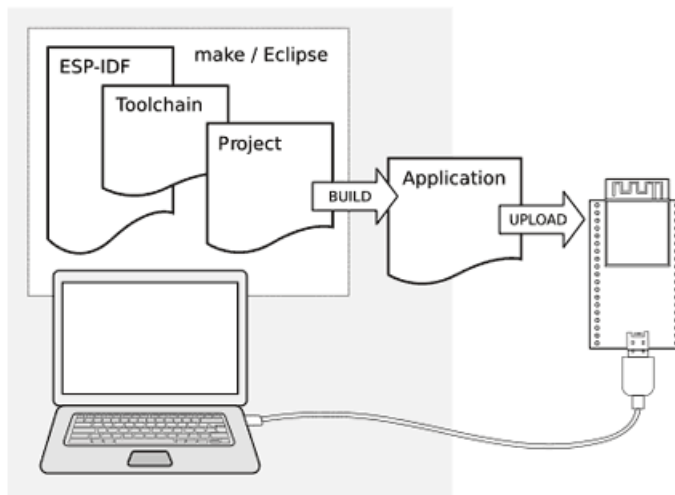


Рис. 2.7. Принцип розробки програми середовищем ESP-IDF

Середовище задовольняє всі вимоги для розробки програмного забезпечення та отримує оновлення, які вирішують наявні проблеми і приносять покращення. Але воно не всім зручне, так як на даний час є значна кількість альтернатив, які простіші у використанні.

2.6.2. Огляд середовища Espruino

Espruino становить цілу екосистему для програмування мікроконтролерів. Програмування здійснюється за допомогою мови JavaScript. Дуже зручним є спеціальний додаток для Google Chrome, який цим приносить підтримку середовища для всіх операційних систем. Сам код програми можна писати як в додатку, так і підключати різні текстові редактори. Для цього середовища властиво 3 види бібліотек, а саме: стандартні, вбудовані та зовнішні. Особливу зацікавленість до себе привертають зовнішні бібліотеки - їх можуть писати всі охочі, навіть прості користувачі Espruino. Ці бібліотеки можуть зберігатись де завгодно, користувачу перед запуском скетчу непотрібно шукати певну бібліотеку для роботи пристрої та ставити її у відповідну директорію, середовище розробки саме розбирється з вирішенням даної проблеми.

На рис. 2.8. зображене вікно програми, яке запускається з браузера Google Chrome.

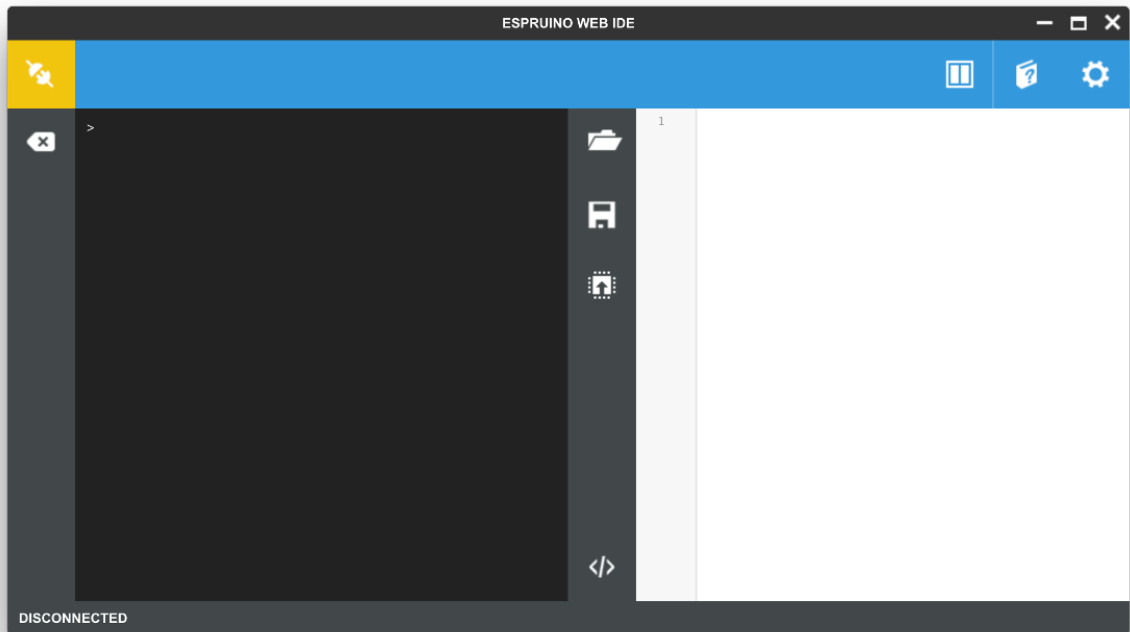


Рис. 2.8. Вигляд вікна середовища Espruino Web IDE

Також доступне програмне забезпечення для завантаження на Windows, але зручність встановлення та налаштування веб-версії робить очевидний вибір.

Хоч як багато б не було переваг, завжди знайдуться недоліки. Для деякого недоліком можна вважати незнання мови програмування JavaScript, тому середовище може не підійти. Також частина можливостей ще не повністю реалізована для ESP32, але Espruino – це відкрите програмне забезпечення, де кожен може внести свій невід’ємний вклад в удосконалення вже надзвичайно популярного та зручного середовища розробки.

2.6.3. Середовище Arduino IDE

Arduino IDE – полярне середовище для розробки програмного забезпечення та програмування мікроконтролері [10]. Середовище має досить просту структуру, завдяки якій дуже швидко освоюється програма та здійснюється перехід до розробки. На рис. 2.9. зображено вікно програми.



Рис. 2.9. Вікно середовища розробки Arduino IDE

Arduino IDE складається з вбудованого текстового редактора, консолі, з кількох кнопок, які призначені для компілювання коду та вивантаження в плату. Важливою особливістю програми є наявність вбудованих прикладів, їх можна зразу відвантажити в мікроконтролер та побачити виконання. Також можна легко зберегти приклад під своїм іменем та змінити його, удосконалити [10].

Перевагою цього середовища є можливість виконувати відвантаження не тільки в Arduino-сумісні девайси, в Arduino IDE можна додавати плати інших виробників. Це досить зручно для тих користувачів, які працювали в цьому середовищі з одними платами і перешли на використання інших, їм не потрібно заново вивчати програму, потрібно тільки додати підтримку своєї плати в спеціальному менеджері.

Незначним недоліком є неповна підтримка ESP-32 в Arduino IDE, але ніяких труднощів не виникне, бо всі основні функції працюють справно. Найчастіше проєкти для ESP32 розробляються на Arduino IDE і Espruino. Мною

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

було вибране середовище Arduino IDE через його простоту використання та підтримувану мову програмування Сі та С++.

2.7. Огляд подібних пристроїв для моніторингу

2.7.1. Аналізатор частинок GM8803

Для порівняння з виготовленим пристроєм було розглянуто портативний аналізатор концентрації пилу та твердих частинок GM8803 компанії Venetech. Вигляд аналізатора можна побачити на рис. 2.10.



