

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра електронної техніки

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри електронної техніки

Вовна О.В.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

Випускна кваліфікаційна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка та дослідження електронної системи вимірювання
концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕЛТм-19

(шифр групи)

спеціальності 171 Електроніка

(шифр і назва спеціальності)

Гончаров Олександр Геннадійович

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник доц..каф..ЕТ, к.т.н., доц. О.А.Штепа

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент _____

(підпис)

Покровськ – 2020

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра електронної техніки

(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____

(дата)

з оцінкою _____

Секретар ДЕК _____

(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

_____магістра_____

Тема: «Розробка та дослідження електронної системи вимірювання концентрації
вуглекислого газу в житлових приміщеннях»

Спецчастина: _____

Виконавець, студент

гр. ЕЛТм – 19

_____Гончаров О.Г.

(підпис, дата, П.І.Б.)

Керівник

_____к.т.н., доц. Штепа О.А.

(підпис, дата, П.І.Б.)

Консультанти:

_____д.т.н., проф. Вовна О.В.

(підпис, дата, П.І.Б.)

_____д.т.н., проф. Зорі А.А.

(підпис, дата, П.І.Б.)

_____ст. викл. Тюрін Є.А.

(підпис, дата, П.І.Б.)

Нормоконтроль

_____д.т.н., проф. Вовна О.В.

(підпис, дата, П.І.Б.)

Покровськ – 2020

**Державний вищий навчальний заклад
"Донецький національний технічний університет"**

Інститут, факультет Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки

Кафедра Електронна техніка

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації

(шифр і назва)

Спеціальність 171 Електроніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри електронної техніки

Вовна О.В.

« » 2020 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Гончаров Олександр Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка та дослідження електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях

керівник проекту (роботи) Штепа Олександр Анатолійович, к.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 23.09.2020 року № 693

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Технічна документація та матеріали з переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) критичний аналіз і узагальнення техніко-функціональних характеристик об'єкту моніторингу; план розробки та тестування апаратних і програмних вузлів і блоків електронної системи; синтез структури та алгоритмів роботи системи; програмне забезпечення розширення функціональних можливостей електронної системи моніторингу.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н., доц., доц. каф. ЕТ Штепа О.А.		
2	д.т.н., проф., проф. каф. ЕТ Зорі А.А.		
3	д.т.н., проф., зав. каф. ЕТ Вовна О.В.		
А	ст. викл каф. ОП Тюрін Є.А.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вплив параметрів мікроклімату життєвих приміщень на життєдіяльність людини		
2	Розробка структурної схеми електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях		
3	Дослідження електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях		
А	Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуаціях на підприємстві		

Студент _____ Гончаров О.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Штепа О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Гончаров, О.Г. Розробка та дослідження електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 171 Електроніка. – ДВНЗ «ДонНТУ», Покровськ, 2020.

Пояснювальна записка: 117 стор., 94 рис., 5 табл., 30 посилань.

Метою роботи є розробка та дослідження електронної системи моніторингу концентрації вуглекислого газу в житлових умовах, який повинен забезпечувати надійний моніторинг якості кліматичних умов в приміщенні та водночас бути доступною з точки зору масового використання.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані та вирішені наступні задачі:

- проаналізувати проблему контролю над концентрації CO₂;
- розробити функціональну схему такої системи;
- проаналізувати сучасні методи вимірювання відповідних параметрів та технології обробки отриманої вимірювальної інформації;
- розробити структурну схему системи з урахуванням потрібного функціоналу та обраних засобів і методів;
- розробити фізичну модель пристрою детектування концентрації CO₂;
- провести експерименти на отриманому пристрої.

Об'єкт дослідження: мікроклімат житлових приміщень.

Предмет дослідження: засоби та методи моніторингу якості повітря на основі вимірювання концентрації діоксиду вуглецю з урахуванням дестабілізуючих факторів, що впливають на показники вимірювання.

Методи дослідження базуються на теоретичних матеріалах, щодо розробки інформаційно-вимірювальних приладів та систем; розробки та дослідження експлуатаційних показників фізичного моделі системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях.

Ключові слова: вимірювання, аналіз, діоксид вуглецю, мікропроцесор, калібрування, IoT, сенсор, структурна схема.

ABSTRACT

Honcharov, O.G. Development and research of the electronic measuring of carbon dioxide concentrations in living space / Graduation qualification work for obtaining an educational degree 'Master' in specialty 171 Electronics. – SHEI 'DonNTU', Pokrovsk, 2020.

Explanatory note: 117 p., 94 fig., 5 tables, 30 references.

The aim of the work is to develop and study an electronic system for monitoring the concentration of carbon dioxide in living conditions, which should provide reliable monitoring of the quality of climatic conditions in the room and at the same time be accessible in terms of mass use.

To achieve this goal in the work formulated and solved the following tasks:

- to analyze the problem of control over CO₂ concentrations;
- Develop a functional diagram of such a system;
- to analyze modern methods of measurement of the corresponding parameters and technologies of processing of the received measuring information;
- Develop a block diagram of the system taking into account the required functionality and selected tools and methods;
- Develop a physical model of the CO₂ concentration detection device;
- to conduct experiments on the received device.

Object of research: microclimate of living quarters.

Subject of research: means and methods of air quality monitoring based on measuring the concentration of carbon dioxide, taking into account the destabilizing factors that affect the measurement indicators.

Research methods are based on theoretical materials on the development of information and measuring devices and systems; development and research of

operational indicators of the physical model of the system of measuring the concentration of carbon dioxide in residential premises.

Key words: measurement, analysis, carbon dioxide, microprocessor, calibration, IoT, sensor, block diagram.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1 Вплив параметрів мікроклімату життєвих приміщень на життєдіяльність людини.....	13
1.1 Методи виміру концентрації вуглекислого газу.....	13
1.2 Норми концентрації вуглекислого газу	15
1.3 Аналіз існуючих систем виміру вуглекислого газу.....	19
1.4 Аналіз існуючих датчиків	22
1.5 Методи виміру температури повітря.....	25
1.6 Ризик підвищеної температури повітря.....	27
1.7 Норми температури повітря в житлових приміщеннях.....	27
1.8 Відносна вологість. Опис та вплив на життєдіяльність людини.....	28
1.9 Методи виміру відносної вологості.....	28
1.10 Ризик підвищеної відносної вологості.....	29
1.11 Норми відносної вологості повітря в житлових приміщеннях.....	31
1.12 Аналіз існуючих датчиків виміру температури та відносної вологості повітря в житлових приміщеннях.....	32
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ.....	37
2.1 Розробка функціональної схеми.....	37
2.2 Мікроконтролер ESP8266.....	39
2.3 Опис сервісів IoT	40
2.4 Функціональна схема електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях.....	47
2.5 Калібрування MQ-135.....	49
3.ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ.....	55

3.1 Розробка алгоритму роботи електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях.....	55
3.2 Дослідження роботи електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях з допомогою фізичного моделювання.....	56
3.3 Дослідження поведінки електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях без попереднього калібрування сенсорів.....	58
3.4 Отримання параметрів калібрування сенсорів вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях.....	68
3.5 Дослідження поведінки електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях після процедури попереднього калібрування сенсорів.....	78
ВИСНОВОК.....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96
ДОДАТОК А – Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуаціях на підприємстві.....	101
ДОДАТОК Б СКЕТЧ ПРОГРАМИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ.....	112

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

CPU – Центральний процесор

ppm – Мільйонна частка, пропром'їлле.

ВСТУП

Актуальність теми. Часто люди зневажають важливістю підтримки нормальних параметрів рівня вуглекислого газу (CO_2) у квартирі. І навіть, не замислюються, які наслідки несе підвищена концентрація вуглекислого газу. Постійна втома, головний біль, запаморочення, депресії. Багато хто вважає що це пов'язано з нестачею кисню. Проте, це симптоми викликані перевищенням рівня вуглекислого газу в повітрі.

Небезпека яка виникає при тривалій дії вуглекислого газу на здоров'я людини суттєво впливає на працездатність людини. Тому, для продовження розумової і фізичної працездатності існує необхідність розробки і дослідження високоефективної електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу, що дозволить спрогнозувати погіршення якості повітря задовго до погіршення самопочуття людини.

Контроль параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях є актуальною задачею, ефективність вирішення якої має прямий вплив на стан здоров'я людини та якість її життя.

Основними параметрами для моніторингу мікроклімату є температура, відносна вологість та якість повітря, основним показником якої може виступати концентрація газоподібного діоксиду вуглецю. Незважаючи на те що хімічний склад повітря в житлових приміщеннях доволі складний і перелік забруднюючих речовин досить істотний, втім, діоксид вуглецю, як один з найбільш розповсюджених газів в умовах житлового приміщення може бути добрим показником якості повітря хоча б з точки зору показників що відповідають періодичності провітрювання приміщення.

Аналіз існуючих методів та засобів контролю основних параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях виявив велику кількість та різноманітність таких методів та засобів із значним діапазоном основних техніко-економічних та експлуатаційних параметрів.

Обрання конкретних методів та засобів моніторингу повинна ґрунтуватися не

тільки на метрологічних або надійних показниках але й відповідати вимогам щодо економічності та доступності для широкого масового застосування подібних систем.

Сучасні технології моніторинг вбирають в себе не тільки методи і засоби безпосереднього вимірювання та методики коригування результатів такого вимірювання з допомогою використання інформації про додаткові впливаючі фактори, коли і сучасні інформаційні технології її для передачі, збереження, відображення та інтелектуальної обробки отриманої інформації її в режимі реального часу. Одну з найефективніших подібних технологій й технологія хмарних обчислень і підходи, що відповідають концепції інтернету речей.

Метою роботи є розробка та дослідження електронної системи моніторингу концентрації вуглекислого газу в житлових умовах, який повинен забезпечувати надійний моніторинг якості кліматичних умов в приміщенні та водночас бути доступною з точки зору масового використання.

Розділ 1 ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ЖИТТЄВИХ ПРИМІЩЕНЬ НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ ЛЮДИНИ

Вуглекислий газ (CO_2) – газ без кольору та майже не має запаху. Має кислуватий смак. Є кінцевим продуктом окиснення вуглецю. Основними джерелами вуглекислого газу є :виробництво, переробка та споживання палива, спалювання матеріалів , тощо.

Джерела вуглекислого газу в приміщеннях: повітря, що видихається, аеробні процеси розкладу органічних речовин, обігрівання приміщень з допомогою газових установок.

Вуглекислий газ негативно впливає на здоров'я та діяльність людини. При концентрації до 400 ppm, людина відчуває себе добре. При концентрації вище 1000 ppm з'являється почуття духоти, слабкість, головна біль, знижається уважність. При 2500 ppm може розвинути відхил у здоров'ї. Гранично допустима концентрація протягом 8 годин 5000 ppm, при тривалому та регулярному знаходженні в цій концентрації можливі хвороби дихальної системи, нервової системи. Тому дуже важливо завчасно проводити провітрювання у приміщенні.[2]

1.1 Методи виміру концентрації вуглекислого газу

У даний час існують різні методи визначення концентрації вуглекислого газу в повітрі .

Титриметричний метод – полягає в здатності розчину їдкого барію поглинати вуглекислий газ і утворювати з ним нерозчинну сполуку BaCO_3 при цьому концентрація титру знижується. За різницею титрів Ba(OH)_2 до поглинання газу та після, розраховують вміст вуглекислоти в повітрі.

Термокаталітичний - один з найдешевших типів аналізаторів. Принцип дії полягає в окисненні вуглеводнів на каталітично активний елемент.

Концентрація газу вимірюється по пропорційності тепла, що виділяється до змісту вуглеводнів.

Електрохімічний – метод полягає у здійсненні виміру шляхом проходження електричного струму через розчини електролітів, що контактують з досліджуваним газом.

Напівпровідниковий - працюють за принципом зміни поверхневого опору напівпровідникового матеріалу в результаті впливу на нього газу. В якості вимірювача їх використання малоефективне, т. К. Висока похибка вимірювань. Проте це відмінний течейшукач горючих або токсичних газових сумішей. Низький діапазон вартості.

Оптичний - має високу чутливість і точність вимірювання. Принцип дії заснований на здатності молекул газів вибірково поглинати інфрачервоне випромінювання. Дані прилади працюють в широкому діапазоні газових концентрацій. Можуть працювати з перевантаженнями. Відносно висока вартість.

Фотоколориметричний - Заснований на кольорових виборчих реакціях між реактивом-індикатором в розчині, на стрічці або спеціальному порошку і аналізованих компонентом газоповітряної суміші. При цьому мірою концентрації що визначається компонента є інтенсивність забарвлення виникають продуктів реакції. Фотоколориметричні газоаналізатори володіють досить високою чутливістю і вибірковістю, що досягається вибором характерного хімічного реактиву, який використовується для приготування індикаторного кошти.

Іонізаційний - іонізаційний спосіб газового аналізу заснований на залежності іонного струму, що виникає в процесі іонізації досліджуваного газу, від змісту, контрольованого компонента. З відомих способів іонізації газів (іонізація полум'ям, тліючим розрядом, радіоактивним випромінюванням і опроміненням короткохвильовим світлом) при розробці газоаналізаторів найбільш часто використовують іонізацію полум'ям і радіоактивне випромінювання.

Оптико-акустичний. Оптико-акустичний метод ґрунтується на наступному фізичному явищі. Якщо газ, здатний поглинати інфрачервоні промені, помістити в закритий обсяг, і подіяти впливом потоку інфрачервоної енергії, то за деякий проміжок часу газ нагрівається до певної температури, яка визначається умовами теплопередачі. Одночасно збільшується також тиск газу. Коли потік переривається з певною частотою за допомогою обтюратора, газ в закритому об'ємі періодично нагрівається і охолоджується, виникають коливання температури і тиску газу, які можуть бути сприйняті чутливим елементом газоаналізатора.

Хемілюмінесцентний і флуоресцентний. Принцип роботи хемілюмінесцентних газоаналізаторів заснований на вимірюванні інтенсивності люмінесценції продуктів хімічної реакції визначається компонента з реагентом, а флуоресцентних - на вимірі інтенсивності флуоресценції визначається компонента під дією УФ-випромінювання.

Рухливість іонів. Принцип роботи газоаналізаторів заснований на вимірюванні рухливості іонів. Компоненти в аналізованій пробі можуть бути попередньо розділені в хроматографічної колонці, а потім молекули проби іонізуються і надходять в пролітний мас-спектрометр, в якому вимірюється іонний струм розділених в часі іонів за масою. Вимірюваний іонний струм пропорційний концентрації кожного типу молекул в пробі.[5]

1.2 Норми концентрації вуглекислого газу

Якість повітря в приміщеннях житлових і громадських будівель забезпечується згідно чинним нормативно-технічним документам необхідним рівнем вентиляції (величиною повітрообміну в приміщеннях), що забезпечує допустимі значення вмісту вуглекислого газу в приміщенні. При скороченні повітрообміну забезпечується зниження енерговитрат системою вентиляції, а також підвищення енергоефективності систем вентиляції.

Необхідний повітрообмін в приміщенні може бути визначений двома способами:

- на основі питомих норм повітрообміну;
- на основі розрахунку повітрообміну, необхідного для забезпечення допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

Витрати повітря систем вентиляції, що приймаються для забезпечення якості повітря, залежать від кількості людей в приміщенні, їх діяльності, технологічних процесів (виділень забруднюючих речовин від побутової та оргтехніки, з будівельних матеріалів, меблів та ін.), а також від систем опалення та вентиляції.

Застосування другого способу, заснованого на балансі шкідливих в приміщенні, дозволяє визначити повітрообмін з урахуванням забруднень зовнішнього повітря і заданого рівня якості повітря (комфарту) в приміщенні.

При цьому визначальним шкідливим речовиною є вуглекислий газ (CO_2), що видихається людьми. Еквівалентом шкідливих речовин, що виділяються огорожами, меблями, килимами та ін. приймається також вуглекислий газ (CO_2).

Вимоги до якості повітря в приміщеннях слід приймати за завданням на проектування згідно з таблицею 1.1.

Приблизний зміст забруднень у зовнішньому повітрі наведено в таблиці. Кількість зовнішнього повітря, що подається в приміщення системою вентиляції в розрахунку на одну людину для забезпечення заданої якості повітря, залежить від концентрації вуглекислого газу в зовнішньому повітрі і ефективності розподілу повітря в приміщенні.

Базова кількість зовнішнього повітря в розрахунку на одну людину приведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Класифікація повітря в приміщеннях

Клас	Якість повітря в приміщенні		Допустимий вміст CO ₂ , см ³ / м ³
	Оптимальне	Допустиме	
1	Висока	—	До 400
2	Середня	—	400-600
3	—	Допустиме	600-1000
4	—	Низьке	1000 та вище

Приклади змісту забруднень в зовнішньому повітрі у відповідності з існуючими нормами наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Приклади змісту забруднень в зовнішньому повітрі

Місцевість	Концентрація в повітрі			
	CO ₂ , см ³ /м ³	CO, мг/м ³	NO ₂ , кг/м ³	SO ₂ , мкг/м ³
Сільська місцевість, істотні джерела відсутні	350	1	5-35	5
Невелике місто	375	1-3	15-40	5-15
Забруднене центр великого міста	400	2-6	30-80	10-50

Залежно від ефективності системи розподілу повітря необхідна витрата зовнішнього повітря L , м³ / год, в системі вентиляції слід визначати за формулою

$$L = \eta \cdot L_{\delta} \quad ,$$

де η - коефіцієнт ефективності системи розподілу повітря, який визначається розрахунком або приймається за таблицею 1.3;

L_{δ} - розрахункова мінімальна кількість зовнішнього повітря, м³ / ч.

Орієнтовні значення коефіцієнта ефективності наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Коефіцієнти ефективності систем розподілу повітря

Системи розподілу повітря	Коефіцієнт ефективності системи розподілу повітря
Системи природної вентиляції з періодичним провітрюванням	1.0
Системи механічної авторегульованому витяжної вентиляції з приточними клапанами в зовнішніх огороженнях	0.9
Системи припливної вентиляції з подачею повітря в обслуговується зону, в тому числі системи витісняє вентиляції	0.6-0.8
Системи персональної вентиляції з подачею припливного повітря в зону дихання	0.3-0.5

Для дитячих установ, лікарень слід приймати показники якості повітря 1-го класу.

Для житлових і громадських будинків слід приймати, як правило, клас якості повітря; оптимальні показники повітря для зазначених будівель допускається приймати за завданням на проектування з урахуванням забруднення зовнішнього повітря, джерела забруднення повітря в приміщенні.[1]

1.3 Аналіз існуючих систем виміру вуглекислого газу

«Аналізатор повітря Xiaomi Smartmi PM 2.5 Detector. Детектор оснащений кольоровим індикатором, який повідомить про концентрацію вуглекислого газу в повітрі. Якщо індикатор світиться зеленим, значить стан повітря задовільний. Помаранчевий колір означає легку ступінь забрудненості, коли вразливим категоріям населення слід включити очищувач. Червоний індикатор сигналізує про забруднення середньої або сильної ступеня, коли слід включити очищувач повітря або вжити інших необхідних заходів щодо захисту здоров'я.

Детектор оснащений турбовентилятор постійного струму, який швидко збирає зразки повітря, після чого високоточний лазерний датчик проводить вимірювання містяться в повітрі мікрочастинок. Ґрунтуючись на теорії, проводиться підрахунок концентрації частинок PM2.5 і аналіз якості повітря.

невеликі розміри (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Аналізатор повітря Xiaomi Smartmi PM 2.5 Detector.

Для того щоб зробити детектор зручними і портативними, був виготовлений лазерний датчик товщиною всього 12 мм, а односторонній забір повітря в нижній частині дозволив зробити повітряний канал більш компактним. Таким чином, вся система має дуже компактні параметри. Прилад важить

близько 90.5 г, що дозволяє легко покласти його в кишеню і носити при собі.

Через порт micro-USB заряджати детектор можна як від мережі, так і за допомогою портативного акумулятора.