Рис. 2.10. Аналізатор концентрації твердих частинок та пилу GM8803

Пристрій надзвичайно точний, присутні 2 канали для аналізування частинок: до 2,5 мкм та до 10 мкм, мінімальний розмір опізнаної частинки становить 0,3 мкм, а сам діапазон вимірювання від 0 до 4999 мкг/м³. З рис. 2.10. можна побачити великий дисплей та додаткову функції вимірювання температури в діапазоні від 0 °С до 50 °С. Також аналізатор вимірює відносну вологість в діапазоні від 10 % до 90 %. Час вимірювання всіх величин портативного пристрою становить менше 10 с.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

У порівнянні з виготовленим, перевагою цього пристрою є більший діапазон вимірювання концентрації шкідливих частинок та 2 канали для аналізу цих частинок. Виготовлений пристрій хоч і має трохи гірші параметри у визначенні якості повітря, але більш функціональний. Він здатний визначати наявність чадного газу, концентрацію вуглеводний газів. Також винахід покриває весь діапазон вимірювання вологості та має набагато ширший діапазон вимірювання температури. Основною перевагою розроблюваного пристрою є ціна.

2.7.2. Газоаналізатор ST8900

ST8900 - це професійний вимірювач від фірми Smart Sensor, який містить в собі 4 датчики для вимірювання концентрації різних типів газів, а саме: вибухонебезпечних (пропан, метан, бутан), чадного газу, сірководню та концентрації кисню. На рис. 2.11. можна побачити сам вимірювач.



Рис. 2.11. Газоаналізатор ST8900

Газоаналізатор має великий дисплей, обладнаний звуковою та світловою сигналізаціями, які спрацюють при перевищеннях величин моніторингу. В аналізаторі присутня можливість калібрування датчиків.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Перевагою над виготовленим пристроєм є більша кількість аналізованих газів. Цей недолік можна легко виправити, додавши кілька датчиків у виготовлюваний вибір. Недоліком є відсутність моніторингу температури та вологості, відсутність визначення якості повітря. Також значним недоліком є його ціна, яка становить близько 6 тисяч гривень. Нижче в табл. 2.2. наведена порівняльна характеристика виготовленого пристрою з оглянутими аналогами.

Таблиця 2.2. Порівняльна характеристика вимірювальних можливостей пристроїв

Функції	Аналізатор частинок GM8803	Газоаналізатор ST8900	Виготовлюваний виріб
Вимірювання температури та вологості	+	-	+
Детектор чадного газу	-	+	+
Виявлення вибухонебезпечних газів	-	+	+
Аналіз частинок до 2,5 мкм та до 10 мкм	+	-	Тільки до 2,5 мкм
Працює від батареї	+	+	-
Можливість збільшення кількості вимірювальних величин додаванням датчиків	-	-	+

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

У цьому розділі описується створення системи моніторингу на основі мікроконтролера ESP32, який буде приймати дані від давачів диму та газу (MQ2, MQ7), давача підвищеної точності температури та вологості (DHT22), аналізатора якості повітря (GP2Y1014AU0F) та виводи ці дані на OLED дисплей. Система також матиме маленький високочастотний динамік та світлодіод, які сповіщатимуть звуковою і світловою сигналізацією про перевищення забруднення повітря. У наступних підрозділах буде описана підготовка мікроконтролера для роботи з середовищем та давачами, особливості роботи з деякими давачами, розробка принципової схеми і друкованої плати. У кінці буде представлено функціональний пристрій.

3.1. Налаштування підтримки ESP32 в середовищі програмування Arduino IDE

Дане середовище було вибране завдяки його простоті використання та стабільності роботи. Arduino IDE має власний менеджер плат, де потрібно буде додати підтримку вибраного мікроконтролера [11]. У налаштуваннях середовища потрібно додати URL-посилання, за допомогою якого буде додана можливість завантажити в менеджері плат пакету підтримки. Після цього можна підключити ESP32 до комп'ютера та побачити автоматичне встановлення драйверів. Відкривши середовище, в менеджері плат можна вибрати свою, вибрати відповідний порт, до якого підключений мікроконтролер, та приступати до програмування [12]. На рис. 3.1. можна побачити додану різноманітну підтримку плат, серед яких і DOIT ESP32 DEVKIT V1.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

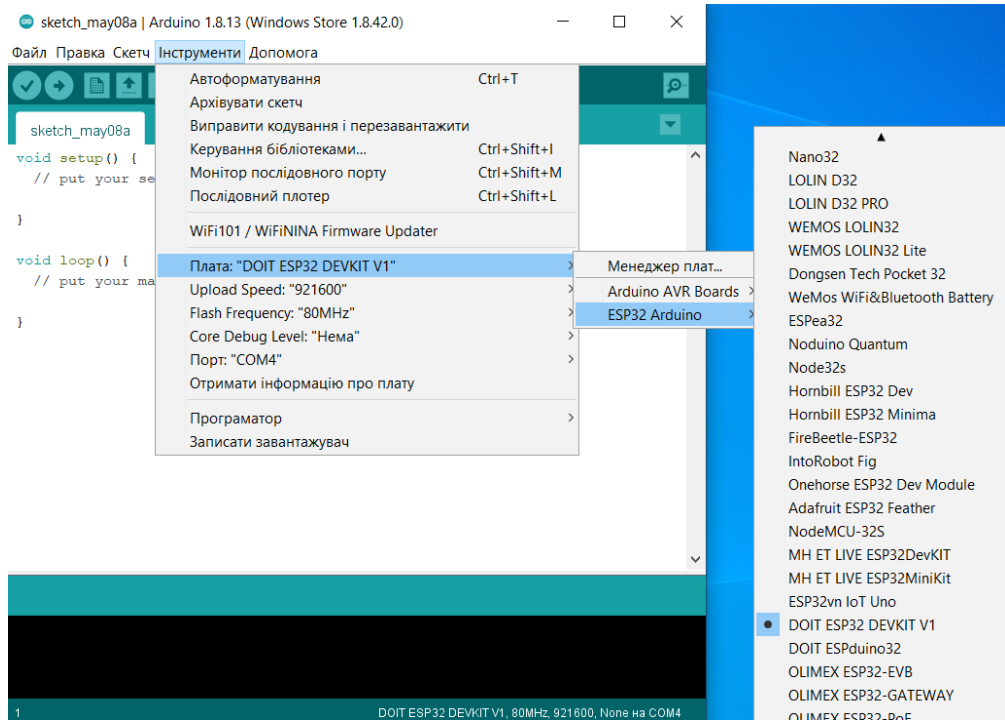


Рис. 3.1. Вигляд вікна вибору плат для програмування

3.2. Підключення периферії до мікроконтролера

3.2.1. Підготовка до роботи з датчиком температури та вологості

DHT22 містить 4 виводи, з яких будуть використовуватись тільки 3, а саме:

- 1 – живлення 5 В;
- 2 – передача даних;
- 3 – не використовується;
- 4 – земля.