Екран детектора виконаний в чорному кольорі, тому на ньому ще краще видно цифровий індикаторний дисплей з високою роздільною здатністю. Екран має три рівні яскравості.» [6]

Вимірювач рівня CO₂ TFA AirCO₂ntrol Mini дозволить контролювати концентрації вуглекислого газу в будинках, де присутні люди, наприклад: школи, офіси, громадські будівлі та споруди в будь-який час. Також прилад показує вимір кімнатної температури. Пристрій почергово виводить на дисплей концентрацію вуглекислого газу та температури. Вимірювач рівня CO₂ TFA AirCO₂ntrol Mini зображено на рис 1.2. [7]



Рисунок 1.2 - CO₂ TFA AirCO₂ntrol Mini

Датчик вуглекислого газу CO₂-2 для вентиляції визначає рівень концентрації вуглекислого газу в приміщенні і може при необхідності вмикати / вимикати вентиляцію або плавно змінювати режим роботи в залежності від концентрації (тільки вентилятори з ЕС-двигуном). Має наступний вигляд (рис. 1.3) [8].



Рисунок 1.3 - Датчик вуглекислого газу CO2-2

У таблиці 1.4 наведена порівняльна характеристика пристроїв виміру концентрації вуглекислого газу.

Таблиця – 1.4 порівняння пристроїв вимірювання концентрації вуглекислого газу.

Характеристика	Xiaomi Smartmi PM 2.5 Detector	CO2 TFA AirCO2ntrol Mini	CO2-2
Діапазон виміру		0-3000	0-2000
Вага, г	90.5	65	
Габарити	84x60x21	116x24x49.2	100 ×80×30
Живлення	950 мАгод		
Швидкодія, хв		2	2
Вартість, грн	1000	4300	10600

1.4 Аналіз існуючих датчиків

Датчик вуглекислого газу CO₂ (діоксид вуглецю) smart-MAC.

CO₂ сенсор вимірює вміст вуглекислого газу CO₂ 0-5000ppm (кількість частинок CO₂ на мільйон частинок повітря). Має наступний вигляд Рис 1.4



Рисунок 1.4 - Датчик вуглекислого газу CO₂ (діоксид вуглецю) smart-MAC

Основні характеристики датчика [9]:

- Напруга живлення: 5 В.
- Робоча температура: 0 ... +50 С
- Робоча вологість: 0 ... 90%
- Робочий струм: менш ніж 60мА; піковий не вище за 150мА.
- Діапазон вимірювань: 0-5000ppm
- Точність вимірювань: ± 50 ppm
- Час розігріву: 3 хв

Датчик CO₂, MQ7

Датчик вуглекислого газу MQ7 призначений для безперервного контролю CO₂ в навколишньому повітрі домашніх або промислових приміщень. Датчик нормований для детектування вуглекислого газу, але він також має непогану чутливість до природного газу, побутового газу і різних зрідженим попутним нафтовим газів (пропан, пропілен, ізобутан, ізобутилен, н-бутан і бутилен). Має наступний вигляд (рис. 1.5) [10]



Рисунок 1.5 - Датчик CO₂, MQ7

Датчика якості повітря MQ-135.

Прості і довговічні датчики газу MQ-135 використовуються в обладнанні для контролю якості повітря в промислових будівлях і офісах. Призначений для визначення змісту і кількості шкідливих і небезпечних газів в повітрі таких як: NH₃, NO_x, пари алкоголю, бензину, диму, CO₂ і т.д. Мають швидку реакцію і високою чутливістю до широкого спектру газів. Підходять для виявлення диму, вуглекислого газу, аміаку, бензину, спиртів, оксидів азоту і тд. Має наступний вигляд Рис. 1.6



Рисунок 1.6 - Датчик якості повітря MQ-135

Характеристики датчика якості повітря MQ-135 [10]:

- робоча напруга: 5 В
- споживаний струм: до 800 мА
- діапазон температур: -10 ... + 55 °С
- вихідний сигнал: аналоговий
- реагує на: NH₃, NO_x, пари алкоголю, бензину, диму, CO₂[10]

У таблиці 1.5 наведена порівняльна характеристика датчиків.

Таблиця – 1.5 порівняння сенсорів вимірювання концентрації вуглекислого газу

Характеристики	smart-МАС	MQ7	MQ-135
Діапазон виміру	0-5000ppm	10-10000	
Живлення	5В	5В	5В До 800 мА
Робоча температура	0 - +50	-10 - +50°C	-10 - +55°C
Вартість	890 грн	125 грн	80 грн

Датчики вуглекислого газу використовуються для оцінки ефективності існуючої вентиляційної системи. «Як правило, вони розміщуються в обслуговуваній зоні на висоті до 2 метрів, щоб зручно було прочитувати свідчення, і не далі ніж в 1 метрі від зони скупчення людей. Також прилади можуть розташовуватися в витяжному збірному повітроводі - так, щоб через них проходило достатню кількість повітря» [11].

Температура повітря — один із термодинамічних параметрів стану атмосфери. Температура повітря в кожній точці безупинно змінюється; у різних місцях Землі в той самий час вона також різна.

Життєдіяльність будь-якого організму цілком побудована на процесах, сукупність яких так чи інакше зводиться до перерозподілу тепла між ним і навколишнім середовищем.

1.5 Методи виміру температури повітря

«Рідинний метод - засновані на принципі зміни об'єму рідини, яка залита в термометр (зазвичай це спирт або ртуть), при зміні температури навколишнього середовища;

Механічний метод - діють за тим же принципом, що і рідинні, але в якості датчика зазвичай використовується металева спіраль або пластина;

Електронний метод - принцип роботи електронних термометрів заснований на зміні опору провідника при зміні температури навколишнього середовища;

Оптичний метод - вимірюють потужність теплового випромінювання об'єкта. Інфрачервоний сенсор знаходиться всередині пірометра сприймає випромінювання і передає аналоговий сигнал на електронну схему. Сигнал оцифровується, і на його основі виробляються обчислення результату, який виводиться на РК-дисплей. Інфрачервоні вимірювачі температури тіла дозволяють вимірювати температуру без безпосереднього контакту з людиною;

Газовий метод - містять в собі посудину, заповнений певним обсягом газу. При нагріванні газ розширюється і рухає стрілку, яка відображає температуру на градуйованою шкалою.

Психрометричний метод - заснований на використанні приладу, званого психрометром, який складається з двох розташованих поруч термометрів. Один з термометрів, звичайний, називається сухим, що вимірює температуру t повітря. Балончик з розширюється рідиною іншого термометра обертають легкої гігроскопічною тканиною, наприклад батистом, у вигляді чохла, нижній кінець якого опускають в посудину з водою. Вода по чохла, як по гноті, піднімається до балончика і постійно змочує його.

Об'ємний метод вимірювання температури заснований на тепловому розширенні (зміні об'єму) різних тіл. За цього принципу будуються дилатометричні, біметалеві та рідинні термометри.

Термоелектричний метод вимірювання температури заснований на виникненні контактного потенціалу між двома контактуючими між собою різномірними провідниками (або напівпровідниками) при різниці температур вільних і робочих кінців цих провідників.».[13]

1.6 Ризик підвищеної температури повітря

Великий вплив на людину робить не тільки фактична температура повітря, але і її міждодова мінливість. Зміна середньододової температури повітря на 1-2 °С вважається слабким, на 3-4 °С - помірним, більш ніж на 4 °С - різким. Суб'єктивне відчуття кліматичного комфорту пов'язано з рівнем активності людини, температурою випромінювання і ін.

У порівнянні з природними коливаннями температури повітря діапазон температур, в якому людський організм відчуває себе комфортно, значно вужче. При температурі тіла, що виходить за межі 26-40 °С, можливі незворотні процеси в організмі. Найбільш комфортні умови спостерігаються при температурі повітря 16-18 ° С.[12]

1.7 Норми температури повітря в житлових приміщеннях

Локальна асиметрія результуючої температури повинна бути не більше 2,5 °С для оптимальних і не більше 3,5 °С для допустимих показників.

При забезпеченні показників мікроклімату в різних точках обслуговується зони допускається:

- перепад температури повітря не більше 2 °С для оптимальних показників і 3°С - для допустимих;
- перепад результуючої температури приміщення по висоті обслуговується зони - не більше 2 °С;
- зміна швидкості руху повітря - не більше 0,07 м / с для оптимальних показників і 0,1 м / с - для допустимих; - зміна відносної вологості повітря - не більше 7% для оптимальних показників і 15% - для допустимих.

У житлових і громадських будівлях згідно нормативно-технічних документів в холодний період року в неробочий час допускається знижувати показники мікроклімату, приймаючи температуру повітря нижче нормованої, але не нижче:

15 °C - в житлових приміщеннях;

12 °C - в приміщеннях громадських, адміністративних та побутових.

1.8 Відносна вологість. Опис та вплив на життєдіяльність людини

«Вологість повітря істотно впливає на самопочуття та працездатність. Через високу вологість зменшується віддача тепла за допомогою випаровування. Зниження вологості покращує процес тепловіддачі. Однак, і надто низька вологість викликає висихання слизових оболонок дихальних шляхів. Фізіологічно оптимальна відносна вологість становить 40-60%, допустиме значення не більше 75%.»[16]

1.9 Методи виміру відносної вологості

«Метод точки роси. Вологість повітря методом точки роси визначають гігрометром Ламбрехта. Він складається з тонкого металевого полірованого диска, на зворотному боці якого є резервуар. У резервуар наливають ефір і вставляють термометр через отвір. Через другий отвір за допомогою гумової трубки з грушею продувають повітря. Ефір швидко випаровується і диск при цьому охолоджується. Одночасно охолоджується і повітря, що прилягає до диска, а на поверхні диска виступає роса внаслідок конденсації водяної пари з повітря (поверхня диска стає ніби матовою, що добре помітно, коли порівнювати її з блискучою поверхнею кільця). Фіксують температуру, що відповідає моменту потемніння поверхні диска t_{P1} .

Припинивши продування повітря, визначають температуру t_{P2} зникнення роси. Для обчислення вологості повітря беруть за точку роси t_P середнє арифметичне величин t_{P1} і t_{P2} .»[30]

«Метод психрометра. Якщо взяти два однакових нормальних термометри, кулька одного з яких неперервно змочується водою через батист, занурений у

склянку з водою, то покази обох термометрів («сухого» і «мокрого») відрізнятимуться. Внаслідок випаровування води з батисту мокрий термометр показуватиме нижчу температуру, ніж сухий. Чим менша вологість навколишнього повітря, тим інтенсивніше випаровування і тим менші покази мокрого термометра. Значення показів сухого t_s і мокрого t_m термометрів дають можливість визначити вологість повітря. Покази мокрого термометра в психрометрі дещо відрізняються (в бік завищення) від справжньої температури мокрого термометра. Пояснюється це тим, що кульці мокрого термометра передається певна кількість теплоти випромінювання навколишніх тіл і деяка кількість її надходить через виступаючий стовпчик ртуті термометра, що має температуру навколишнього повітря. Щоб зменшити цей вплив, треба захистити кульку екранами, обгорнути батистом виступаючий стовпчик ртуті, підвищити швидкість руху повітря і цим збільшити швидкість випаровування» [30].