Між виводами живлення та передачі даних потрібно використовувати підтягуючий резистор номіналом 4,7 кОм. На рис. 3.1. зображений фрагмент підключення датчика.

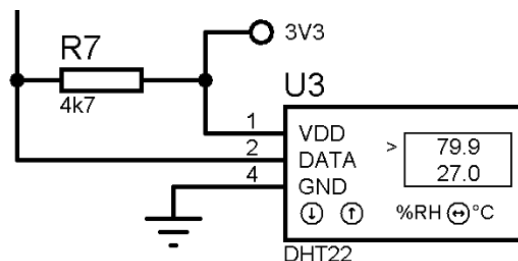


Рис. 3.1. Фрагмент підключення DHT22

Для підключення до мікроконтролера використовується пін GPIO15. З даним давачем досить легко працювати, оскільки вже присутні готові бібліотеки, які потрібно додати. Вони автоматично підключаються при компілюванні коду.

3.2.2. Налаштування та підключення давачі сімейства MQ

У створенні системи моніторингу задіяні MQ2 і MQ7. Піни цих давачів аналогічні:

- 1 - живлення 5 В;
- 2 – земля;
- 3 – цифровий вивід;
- 4 – аналоговий вивід.

Принцип роботи з такими давачами простий: буде зчитуватись аналогове значення з їх аналогових виводів, обробляється мікроконтролером та виводиться у зручному вигляді. Для підключення MQ2 і MQ7 вибрані піни GPIO14 і GPIO12 відповідно. Також, як можна побачити з принципової схеми (аркуш 5), що пін GPIO13 вже зарезервований для майбутнього удосконалення системи, шляхом додавання давача того ж сімейства MQ або інших. Перед використання нові сенсори потрібно прогріти протягом 48 годин для калібрування.

3.2.3. Підключення давача пилу

Sharp GP2Y1014AU0F сенсор відповідає у системі за аналіз кількості пилу в повітрі. Піни до мікроконтролера підключені наступним чином:

- 1 – подається живлення 5 В з використанням резистора на 150 Ом;
- 2 – земля;
- 3 – вивід для підключення до цифрового порту мікроконтролера;
- 4 – земля;
- 5 – вивід для підключення до аналогового порту мікроконтролера;
- 6 – живлення 5 В.

Незважаючи на велику кількість провідників для підключення, сам процес не складний та робота з давачем проста, принцип робота давача був описаний в

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

розділі 2 при виборі периферії. На рис. 3.2. показано фрагмент підключення сенсора.

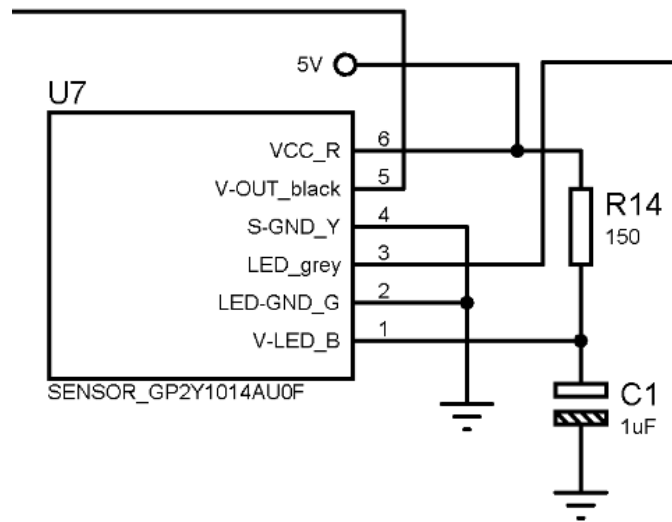


Рис. 3.2. Фрагмент підключення GP2Y1014AU0F

Для підключення виводу 3 до мікроконтролера використаний пін GPIO2 (працюватиме як цифровий), а для виводу 5 - пін GPIO27 (працюватиме як аналоговий).

3.2.4. Підключення OLED дисплея

Як зазначалось в розділі 2, було вибрано дисплей, який працює за допомогою інтерфейсу I²C. Цей інтерфейс потребує тільки 2 сигнальних провідника. Схема виводів наступна:

- 1 – земля;
- 2 – живлення 3,3 В;
- 3 – SCL;
- 4 – SDA.

Вивід SCL буде підключений до піна мікроконтролера GPIO22, а вивід SDA до GPIO22. Також використані підтягуючі резистори між шиною даних та живленням для стабілізації сигналу. Фрагмент підключення OLED дисплея можна побачити на рис. 3.3.

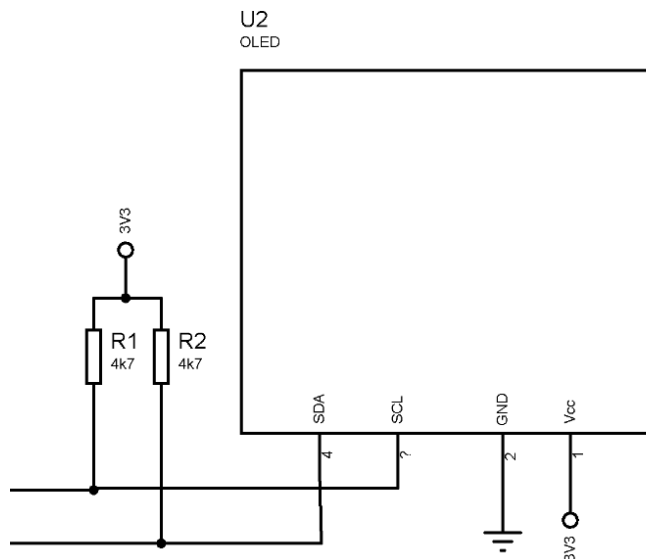


Рис. 3.3. Фрагмент підключення дисплея шиною I²C

Для початку роботи з дисплеєм потрібно підключити бібліотеку для роботи. Була вибрана бібліотека u8g2. Підключення виглядає наступним чином:

```
#include <U8g2lib.h>
```

Далі прописується тип підключення дисплею

```
#ifdef U8X8_HAVE_HW_I2C // назва шини, по якій передаватимуться дані
```

```
#include <Wire.h> // підключення бібліотеки для зв'язку I2C
```

```
#endif
```

Наступним чином проводиться ініціалізація дисплею

```
U8G2_SH1106_128X64_NONAME_F_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* reset=*/ -
1);
```

3.3. Алгоритм роботи системи моніторингу

Перед описом алгоритму потрібно зазначити, що в розробленому пристрої використовується активний динамік та світлодіод. Суть цих елементів розкривається саме в алгоритмі роботи.