1.10 Ризик підвищеної відносної вологості

Волога вище норми створює ідеальні умови для розмноження різних мікроорганізмів: бактерій, грибків, цвілі. Ці небажані сусіди викидають в повітря величезну кількість спор, які потрапляють в дихальну систему людини.

Навіть якщо на ваші стінах поки тільки невеликі патьоки, чорні точки - вже пора діяти. Шкідливі бактерії розмножуються протягом 24-28 годин після появи.

«Волога призводить до утворення та поширення:

- Бактерій – колонії цих мікроорганізмів живуть на штукатурці, паркеті, плитах. Антибактеріальні засоби найчастіше не справляються з усім обсягом паразитів, не до кінця знищуючи їх.

- Цвілі – призводить до розвитку і загострення респіраторних та алергічних захворювань. Цвіль часто «винуватець» слабого здоров'я і частого поганого самопочуття як дорослих, так і дітей.

Ще один «шкідник» – це вогкість. Через її присутність в будинку

загострюються сезонні хвороби, а також алергія і ГРВІ. Сире приміщення - ідеальне для розвитку інфекційних захворювань. Першими від підвищеної вологості страждають діти.

Один з основних факторів, який суттєво впливає на здоров'я малюків або школярів. Нормальна вологість повітря в квартирі для дитини (від новонародженого до підлітка) – 40-60%.

Надлишок може привести до таких серйозних проблем зі здоров'ям як:

- захворювання бронхів;
- головний біль, мігрень;
- нежить, загальне нездужання;
- шлунковий розлад;
- кровотеча з носа.

Дуже вологе повітря призводить до утворення вогкості і зменшення температури в житлових приміщеннях, що особливо небажано в зимовий період і міжсезоння. Саме в цей час основною проблемою є переохолодження малюків, яке незмінно призводить до регулярних застуд. При нормальних показниках вологості в кімнаті діти дихають без труднощів, відсутня нежить, швидко виліковується бронхіт і кашель.

Занадто вологе повітря протипоказане:

- алергікам;
- літнім людям;
- страждають від захворювань серцево-судинної системи;
- гіпертонікам, хворим на атеросклероз.

Підвищення норми вологості може привести до загострення недуг або утворення нових. Людині зазвичай важко зрозуміти причину цих хвороб, він проходить медикаментозне лікування, але по його закінченню симптоми повертаються знову.

Особливо гостро відчувається волога при високій температурі зовнішнього середовища. Небезпечну властивість вологого повітря - він змушує людину почувати себе розпаленим. Організм, в спробах охолодитися, виділяє

піт. Але при високій вологості він не спрацьовує як «охолоджувач» шкіри, а навпаки весь організм продовжує нагріватися, що призводить до втрати води і корисних мікроелементів.

Висока температура і вологе повітря в кімнаті приводять до перегріву і зневоднення. Варто запам'ятати, що при підвищеній вологості в приміщенні - фізичні навантаження і тренування (якщо це, наприклад, спорт зал) заборонені. У зоні ризику можуть бути люди будь-якого віку, навіть молоді і фізично здорові.

Висока вологість в сукупності з підвищеною температурою в житловому приміщенні може привести до:

- судом, м'язових спазмів;
- непритомності і падіння артеріального тиску;
- втрати рідини і підвищення t тіла;
- млявості, сплутаність свідомості, дезорієнтації» [17]

1.11 Норми відносної вологості повітря в житлових приміщеннях

Рекомендована для людини вологість – 40-60%. Перевищення цієї позначки – вже вогкість, яка чревата псуванням майна та появою цвілі. Вологість нижче зазначеної може негативно впливати на самопочуття: Ви можете відчувати сухість в горлі, очах. Шкіра теж може пересохнути і загубити – в першу чергу, це стосується шкіри обличчя і рук.

ГОСТ і СанПіН для мікроклімату приміщень вказують інші цифри оптимальної вологості: 30-45% взимку і 30-60% влітку. Між іншим, діти потребують більш вологому повітрі, ніж дорослі.

Вологість можна виміряти побутовим гігрометром, домашньої метеостанцією.[10]

Часто роблять в одному платі одного сенсора и температуру і відносну вологу тому розглянемо декілька із них.

1.12 Аналіз існуючих датчиків виміру температури та відносної вологості повітря в житлових приміщеннях

Датчик вологості і температури DHT11

DHT11 - це цифровий датчик вологості і температури, що складається з термістора і ємнісного датчика вологості. Датчик містить в собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості і температури в цифрові. DHT11 має не високу швидкодію та точність, але зате просту, недорогу структуру яка добре підходить для контролю вологості та температури в домашніх умовах. Має наступний вигляд Рис. 1.7



Рисунок 1.7 - Датчик вологості і температури DHT11

Технічні характеристики датчика DHT11:

- Живлення: DC 3,5 - 5,5 В
- струм живлення
- в режимі вимірювання 0.3mA
- в режимі очікування 60μA
- визначення вологості 20-80% з точністю 5%
- визначення температури 0-50 ° C з точністю 2%
- частота опитування не більше 1 Гц (не більше одного разу на 1 сек.)
- розміри 15,5'12'5,5 мм
- вартість ~ 169 грн[18]

Датчик температури і вологості DHT22

DHT-22 (також званий AM2302) являє собою датчик вологості і температури з цифровим виходом, всі свідчення передаються по цифровій інформаційній шині. Має наступний вигляд Рис. 1.8

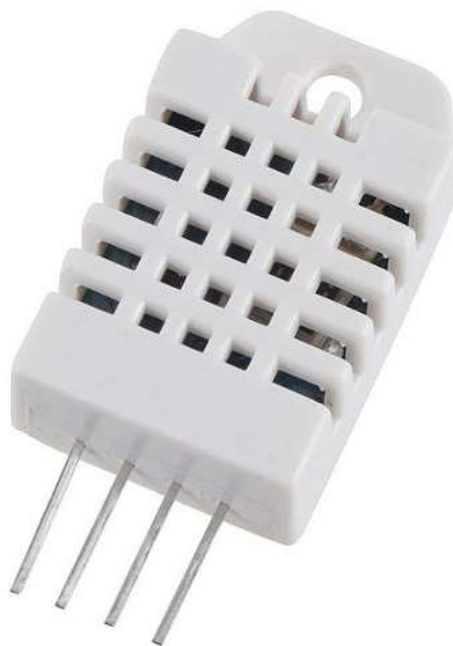


Рисунок - 1.8 Датчик температури і вологості DHT22

Датчики DHT22 складається з чутливого ємнісного датчика і NTC-термістора, а так само 8-ми бітному чипі, який перетворює аналоговий сигнал з датчиків, в цифровий на виході. При виробництві, компоненти входять в модуль DHT22 мають різні параметри і щоб показання були реальними, виробник калібрує кожен датчик DHT22 в калібрувальної камері, а поправочний коефіцієнт зберігається в пам'яті і викликається при зчитуванні даних. Перевага даних датчиків, це невеликі розміри, низька енергоспоживання, висока дальність передачі до 20м, з недоліків можна віднести, затримка в передачі показань в 2 секунди.

Технічні характеристики

- Модель: DHT22
- Напруга живлення: 3.3 В ... 5 В

- Вихідний сигнал: цифровий
- Чутливий елемент: полімерний конденсатор
- Діапазон вимірювання вологості: 0 ... 100%, похибка $\pm 2\%$
- Діапазон вимірювання температури: -40°C ... $+80^{\circ}\text{C}$, похибка $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Затримка: 2с
- Габарити: 15.1 мм x 25.1 мм x 7.7 мм[19]

Датчик температури і вологості HTU-21 (GY-21)

Модуль датчика вологості і температури GY21 на основі датчика SHT21 є високоточний модуль для вимірювання температури і вологості. Має дуже високу точність. Передає данні про температур і вологість через універсальний інтерфейс I2C. Має наступний вигляд Рис. 1.9

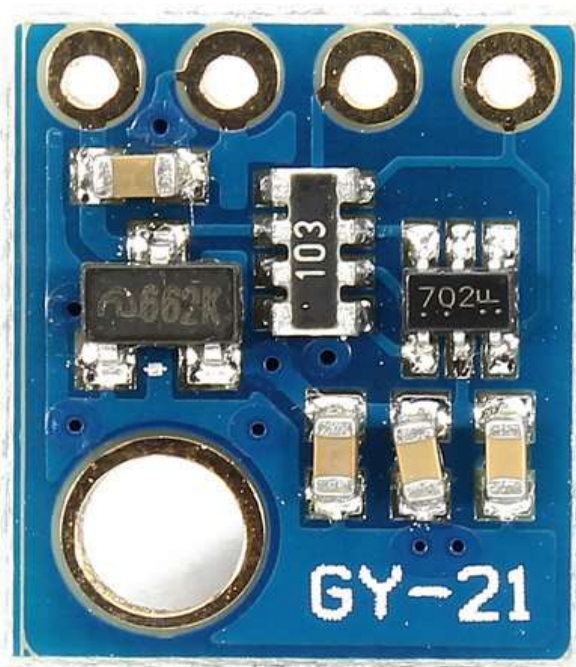


Рисунок 1.9 - Датчик температури і вологості HTU-21 (GY-21)

Технічні характеристики GY-21 [20]:

- Точність вимірювання вологості в діапазоні 0-80% RH: $\pm 3\%$ (макс.)
- Точність вимірювання температури в діапазоні -10 до +85 ° C: ± 0.4 ° C (макс.)
- Робочий діапазон вологості: 0 до 100% RH
- Робочий діапазон температури: -40 до +125 ° C
- Діапазон робочої напруги датчика (1.9 до 3.6 В)
- Напруга живлення модуля: від 3В до 5В
- Струм в активному режимі: 150 мкА
- Струм в режимі очікування: 60 пА
- Інтерфейс: I2C
- I2C адреса пристрою: 0x40
- Нагрівач: інтегрований на чіпі
- Розмір модуля: 13 x 10 x 2 см[20]

Висновки

Контроль параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях є актуальною задачею, ефективність вирішення якої має прямий вплив на стан здоров'я людини та якість її життя.