Програма працює наступним чином: спочатку підключаються всі бібліотеки та проводиться ініціалізація дисплея, далі визначаються пini мікроконтролера, до яких підключена периферія. Для давача DHT22 прописані змінні типу float, в яких буду зберігатись отримані дані від давача. Саме

					123.KI-41.14	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримання даних у змінні відбувається шляхом спрацювання бібліотечних методів отримання температури та вологості.

На аналогових входах мікроконтролера з датчиків MQ2 та MQ7 зчитується значення АЦП, виводиться та порівнюється зі значенням, при якому присутній витік газу. При значеннях більших допустимих спрацює світлова та звукова сигналізація.

Схема для підключення датчика пилу складається з резистора та конденсатора, які потрібні для імпульсного вмикання і вимикання світлодіоду, що складає будову датчика. Пульсуючий світлодіод допомагає продовжити його роботу на більший термін. Програмна реалізація виглядає наступним чином: вмикається світлодіод на датчик, далі знімається вихідна напруга через 0,28 мілісекунд, яка дасть значення від 0 до 1023 (за замовчуванням піни ESP32 12-бітні, але будуть встановлені в 10-бітне значення). Після цього вимикається світлодіод, буде обчислюватись середнє значення напруги, знятих при останніх сто зразках. Далі відбувається перетворення середнього значення напруги на величину у вольтах. Наступним етапом буде корекція зміщення – це регулювання напруги при умовах, в яких відсутній пил. Після цього етапу калібрування обчислюється щільність пилу (мг/м^3):

$$\text{float dustDensity} = \text{dV}/\text{K} * 100.0; // \text{dV} = \text{Vo} - \text{Voc};$$

Всі дані після зняття з датчиків та їх оброблення виводяться в монітор послідовного порту та на OLED дисплей. У кодї, який знаходиться в ДОДАТКУ А, присутні функції для кнопок, їх у пристрої 3. За замовчуванням на дисплей виводитиметься вологість, температура та значення з датчиків MQ2 і MQ7. З утримуванням кнопки «2» буде відображатись щільність пилу в повітрі. При утримуванні кнопки «3» будуть поступово переключатись всі зняті та оброблені величини з датчиків. Дані оновлюватимуться на екрані в реальному часі, затримка становитиме 1 с.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3.4. Створення 3D моделі та розробка друкованої плати пристрою

Виготовлений пристрій, який з'єднаний провідниками з датчиками, виглядає ненадійно та займає більше місця, ніж це потрібно. Тому після створення електричної принципової схеми, що на аркуші 5, підключення периферії та програмування мікроконтролера - було прийнято рішення створити 3D модель та розробити друковану плату в середовищі Proteus Design.

Створення 3D моделі дуже корисна процедура, яка дає можливість побачити готові моделі датчиків на друкованій платі, правильно вибрати їх розташування для забезпечення всіх вимог роботи датчиків. Також така модель дозволяє компактно розмістити модулі для економії текстоліту та для створення дійсно зручного та компактного пристрою. На рис. 3.4. можна побачити вигляд такої моделі.

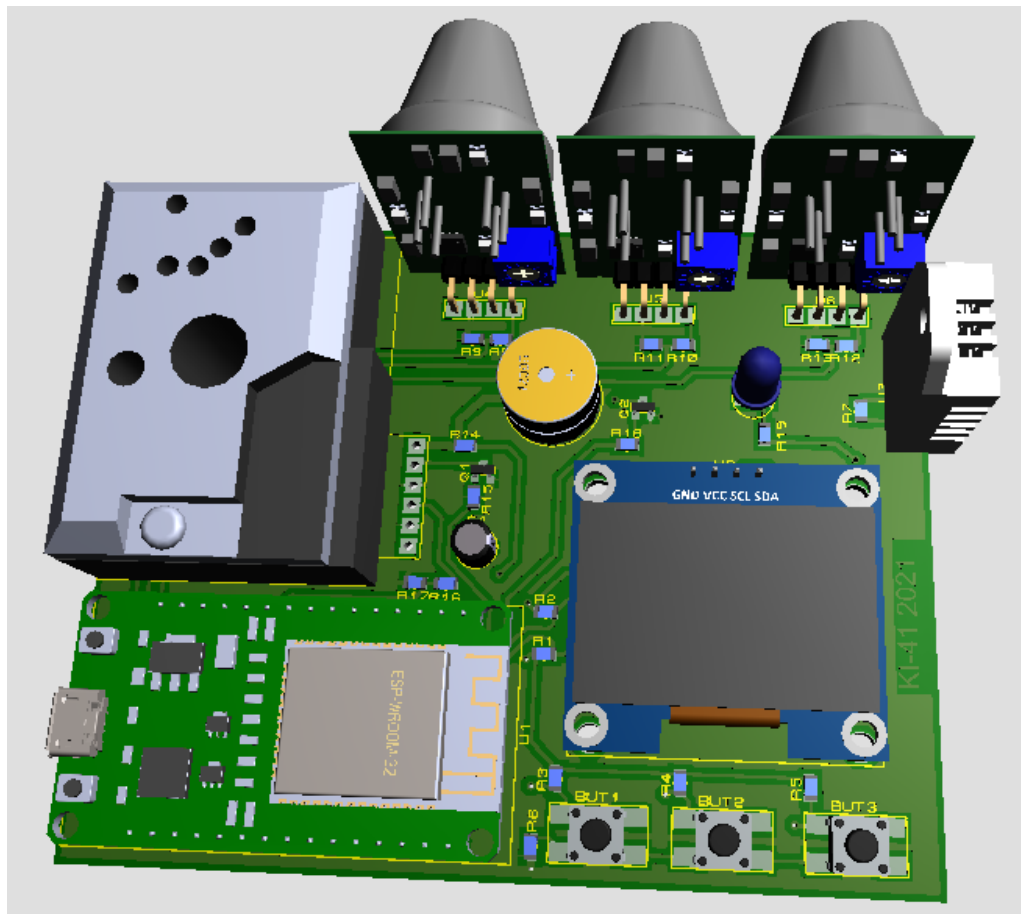


Рис. 3.4. 3D модель функціонального пристрою

Після розміщення всіх модулів та допоміжних елементів можна прокладати електричні з'єднання між ними. Доріжки слід прокладати ефективно,

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

раціонально використовуючи доступну площу. Правильне проектування – це запорука створення повністю функціонального пристрою. На рис. 3.5. показаний вигляд друкованої плати.