На підставі проведеного аналізу методів та засобів контролю параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях можна стверджувати, що основними параметрами для моніторингу мікроклімату є температура, відносна вологість та якість повітря, основним показником якої може виступати концентрація газоподібного діоксиду вуглецю.

Аналіз існуючих методів та засобів контролю основних параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях виявив велику кількість та різноманітність таких методів та засобів із значним діапазоном основних техніко-економічних та експлуатаційних параметрів.

Обрання конкретних методів та засобів моніторингу повинна ґрунтуватися не

тільки на метрологічних або надійних показниках але й відповідати вимогам щодо економічності та доступності для широкого масового застосування подібних систем.

Розділ 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ

2.1 Розробка функціональної схеми

Електронна система вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях має мати наступний функціонал:

- 1) первинна обробка вимірювальної інформації;
- 2) корекція первинного вимірювання з урахуванням факторів які можуть впливати;
- 3) відображення інформації щодо процесу вимірювання оператору;
- 4) передача вимірювальної інформації її до місця збереження та подальшої обробки зручним способом (хмарна технологія).

Виходячи з запропонованого функціоналу синтезовано функціональну схему електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях. (рис. 2.1).

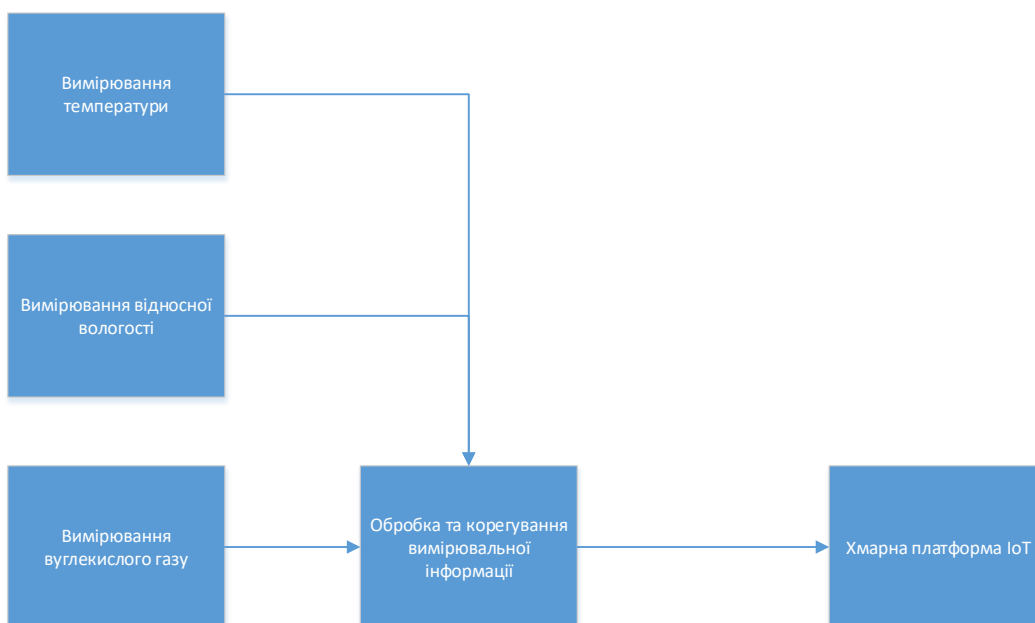


Рисунок 2.1 – Функціональна схема електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях

Схема складається з наступних частин:

- Мікроконтролер,
- Сенсор вуглекислого газу,
- Сенсор відносної вологості,
- Сенсор температури,
- Хмарна платформа IoT.

Мікроконтролер виконує збір вимірювальної інформації, що надходить з сенсорів та виконує первинну обробку результатів вимірювання. Після цього інформація щодо результатів вимірювання концентрації вуглекислого газу, температури та відносної вологості проведення вимірювання надсилається до хмарної платформи IoT.

Обираємо компоненти для системи . Для нашої системи вибираємо МК Esp8266 тому що він має вбудований модуль Wi-Fi, який ми будемо використовувати в якості зв'язку так як середовище виміру є житлове приміщення Wi-Fi роутер там є більшою вірогідністю є.

2.2 Мікроконтролер ESP8266

ESP8266 - являє собою мережеве рішення з Wi-Fi-трансівером на борту плюс можливість виконання записуються в його пам'ять додатків.

Існує безліч модифікацій плат, іменованих зазвичай від ESP-01 до ESP-12. Зараз вже з'явилися ще інші найменування плат від сторонніх розробників. Відмінності в платах полягає в основному в портах введення-виведення, кількості флеш-пам'яті, виду конекторів і т.п. Процесор - один і той же, а отже з точки зору програмування не має значення яку плату програмувати. ESP8266 зображено на рис. 2.2 .



Рисунок 2.2 - Esp8266

Специфікація ESP8266:

- Напруга живлення: 3,3 В
- Енергоспоживання: 10 мка ... 170 мА
- Флеш-пам'ять: до 16 мб максимум (зазвичай 512 кб)
- Процесор: Tensilica L106, 32 біта
- Швидкість процесора: 80 ... 160 МГц
- ОЗУ: 32 кб + 80 кб
- Порти введення-виведення загального призначення: 17
(мультиплексованість з іншими функціями)
- АЦП: 1 введення з роздільною здатністю 1024 (10 розрядів)
- Підтримка 802.11: b / g / n / d / e / i / k / r (WiFi)
- Максимальне число підключень TCP: 5

З специфікації видно, як довго буде працювати ESP8266. Споживання енергії змінюється в дуже широкому діапазоні - при передачі на повній потужності воно становить 170 міліампер, а в режимі сні - всього 10 мікроампер!

ESP8266 розроблений так, що він може використовувати підключений до нього модуль пам'яті і це зазвичай флеш-пам'ять.[21]

2.3 Опис сервісів IoT

На сьогодні Інтернет речей - одна з найбільш швидко зростаючих галузей. У наших будинках, автомобілях і офісах підключені пристрої стають ще розумнішими, швидше і ефективніше.

Використання даної технології в нових продуктах стрімко зростає з кожним роком. Розвиваються інновації і створюються повністю нові бізнес моделі та послуги для нового покоління споживачів.

Топ-10 кращих хмарних платформ, які можуть забезпечити найбільш оптимальне середовище для запуску додатків IoT. Дані платформи підтримують інтернет функції для додатків - запуск, обслуговування, аналітика, зберігання даних і заходи безпеки.

1. Thingspeak
2. Amazon Web Services
3. Google Cloud IoT
4. Microsoft Azure IoT Suite
5. SAP
6. Salesforce IoT
7. Oracle Internet of Things
8. Cisco IoT Cloud Connect
9. Bosch IoT Suite
10. IBM Watson Internet of Things

Розглянемо декілька платформ

«ThingSpeak - це хмарна платформа інтернету речей (IoT), яка дозволяє збирати, відображати і аналізувати потокові дані. Ви можете відправляти дані в ThingSpeak з різних пристроїв, налаштовувати їх відображення в реальному часі. Зовнішній вид сайту зображено .на рис. 2.3

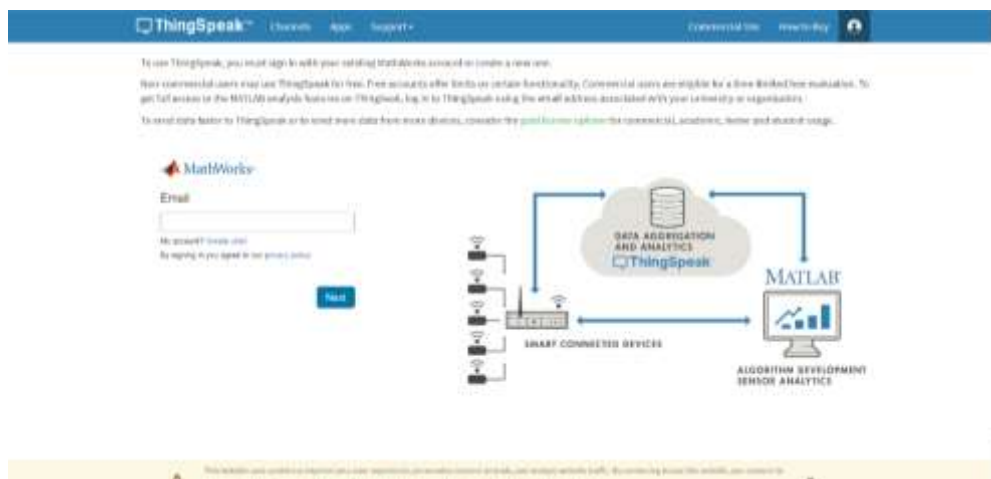


Рисунок 2.3 – Платформа ThingSpeak

Аналітика MATLAB всередині ThingSpeak дозволяє писати і запускати MATLAB-код для виконання попередньої обробки, візуалізації і аналізу даних. ThingSpeak дозволяє інженерам і вченим які не мають досвіду у програмуванні прототипувати і будувати IoT-системи без настройки серверів і розробки веб-додатків» [22].

Amazon Web Services

«AWS надає широкий вибір сервісів IoT в діапазоні від периферійних до хмарних. AWS IoT - єдиний набір хмарних сервісів, який об'єднує управління даними і докладну аналітику в зручному рішенні, призначеному для роботи з «забрудненими» даними IoT. Зовнішній вид сайту зображено .на рис. 2.4



Рисунок 2.4 – Платформа Amazon Web Services

AWS IoT пропонує сервіси для всіх рівнів забезпечення безпеки, включаючи превентивні механізми безпеки, такі як шифрування і контроль доступу до даних пристроїв.

AWS об'єднує штучний інтелект і IoT для розширення інтелектуальних можливостей пристроїв. Можна створювати моделі в хмарі, а потім розгортати їх на різних пристроях, де вони будуть працювати в 2 рази швидше в порівнянні з іншими рішеннями.