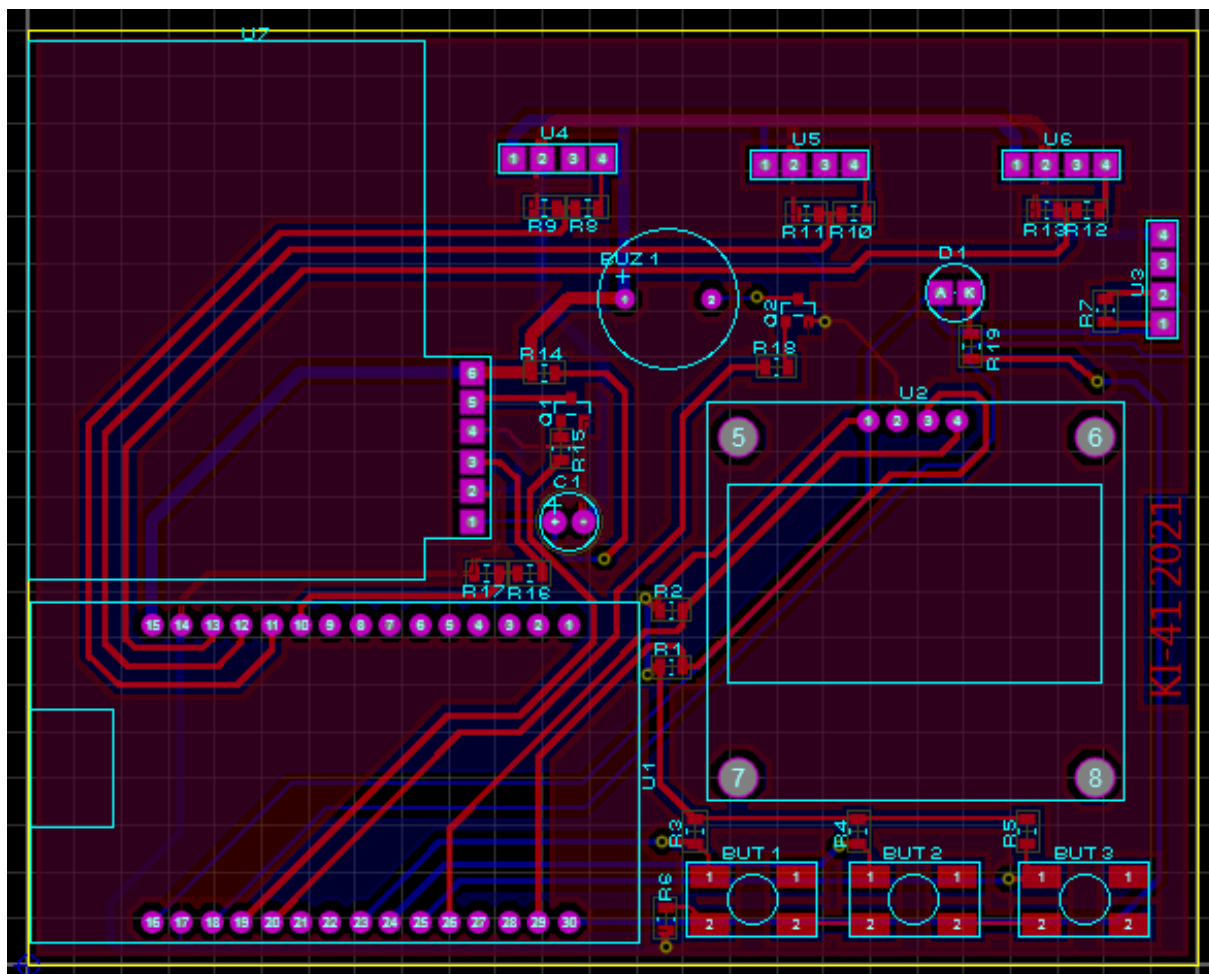


Рис. 3.5. Вигляд друкованої плати розробленого пристрою

Створивши друковану плату в програмному пакеті, а потім виготовивши її, слід приступити до паяння елементів та перевірки роботоспроможності виготовленої плати. Алгоритм опису роботи програми присутній у підрозділі 3.3. цього розділу. Запрограмувавши мікроконтролер та перевіривши спрацювання звукової та світлової сигналізацій за допомогою певних газів (метан, пропан, чадний газ), можна впевнитись, що пристрій повністю функціонально справний. На рис. 3.6. зображений готовий виготовлений пристрій, який виводить на дисплей досліджувані величини та сигналізує про перевищення показників.

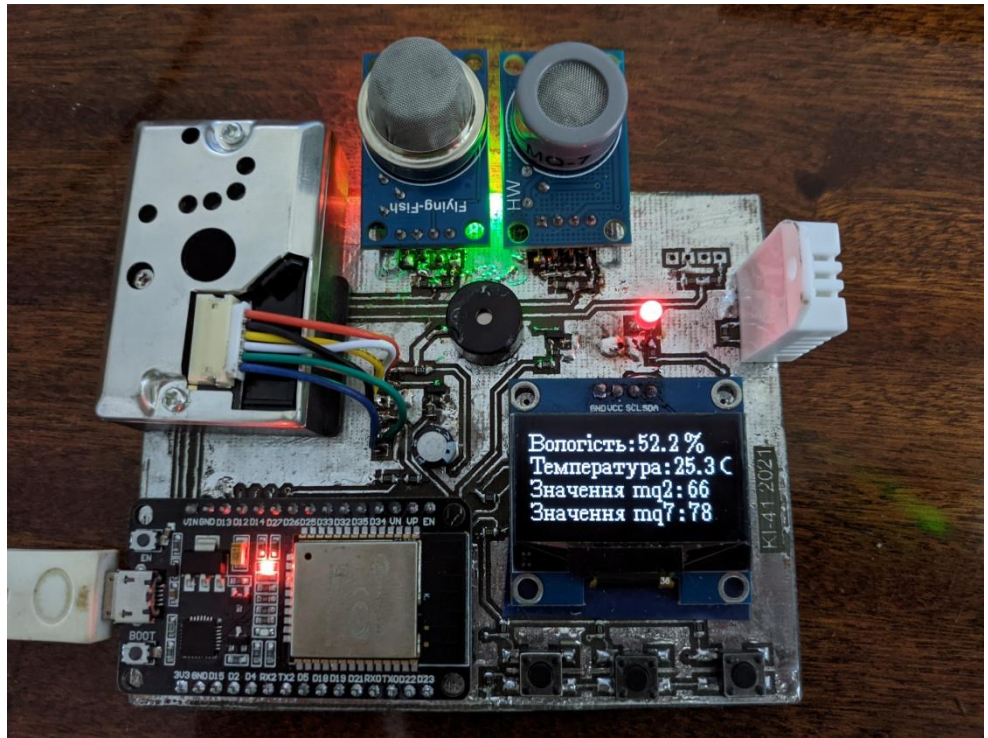


Рис. 3.6. Функціонально готовий прилад для використання

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Метою цієї кваліфікаційної бакалаврської роботи є розробка компактної системи моніторингу виробничих приміщень. Виготовлений пристрій призначений для вимірювання температури, вологості, вмісту шкідливих газів у повітрі, вмісту диму та пилу, для сповіщення про перевищення цих величин шляхом виведення на дисплей даних та звуковим і світловим сигналізуванням.

Цей пристрій можна застосовувати в найрізноманітніших місцях, а саме:

- промислові підприємства (як приклад: виробничі приміщення, де можливий витік шкідливих газів та збільшене осідання пилу);
- установи державного значення;
- заклади освіти, лікарні;
- застосовування в приватних будинках.

Пристрій сконструйований на мікроконтролері ESP32. Він вибраний не просто так, можливе подальше удосконалення системи виведенням даних на віддалений сервер за допомогою бездротової технології Wi-Fi. Також мікроконтролер має потужний процесор і до нього можна підключити ще значну кількість датчиків. Це дозволить розширити список визначення шкідливих речовин для роботи у виробничих приміщеннях. Можливе подальше удосконалення для роботи пристрою від батареї.

У підрозділі 2.8 розділу 2 були представлені аналоги виготовленого пристрою, а саме: аналізатор повітря GM8803 та газоаналізатор ST8900, їх ціни становлять 1860 грн і 5990 грн відповідно. Для порівняння ціни виробу з аналогічними пристроями на ринку буде використовуватись загальна сума витрачених коштів на комплектуючі. У таблиці 4.1. приведені наступні ціни закуплених комплектуючих.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 4.1. Вартість складу виготовленого виробу

Комплектуючі	Кількість елементів, шт.	Вартість од, грн	Сума, грн
Мікроконтролер ESP32	1	121,78	121,78
DHT22	1	78,57	78,57
MQ2	1	32	32
MQ7	1	39,65	39,65
Давач пилу Sharp GP2Y1014AU0F	1	107,62	107,62
1.3 OLED дисплей	1	120,16	120,16
LED світлодіод	1	1	1
Бузер UDB-05B з генератором 5V	1	7	7
Загалом			507,78

Як видно з табл. 4.1. готовий пристрій коштуватиме лише 507,78 грн. Хоч виріб і не визначає концентрацію сірководню та кисню, як газоаналізатор ST8900, але після покращенням шляхом додавання датчиків з такими можливостями – ціна все одно буде значно нижчою за аналоги. Крім переваг в ціні, представлений функціональний пристрій має перевагу над ST8900, бо може вимірювати вологість та температуру, а перевага над аналізатором якості повітря – виявлення концентрації чадного газу та вибухонебезпечних газів.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Прилад, що виготовлявся в цій бакалаврській роботі, певним чином використовується для забезпечення охорони праці робітників у виробничих приміщеннях. При виготовленні його теж потрібно дотримуватись загальновідомих правил.

5.1. Охорона праці при виготовленні друкованих плат

Виготовлення друкованих плат – це складний технологічний процес. Під час такого процесу присутні шкідливі фактори, які несуть вплив на здоров'я людини: від отруєння випарами шкідливих речовин до опіків на шкірі. Для забезпечення безпеки та охорони праці застосовують автоматизацію всіх процесів та поділ на окремі операції. Коли неможливе повністю автоматизоване виготовлення, тоді слід використовувати механізацію кожної операції.

Має місце й ручне виготовлення плат, тоді потрібно повністю виключити речовини з 1 і 2 класів небезпечності. Потрібно використовувати засоби індивідуального захисту, також засоби колективного захисту. Важливу увагу слід приділити заміні шкідливих речовин на менш шкідливі, чи навіть такі, що взагалі не несуть шкідливого впливу на організм. Робоче місце повинно добре провітрюватись, повинні застосовуватись засоби захисту очей, органів дихання. Також для убезпечення від потрапляння на шкіру – повністю захистити шкірний покрив засобами захисту.

5.2. Охорона праці при паянні

Усі монтажні з'єднання уже тривалий час здійснюють за допомогою паяння. Такі операції як лудіння та паяння забруднюють повітря парами свинцю і олова. Також забруднюючу діють несуть речовини, що входять в склад припою, та рідини, які використовуються для змивання флюсу. Всі ці речовини несуть значний плив на робочих, вони потрапляють в організм через шкіру, очі,

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

вдихаються в легені. Надзвичайно шкідливими є пари свинцю, які виникають при паянні олов'яно-свинцевими припоями. Свинець надто отруйний при потраплянні в організм, частинного його виводиться з організму, а частина там осідає. Він може викликати «свинцеве отруєння», уражати нервову систему людини, несе згубний вплив на печінку і нирки. Свинець, за його частого надходження в організм, здатний там накопичуватись і призводити до постійних отруєнь організму.

Під час паяння зазвичай використовують різні флюси, які теж несуть різний вплив на організм. Присутні й такі флюси, які рекомендують не застосовувати через їх надзвичайну токсичність. Після паяння, щоб видалити залишок флюсу, використовуються різноманітні миючі засоби, які теж відомі своєю токсичністю. Поглянувши на всі перераховані шкідливі умови при виконаннях таких монтажних з'єднань, слід дотримуватись наступного:

- зазвичай місця паяння виділять в окремі зони, або приміщення;
- щоб захиститись від ураження електричним струмом слід використовувати паяльник від наружи не більше 42 В;
- наприкінці зміни всі поверхні та інструменти промиваються мильним розчином;
- заборонено повторно використовувати серветки, їх потрібно після зміни утилізувати;
- забороняється використання місця для паяння, яке не обладнане витяжною вентиляцією;
- забороняється допуск до паяння без повного проведення інструктажу по роботі з обладнанням та припоями, флюсом. Проведення інструктажу з питань особистої гігієни.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі розроблена система моніторингу стану виробничих приміщення, яка побудована на мікроконтролері ESP32. Також у ході виконання роботи виконані наступні завдання:

1. Проаналізовані забруднюючі фактори виробничих приміщень, визначені оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови, розглянуті заходи приведення в норму параметрів клімату. Розглянуті системи контролю потоку повітря у виробничих приміщеннях.

2. Здійснено вибір та обґрунтування апаратної частини системи, оглянуто та вибрано середовище для програмування ESP32. Проведений порівняльний аналіз подібних пристроїв моніторингу на ринку.

3. Описаний процес додавання підтримки мікроконтролера в середовищі Arduino IDE, пояснені підходи до роботи з датчиками, які використані в проєкті.

4. Пояснений алгоритм роботи системи моніторингу.

5. Розроблені принципова схема, друкована плата та створена 3D модель пристрою. Реалізовано повністю функціональний пристрій, який знімає дані з датчиків, обробляє та виводить на дисплей у зручному вигляді.

6. Досліджена справність спрацювання світлової та звукової сигналізації.

7. Проведено економічну оцінку та здійснено порівняння ціни з аналогічними пристроями на ринку.

8. Розглянуто питання охорони праці при виготовленні друкованих плат та при здійсненні електромонтажних з'єднань методом пайки.