AWS IoT побудований на безпечній і перевіреної хмарної інфраструктурі і масштабується до мільярдів пристроїв і трильйонів повідомлень. AWS IoT інтегрується з іншими сервісами AWS, що дозволяє створювати комплексні рішення».[23]

Головна можливість Cloud IoT Core - підтримка даних «мільйонів розкиданих по світу пристроїв». Як і інші подібні сервіси, цей інструмент оснащений інтерфейсами для підключення через MQTT і HTTP. Зовнішній вид сайту зображено .на рис. 2.5



Рисунок 2.5 – Платформа Google Cloud IoT

За використання Cloud IoT Core стягується плата в розмірі 0,0045 доларів /мегабайт за перші 250 ГБ. На великі обсяги даних надаються додаткові знижки.[24]

Azure IoT Suite - це комплексне рішення з вбудованими інструментами безпеки, які забезпечують захист на всіх рівнях. У корпорації Microsoft забезпечення безпеки ПО є невід'ємною частиною процесу розробки відповідно до усталених за десятиліття принципів конструювання надійного і захищеного ПО. Для цього використовується життєвий цикл розробки захищених додатків (SDL) - базова методика розробки ПО, об'єднана з набором служб безпеки рівня інфраструктури (Operational Security Assurance (OSA), а також Microsoft Digital Crimes Unit, Microsoft Security Response Center і Центр Microsoft із захисту від шкідливих програм). Зовнішній вид сайту зображено на рис. 2.6

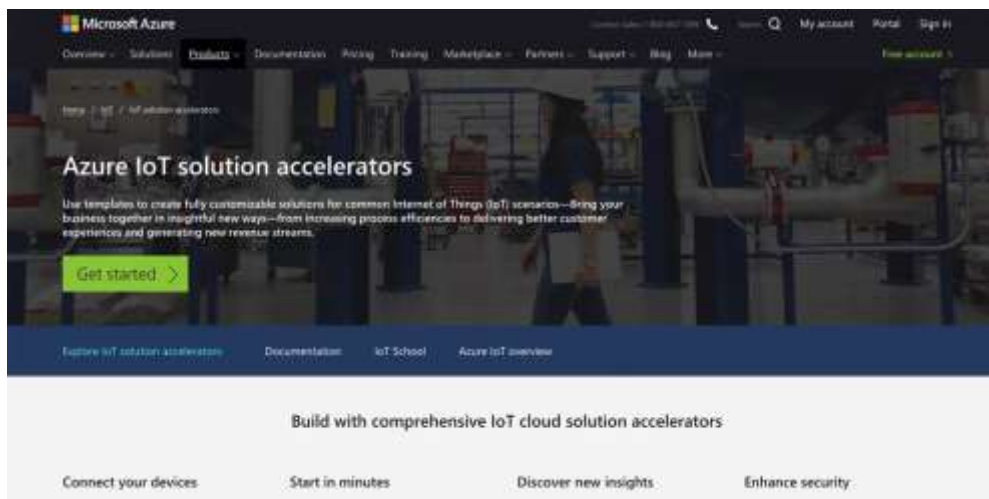


Рисунок - 2.6 Платформа Azure IoT Suite

У Azure IoT Suite доступні унікальні функції, які дозволяють просто, наочно і, що найважливіше, безпечно готувати до роботи пристрою IoT, підключатися до них і зберігати надходять від них дані. У цьому матеріалі ми розглянемо компоненти безпеки і стратегії розгортання Azure IoT Suite, які забезпечують надійний захист, конфіденційність і відповідність вимогам.[25]

SAP Cloud Platform - це відкрита хмарна платформа, що надає за моделлю платформа як послуга, яка надає можливості обчислень в оперативній пам'яті, послуги базової платформи і унікальні мікросервіси для створення і розширення

інтелектуальних хмарних платформ з підтримкою мобільних пристроїв. Зовнішній вид сайту зображено на рис. 2.7



Рисунок - 2.7 Платформа SAP Cloud Platform [SCP]

«Платформа призначена для прискорення цифровий трансформації, допомагає швидко, легко і економічно розробляти потрібне вам додаток без інвестицій в локальну інфраструктуру.

Можливості та послуги SAP Cloud Platform

- Цифрова трансформація. Прискорює цифрову трансформацію, завдяки швидкому розгортанню додатків наступного покоління на платформі SAP Cloud Platform, яка є основою для SAP Leonardo.
- Відкрите PaaS Хмара підприємств. Використовує єдину відкриту корпоративну PaaS платформу для задоволення всіх потреб підприємства. Ви можете досліджувати середовища ABAP, Kubernetes і Cloud Foundry.
- Управління даними та аналітика. Використовує служби управління даними і аналітики для створення інтелектуального підприємства. Вона може надавати інформацію в реальному часі і надавати дані для підтримки прийняття рішень або аналізу.
- Інтеграція і координація. Надійно інтегрує і безперешкодно координує бізнес-процеси, рішення і дані між хмарними і локальними додатками в режимі реального часу.

- Цифровий опит. Створює чудовий користувацький досвід через цифрові точки дотику і оптимізує дизайн користувацького досвіду і розробку, спільну роботу, взаємодія з користувачем і мобільність.
- Можливість розширення рішення. Використовує розширюваність платформи, щоб дозволяє впроваджувати гнучкі рішення і інновації для бізнес-додатків інтелектуального підприємства.»[25]

Salesforce IoT Cloud - це платформа для зберігання і обробки даних IoT. Він використовує механізм Thunder для масштабованої обробки подій в реальному часі. Його колекція компонентів для розробки додатків, відома як Lightning, забезпечує роботу додатків. Він збирає дані з пристроїв, веб-сайтів, додатків, клієнтів і партнерів, щоб ініціювати дії для відповідей в реальному часі. Зовнішній вид сайту зображено на рис. 2.8



Рисунок 2.8 – Платформа Salesforce IoT

Salesforce, лідер CRM, вирішив увійти в цей простір через необхідність залишатися конкурентоспроможними в майбутню епоху. Хмара IoT додає Salesforce, розширюючи його охоплення і глибину аналітики.

Salesforce в поєднанні з IoT забезпечує значне поліпшення обслуговування клієнтів з більш тісною інтеграцією і реагуванням на події в реальному часі; наприклад, регулювання в вітряних турбінах можуть викликати автоматичну

перереєстрацію відкладених / скасованих стикувальних рейсів перед посадкою пасажирів авіакомпанії.[26]

«З порівняння хмарних платформ IoT видно, що можливостей досить багато, і важко знайти краще рішення для планованого проекту.

Критерії вибору платформи можуть бути наступними:

- Ціна і модель ціноутворення. Деякі платформи використовують модель оплати за фактом, коли ви платите за фактично спожиті ресурси (наприклад, AWS IoT Core), в той час як інші використовують модель підписки з фіксованою оплатою на місяць (наприклад, Salesforce). Залежно від специфіки вашого проекту, виберіть концепцію ціноутворення, яка підходить вам найкраще.
- Наявність безкоштовного рівня. Це відмінний варіант для випадків, коли вам потрібно перевірити свою ідею і вам потрібна можливість запуснути простий проект з мінімальними інвестиціями. AWS пропонує безкоштовну опцію рівня з певними обмеженнями, в той час як у Oracle немає безкоштовної опції, так як вона досить дорога».[27]

Для нашого проекту будемо використовувати хмарну платформу ThingSpeak опираючись на такі переваги:

- Можливість безкоштовного використання.
- MatLAB аналіз та візуалізація.
- Можливість використання декількох полів для виводу даних в одному каналі.

2.4 Функціональна схема електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях

Виходячи з вище написаного синтезовано структурну схему електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях. (рис2.9).

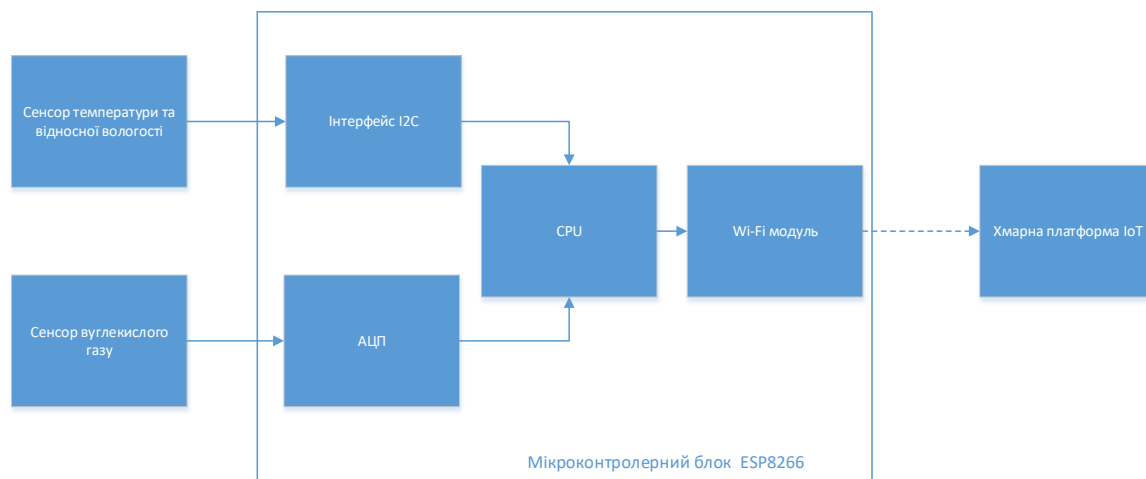


Рисунок 2.9 – Структурна схема електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях

Схема складається з наступних частин:

- Мікроконтролер
- Сенсор вуглекислого газу
- Сенсор температури та відносної вологості
- Хмарна платформа IoT
- Інтерфейс I²C
- АЦП
- CPU
- Wi-Fi модуль

Так як сенсор відносної вологості та температури виконані в одній платі то він підключається до МК через інтерфейс I²C. Сенсор вуглекислого газу

аналоговий тому результати виміру спочатку потрапляють до АЦП для відцифровки даних. CPU виконує збір вимірювальної інформації, що надходить з сенсорів та виконує первинну обробку результатів вимірювання. Після цього інформація щодо результатів вимірювання концентрації вуглекислого газу, температури та відносної вологості проведення вимірювання надходить до Wi-Fi модуля звідки потім надсилається до хмарної платформи IoT.