Розроблений пристрій здійснює безперервний контроль над ситуацією в приміщенні. Дані оновлюються кожену секунду. Також він компактний та підходить до інтегрування в будь-яке приміщення, чи навіть закуток.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Санітарні норми мікроклімату [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> – Дата звернення 17.04.2021 р.
2. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до виробничих приміщень. Основні напрями поліпшення стану повітря виробничої зони. Вентиляція виробничих приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://орсб.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F_5.pdf – Дата звернення 17.04.2021 р.
3. ESP32 и Ардуино [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/404685/> – Дата звернення 17.04.2021 р.
4. ESP32 Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf – Дата звернення 18.04.2021 р.
5. DHT22 Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> – Дата звернення 19.04.2021 р.
6. MQ7 Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/694312/Hanwei/MQ7/1> – Дата звернення 20.04.2021 р.
7. Air Quality Monitoring [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.howmuchsnow.com/arduino/airquality/> – Дата звернення 21.04.2021 р.
8. Interfacing Sharp GP2Y1014AU0F Sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-sharp-gp2y1014au0f-sensor-with-arduino-to-build-air-quality-analyzer> – Дата звернення 21.04.2021 р.
9. Среда для разработки IoT приложений [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.terraelectronica.ru/news/6010> – Дата звернення 21.04.2021 р.

									Арк.
									56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.KI-41.14				

10. Среда разработки Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://arduino.ru/Arduino_environment – Дата звернення 22.04.2021 р.

11. Программирование устройств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/company/epam_systems/blog/522730 – Дата звернення 22.04.2021 р.

12. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

```

#include <Arduino.h>
#include <GP2Y1010AU0F.h>
#include <U8g2lib.h>
#include "DHT.h"

#ifdef U8X8_HAVE_HW_I2C
#include <Wire.h>
#endif

// визначення пінів
#define analogSensorMQ2 14 // аналоговий вихід, до якого під'єднаний давач
газу MQ-2
#define analogSensorMQ7 12 // аналоговий вихід, до якого під'єднаний давач
чадного газу MQ-7
#define Buzzer 4 // цифровий вихід, до якого під'єднаний активний динамік
#define Led 23 // цифровий вихід, до якого під'єднаний активний динамік
#define DHT_22 15 // цифровий вихід, до якого під'єднаний давач вологості
та температури DHT22
#define sharpLEDPin 2 // цифровий вихід, до якого під'єднаний LED давача
пилу
#define sharpVoPin 27 // аналоговий вихід, до якого під'єднаний давач пилу
#define button_1 5 // вихід, до якого під'єднана кнопка "1"
#define button_2 18 // вихід, до якого під'єднана кнопка "2"
#define button_3 19 // вихід, до якого під'єднана кнопка "3"

// розмір ширини і висоти зображення
#define cloud_width 64
#define cloud_height 32

// масив зображення
static const unsigned char cloud_bits[] U8X8_PROGMEM = {
    0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x60,0x08,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x40,0x0C,0x01,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x40,0x84,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x82,0x5F,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0xCC,0x30,0x00,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x30,0x00,0x7F,0x00,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x10,0xC0,0x81,0x01,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x10,0x60,0x00,0x06,0x00,0x00,
    0x00,0x80,0x1F,0x30,0x00,0x0C,0x00,0x00,
    0x00,0x00,0x18,0x18,0x00,0x08,0x00,0x00,

```

										Арк.
										58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.KI-41.14					

```

0x00,0x00,0x10,0x08,0x00,0x3C,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x18,0x08,0x00,0xE7,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x0E,0x0F,0xC0,0x80,0x01,0x00,
0x00,0x00,0xE1,0x30,0x00,0x00,0x02,0x00,
0x00,0x00,0x30,0x00,0x00,0x00,0x06,0x00,
0x00,0x00,0x10,0x00,0x00,0x00,0x04,0x00,
0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x04,0x00,
0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x04,0x00,
0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x04,0x00,
0x00,0x00,0x08,0x00,0x00,0x00,0x06,0x00,
0x00,0x00,0x18,0x00,0x00,0x00,0x02,0x00,
0x00,0x00,0x30,0x00,0x00,0x00,0x01,0x00,
0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0xC0,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x80,0xFF,0xFF,0x7F,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
};

U8G2_SH1106_128X64_NONAME_F_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* reset=*/ -1); //
ініціалізація дисплея

// змінна для зберігання кольору зображення
bool color = false;

DHT pis(DHT_22, DHT22); // ініціалізація піна та типу давача в підключеній
бібліотеці DHT

#define USE_AVG

// для усереднення останніх N показань вихідної напруги
#ifdef USE_AVG
#define N 100
static unsigned long VoRawTotal = 0;
static int VoRawCount = 0;
#endif // USE_AVG
// встановити типову вихідну напругу в Вольтах, коли немає пилу
static float Voc = 0.6;

// використовується типову чутливість в одиницях V на 100 мкг / м3
const float K = 0.5;

////////////////////////////////////
//

// допоміжні функції для друку значення даних на послідовному моніторі
void printValue(String text, unsigned int value, bool isLast = false) {
  Serial.print(text);
  Serial.print("=");
  Serial.print(value);
  if (!isLast) {

```

```

        Serial.print(", ");
    }
}
void printFValue(String text, float value, String units, bool isLast =
false) {
    Serial.print(text);
    Serial.print("=");
    Serial.print(value);
    Serial.print(units);
    if (!isLast) {
        Serial.print(", ");
    }
}

void setup(void) {
    pis.begin();
    Serial.begin(57600); // швидкість передачі даних(біт/с)
    Serial.println("TEST!");
    pinMode(Led, OUTPUT);
    pinMode(Buzzer, OUTPUT);
    pinMode(button_1, INPUT);
    pinMode(button_2, INPUT);
    pinMode(button_3, INPUT);
    pinMode(sharpLEDPin, OUTPUT);

    // час прогріву датчиків
    Serial.println("warming-up");
    delay(1000);

    Serial.println("measurement");
    u8g2.begin(); // початок роботи бібліотеки з дисплеєм
    u8g2.enableUTF8Print(); // ввімкнення підтримки UTF8-виводу

    // зачекати дві секунди для запуску
    delay(2000);
    Serial.println("");
    Serial.println(" START GP2Y1014AU0F");
    Serial.println("=====");
}

void loop(void) {

    // увімкнути світлодіод датчик пилу, встановивши цифровий пін в HIGH
    digitalWrite(sharpLEDPin, HIGH);

    // відповідно до даташиту зачекати 0,28 мс, перш ніж виміряти вихідну
    напругу
    delayMicroseconds(280);

    // записування вихідної напруги, ця операція займає близько 100
    мікросекунд
    int VoRaw = analogRead(sharpVoPin);

```

						123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			60

```

// вимкнути світлодіод давача пилу, встановивши цифровий пін в LOW
digitalWrite(sharpLEDPin, LOW);

// зачекати залишок циклу 10 мс = 10000 - 280 - 100 мікросекунд
delayMicroseconds(9620);

// вивести значення вихідної напруги (число від 0 до 1023)
#ifdef PRINT_RAW_DATA
    printValue("VoRaw", VoRaw, true);
    Serial.println("");
#endif // PRINT_RAW_DATA

// за потреби використовувати усереднення
float Vo = VoRaw;
#ifdef USE_AVG
    VoRawTotal += VoRaw;
    VoRawCount++;
    if (VoRawCount >= N) {
        Vo = 1.0 * VoRawTotal / N;
        VoRawCount = 0;
        VoRawTotal = 0;
    }
    else {
        return;
    }
#endif // USE_AVG

// обчислити вихідну напругу у вольтах
Vo = Vo / 1024.0 * 5.0;
printFValue("Vo", Vo * 1000.0, "mV");

// перевести щільність пилу в одиниці мкг/м3
float dV = Vo - Voc;
if (dV < 0) {
    dV = 0;
    Voc = Vo;
}
analogReadResolution(10);
float dustDensity = dV / K * 100.0;
printFValue("DustDensity", dustDensity, "ug/m3", true);
Serial.println("");

float h = pis.readHumidity();
float t = pis.readTemperature();
// якщо це не число видає помилку
if (isnan(t) || isnan(h)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT");
}
else {
    Serial.print("Humidity: ");