2.5 Калібрування MQ-135

Для дослідження було обрано широко поширений та дешевий датчик – MQ 135. Схема датчика наведена на рис.2.10.

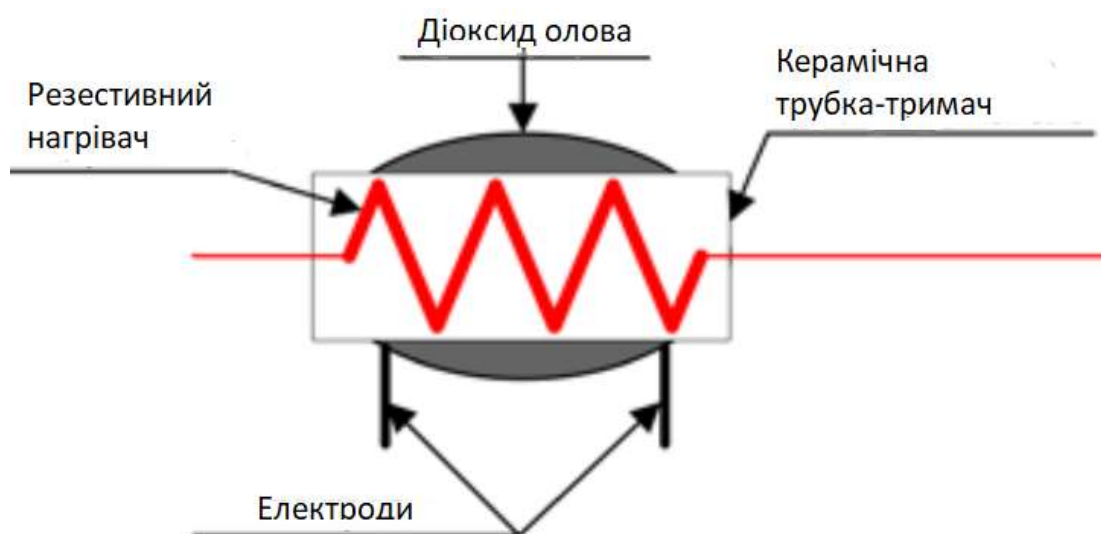


Рисунок 2.10 - Схема датчика на основі діоксиду олова

Сенсор реагує на наявність в повітрі вуглекислого газу, окису вуглецю, аміаку, парів спирту і бензину, метану і горючих газів. Тобто має малу вибірковість. Газовий сенсор налаштований на вимірювання концентрації вуглекислого газу в діапазоні від 10 до 10000 ppm. Робочий діапазон температур від мінус 10 до 50 °С, вологості від 10 до 98%. Час виходу на режим після включення - до 5 хвилин, час реакції - до 10 с, час відновлення - до 60 с. При

першому включенні час виходу на режим - до 72 годин. Залежність відносини опору сенсора на діоксиді олова від концентрації газів приведена на рисунку 2.11.

Залежність опору датчика від концентрації газу домішки лінійна в логарифмічному масштабі. Датчик виявляє чутливість до різних типів газів домішки одночасно

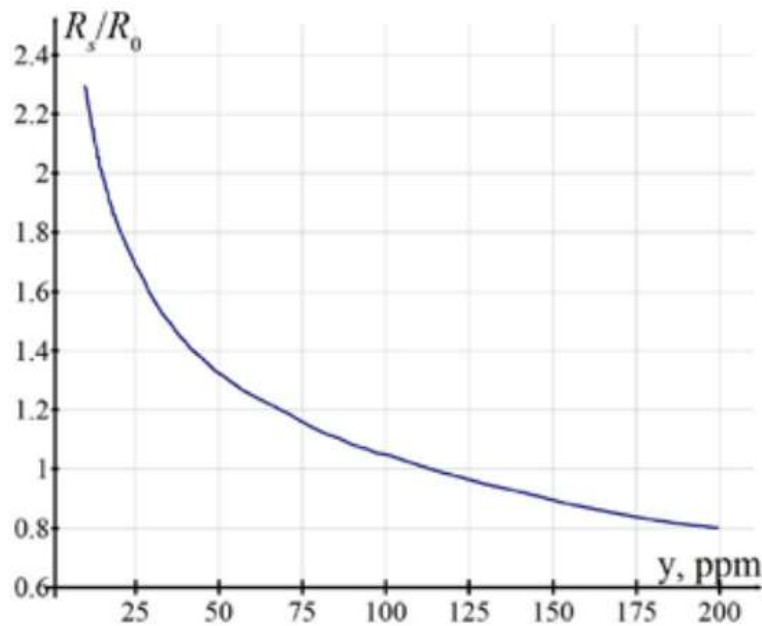


Рисунок 2.11 - Залежність $\frac{R_s}{R_0}$ від концентрації вуглекислого газу при температурі 20 °C і вологості 65%

Залежності відносин опорів від концентрацій для вуглекислого газу (рис.2.11) можна описати як :

$$y = C_0 \cdot \left(\frac{R_s}{R_0}\right)^n, (1)$$

де y - концентрація вуглекислого газу,

$C_0 = 111,624$ ppm - концентрація вуглекислого газу за однакової кількості 1 відносини опорів, а

$n = -2,883$, R_s - опір датчика в даному середовищі до

R_0 - опору датчика при концентрації аміаку 100 ppm.

Чутливість сенсора залежить від температури і вологості навколишнього середовища. На рисунку 2.12 показані залежності $\frac{R_s}{R_0}$ при двох різних значеннях вологості.

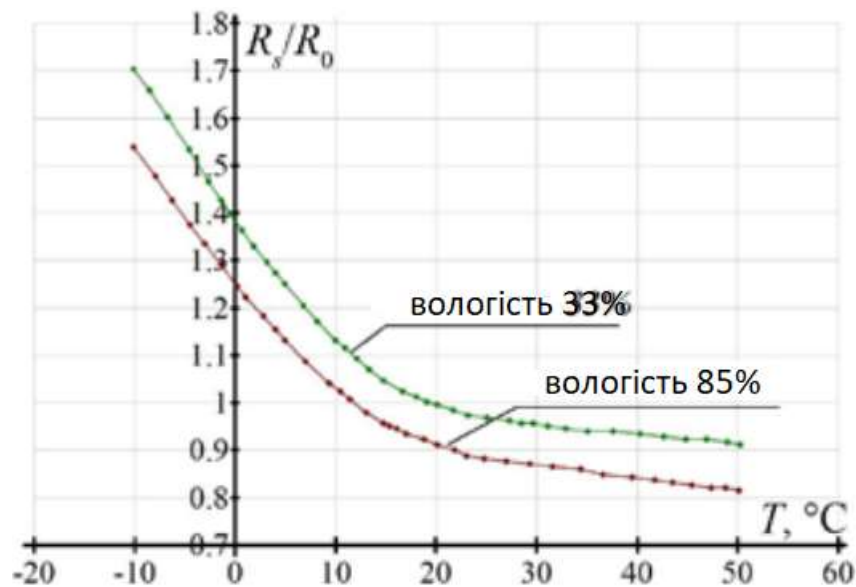


Рисунок - 2.12 Залежність $\frac{R_s}{R_0}$ від температури

Температурну залежність $\frac{R_s}{R_0}$ для вологості 33% можна описати поліномом 3 ступеня:

$$\frac{R_s}{R_0}, (T, 33) = -4.75 \cdot 10^{-6} \cdot T^3 + 6.43 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 2.92 \cdot 10^{-2} \cdot T + 1.37, (2)$$

де T - температура ($^\circ\text{C}$).

А при вологості 85%:

$$\frac{R_s}{R_0}, (T, 85) = -4.51 \cdot 10^{-6} \cdot T^3 + 5.75 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 2.58 \cdot 10^{-2} \cdot T + 1.24, (3)$$

Якщо (2) і (3) розділити на їх вільні члени, то отримаємо рівняння, коефіцієнти яких (при змінній у відповідній мірі) відрізняються менше ніж на 5%. З огляду на результати, залежність від температури і вологості можна

уявити як:

$$\frac{R_s}{R_0}, (T, H) = f(T) \cdot g(H), (4)$$

де H - вологість (%).

Нехай

$$g(H) = k \cdot H + H_0, (5)$$

Тоді

$$\frac{R_s}{R_0}, (T, H) = (a_3 \cdot T^3 + a_2 \cdot T^2 + a_1 \cdot T + a_0) \times (k \cdot H + H_0), (6)$$

Розв'язуючи систему:

$$\begin{cases} \frac{a_3}{a_0(k \cdot H_1 + H_0)} = -3,47 \cdot 10^{-6}, \\ \frac{a_2}{a_0(k \cdot H_1 + H_0)} = 4,69 \cdot 10^{-4}, \\ \frac{a_1}{a_0(k \cdot H_1 + H_0)} = -2,13 \cdot 10^{-2}, \\ a_0(k \cdot H_1 + H_0) = 1,37, \\ \frac{k}{H_0} = -\frac{1,37 - 1,24}{1,37 \cdot H_2 - 1,24 \cdot H_1}, \\ (a_3 \cdot T_1^3 + a_2 \cdot T_1^2 + a_1 \cdot T_1 + a_0) \times (k \cdot H_1 + H_0) = 1, \end{cases} (7)$$

де $H_1=33\%$, $H_2=85\%$, $T=20^\circ\text{C}$,

отримаємо:

$$\begin{aligned} R_s/R_0, (T, H) = & (-4,69 \cdot 10^{-6} \cdot T^3 + 6,34 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 2,88 \cdot 10^{-2} \cdot T + \\ & + 1,35) \cdot (-0,0018 \cdot H + 1,076). \end{aligned} (8)$$

Калібрування датчика

Датчик поставляється без вказівки величини опору R_0 , мабуть, через неможливість забезпечення цього параметра при виготовленні газового сенсора. Необхідний метод, що дозволяє проводити калібрування цих датчиків і їх компенсацію в залежності від умов навколишнього середовища.

На рисунку 2.13 представлена схема вимірювання падіння

напруги на датчику.

Нехай $U_i = U_s$ при довільній концентрації вуглекислого газу, $U_i = U_0$ при концентрації 100 ppm аміаку, а напругу живлення $U = 5 \text{ В}$.