```

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

```

    Serial.print(h, 1);
    Serial.print(" %\t");
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(t, 1);
    Serial.println(" *C");
}

analogReadResolution(10);
int analogMQ2 = analogRead(analogSensorMQ2); // зчитуємо значення АЦП
з аналогового входу до якого під'єднано давач газу
Serial.print("Gas_value = ");
Serial.println(analogMQ2); // виводим в порт значення АЦП сигналу з
давача
// Перевіряємо чи досягнуто порогове значення
if (analogMQ2 > 300) { // якщо значення більше допустимого...
    Serial.println(" Gaz!"); // виводим в порт запис, що газ є
    digitalWrite(Buzzer, HIGH); // надіслати тон
    digitalWrite(Led, HIGH); // світлодіод ввімкнути
    delay(800); // затримка в 0,800 мс
    digitalWrite(Buzzer, LOW); // без тону
    digitalWrite(Led, LOW); // світлодіод вимкнути
}
else {
    Serial.println("No Gas"); // виводим в порт запис, що газу
немає
}

analogReadResolution(10); // бітність зчитувального значення, яка
встановлена як для ардуїно мікроконтролерів
int analogMQ7 = analogRead(analogSensorMQ7); // змінна для зберігання
значення давача
Serial.print("CO_value = ");
Serial.println(analogMQ7); // друк в послідовний порт

if (analogMQ7 > 200) { // якщо значення більше допустимого...
    Serial.println(" Gaz CO!"); // виводим в порт запис, що газ є
    digitalWrite(Buzzer, HIGH); // надіслати тон
    digitalWrite(Led, HIGH); // світлодіод ввімкнути
    delay(800); // затримка в 0,800 мс
    digitalWrite(Buzzer, LOW); // без тону
    digitalWrite(Led, LOW); // світлодіод вимкнути
}
else {
    Serial.println("CO normal"); // виводим в порт запис, що газу
немає
}

Serial.println("-----");
Serial.println("-----");

```

						123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			62

```

    if (!digitalRead(button_1) == 1 and !digitalRead(button_2) == 0 and
!digitalRead(button_3) == 0) {
        u8g2.firstPage();
        do {
            u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
            u8g2.drawUTF8(0, 15, "Вологість:      %");
            u8g2.setCursor(70, 15);
            u8g2.print(h, 1);
            u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
            u8g2.setCursor(0, 30);
            u8g2.print("Температура:");
            u8g2.setCursor(92, 30);
            u8g2.print(t, 1);
            u8g2.print("C");
            u8g2.setCursor(0, 45);
            u8g2.print("Значення mq2:");
            u8g2.setCursor(100, 45);
            u8g2.print(analogMQ2);
            u8g2.setCursor(0, 60);
            u8g2.print("Значення mq7:");
            u8g2.setCursor(100, 60);
            u8g2.print(analogMQ7);
            u8g2.sendBuffer();
            delay(1000);
        } while (u8g2.nextPage());
    }

    else if (!digitalRead(button_3) == 1 and !digitalRead(button_1) == 0
and !digitalRead(button_2) == 0) {
        u8g2.firstPage();
        do {
            u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
            u8g2.drawUTF8(0, 15, "Вологість:      %");
            u8g2.setCursor(70, 15);
            u8g2.print(h, 1);
            delay(1000);
        } while (u8g2.nextPage());

        u8g2.nextPage();
        do {
            u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
            u8g2.setCursor(0, 30);
            u8g2.print("Температура:");
            u8g2.setCursor(92, 30);
            u8g2.print(t, 1);
            u8g2.print("C");
            delay(1000);
        } while (u8g2.nextPage());

        u8g2.nextPage();
        do {

```

```

        u8g2.setCursor(0, 45);
        u8g2.print("Значення mq2:");
        u8g2.setCursor(100, 45);
        u8g2.print(analogMQ2);
        delay(1000);
    } while (u8g2.nextPage());

    u8g2.nextPage();
    do {
        u8g2.setCursor(0, 60);
        u8g2.print("Значення mq7:");
        u8g2.setCursor(100, 60);
        u8g2.print(analogMQ7);
        delay(1000);
    } while (u8g2.nextPage());
}

else if (!digitalRead(button_2) == 1 and !digitalRead(button_1) == 0
and !digitalRead(button_3) == 0) {

    u8g2.clearBuffer();
    u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
    u8g2.drawUTF8(0, 30, "Щільність пилу:");
    u8g2.setCursor(20, 60);
    u8g2.print(dustDensity * 2);
    u8g2.drawUTF8(70, 60, "мкг/м3");
    u8g2.sendBuffer();
    delay(1000);
}

else if (!digitalRead(button_3) == 0 and !digitalRead(button_1) == 0
and !digitalRead(button_2) == 0) {
    u8g2.firstPage();
    do {
        // очищення дисплея
        u8g2.clearBuffer();
        // встановлення кольору
        u8g2.setDrawColor(!color);
        // вивід картинки
        u8g2.drawXBMP(0, 0, cloud_width, cloud_height, cloud_bits);
        // відправка даних
        u8g2.sendBuffer();
        delay(1000);
    } while (u8g2.nextPage());

    u8g2.nextPage();
    do {
        u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
        u8g2.setCursor(70, 15);
        u8g2.print(h, 1);
        u8g2.print("%");
    }

```



```

        u8g2.setCursor(70, 30);
        u8g2.print(t, 1);
        u8g2.setFont(u8g2_font_unifont_t_symbols);
        u8g2.print("°C");
        u8g2.sendBuffer();
    } while (u8g2.nextPage());

    u8g2.nextPage();
    do {
        u8g2.setFont(u8g2_font_cu12_t_cyrillic);
        u8g2.setCursor(0, 45);
        u8g2.print("Значення mq2:");
        u8g2.setCursor(100, 45);
        u8g2.print(analogMQ2);
        delay(1000);
    } while (u8g2.nextPage());

    u8g2.nextPage();
    do {
        u8g2.setCursor(0, 60);
        u8g2.print("Значення mq7:");
        u8g2.setCursor(100, 60);
        u8g2.print(analogMQ7);
        delay(1000);
    } while (u8g2.nextPage());
}
}
}

```

					123.KI-41.14	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65