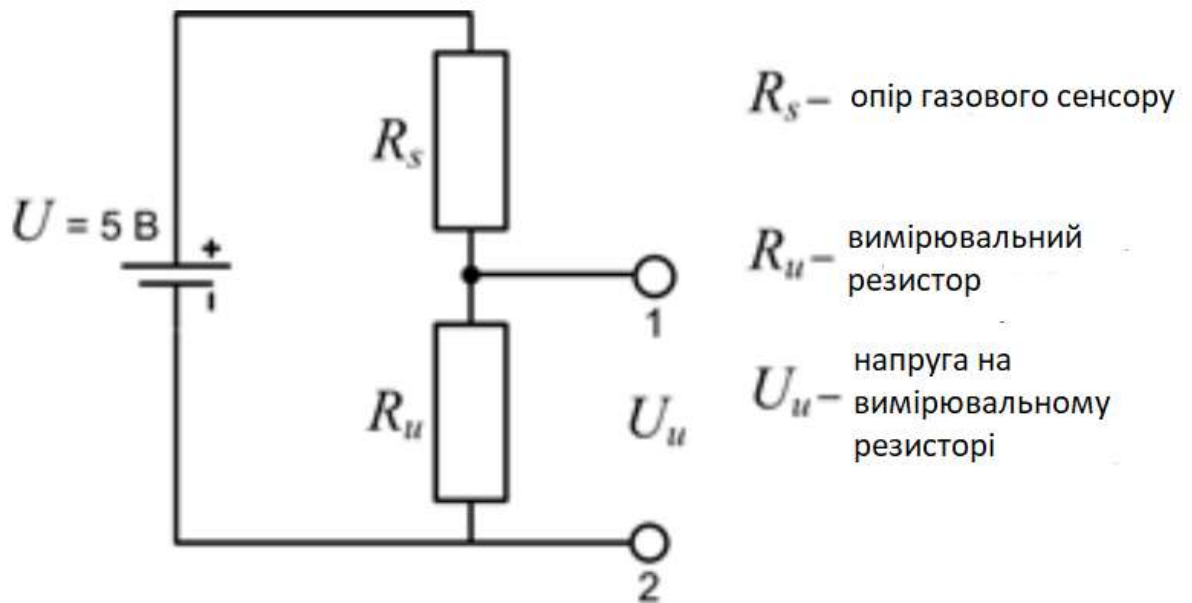


Рисунок 2.13 - Схема вимірювання падіння напруги на датчику

Тоді

$$\frac{R_s}{R_0}(U_s) = \frac{(U - U_s)U_0}{(U - U_0)U_s}, (9)$$

Загальна залежність:

$$\frac{R_s}{R_0}(U_s, T, H) = \frac{(U - U_s)U_0}{(U - U_0)U_s} \cdot (-4.69 \cdot 10^{-6} \cdot T^3 + 6.34 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 2.88 \cdot 10^{-2} \cdot T + 1.35) \cdot (-0.0018 \cdot H + 1.076), (10)$$

Позначимо за R_{390} - опір датчика в чистому повітрі (вміст вуглекислого газу $c_{390} = 390 \text{ ppm}$), а $U_i = U_{390}$. знаходимо

$$\frac{R_{390}}{R_0} = \left(\frac{c_{390}}{c_0} \right) = 0.648, (11)$$

Калібрування полягає в знаходженні U_0 з

$$U_0 = \frac{\frac{R_{390}}{R_0} \cdot \frac{R_s(T_{390}, H_{390})}{R_0} \cdot U \cdot U_{390}}{U + \left(\frac{R_{390}}{R_0} \cdot \frac{R_s(T=20^\circ\text{C}, H=65\%)}{R_0} - 1 \right) \cdot U_{390}}, (12)$$

де $\frac{R_s}{R_0}(T = 20^\circ\text{C}, H = 65\%)$.

Температурно-вологісний компенсація

Вимірюємо температуру T_s і вологість H_s навколишнього середовища і по (8) отримуємо $\frac{R_s}{R_0}(T_s, H_s)$. Вимірюємо $U_i = U_s$ і, використовуючи знайдене U_0 , обчислюємо $\frac{R_s}{R_0}(U_s, T_s, H_s)$. по .

Для проведення температурно-вологісної компенсації необхідний датчик температури вологості, наприклад HTU-21 (GY-21). На основі цих двох датчиків і мікроконтролера можна побудувати вимірювальний комплекс для вимірювання температури, вологості і концентрації вуглекислого газу в приміщенні.[28]

Висновки

Сучасні технології моніторинг вбирають в себе не тільки методи і засоби безпосереднього вимірювання та методики коригування результатів такого вимірювання з допомогою використання інформації про додаткові впливаючі фактори, коли і сучасні інформаційні технології її для передачі, збереження, відображення та інтелектуальної обробки отриманої інформації її в режимі реального часу. Одну з найефективніших подібних технологій й технологія хмарних обчислень і підходи, що відповідають концепції інтернету речей.

Існування великої кількості платформи що підтримують технології інтернету речей засобами хмарних технологій підкреслює актуальність

використання цієї у галузі інформаційних технологій у побудові сучасних інформаційно-вимірювальних систем що використовуються умовах житлових приміщень та має на меті підвищення якості життя та забезпечення комфорту і безпеки для здоров'я людини.

Великого вибору платформ IoT досить складним виявляється обґрунтування обрання однієї з них. Параметрами які впливають на такий вибір можуть бути не лише технічні але й економічні та експлуатаційні характеристики існуючих платформ.

Окремою важливістю характеризується питання отримання достовірних та метрологічну якісних показників у процесі вимірювання концентрації двоокису вуглецю в атмосфері житлових приміщень за допомогою сучасних сенсорів. Особливо актуальним це питання виявляється для тих типів сенсорів, які завдяки дешевій технології виробництва забезпечують високий рівень доступності у масовому використанні за рахунок спрощення конструкції відповідного зменшення рівня вимог до метрологічних та технічних показників.

В таких умовах значної уваги заслуговує питання можливості якісного калібрування сенсорних та оцінки ефективності такого калібрування.

Розділ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ.

3.1 Розробка алгоритму роботи електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях

Алгоритм роботи електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях представлена на рисунку 3.1 . Алгоритм синтезовано виходячи зі структурної та функціональної схеми, а також виходячи з поставлених задач проектування електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях .

У блоці 2 проходить перевірка підключення до мережі Wi-Fi. Якщо підключення не має проходить автентифікація доки вона не пройде успішно (блоки 3, 4). Якщо підключення є або автентифікація проходять успішно мікроконтролер приступає до зчитування інформації (блоки 5, 6, 7). Отримані результати вимірювання температура вологості та концентрації оксиду вуглецю перераховується у відповідності до вказаної методики калібрування на основі поточної інформації, що отримано з відповідних сенсорів. Після цього дані надсилаються до хмарної платформи IoT (блок 8). Частота сеансів зв'язку з хмарним сервісом збереження та відображення даних обмежується параметрами хмарної платформи і не може перевищувати трьох сеансів на хвилину.

Якщо було вимкнено живлення – система завершує свою роботу. Інакше – прилад переходить на наступний цикл (блок 2).

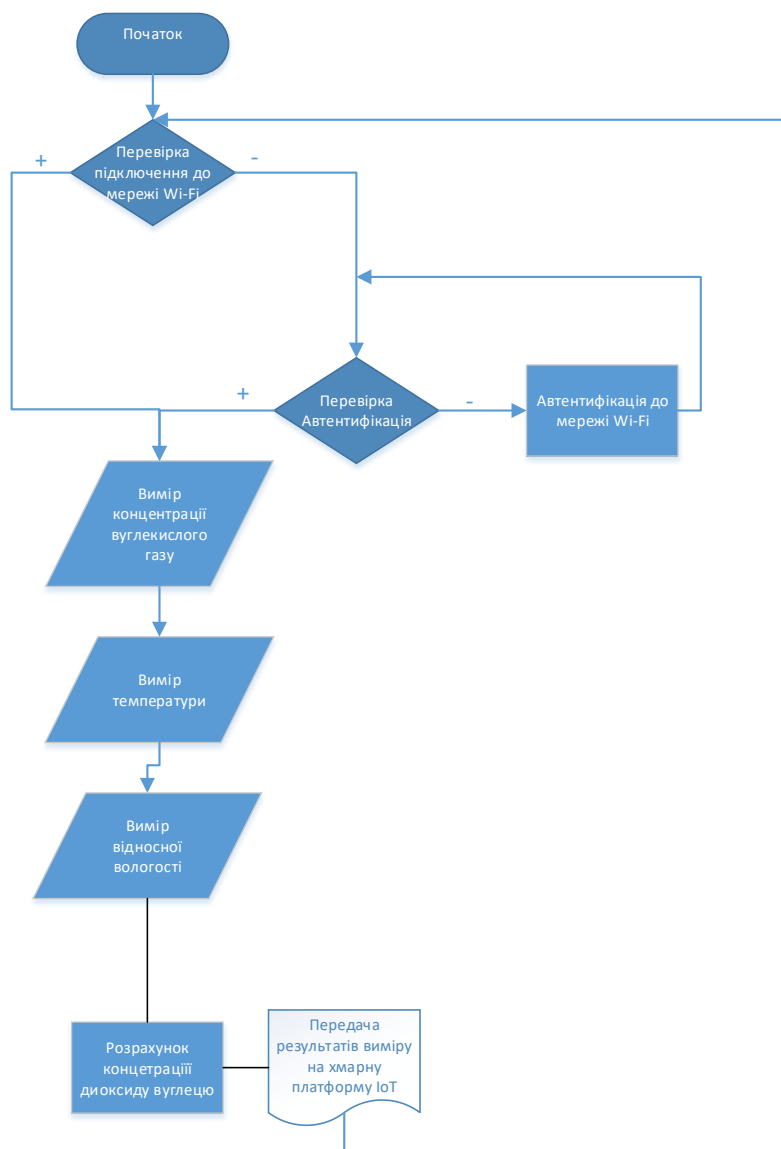


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи системи

3.2 Дослідження роботи електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях з допомогою фізичного моделювання

У відповідності до особливості обраного сенсору (MQ-135) для вимірювання концентрації діоксиду вуглецю, перед його стаціонарним застосуванням необхідно провести певні дії.

По-перше, сенсор має бути ввімкнено упродовж певного часу перед початком вимірювань в тому випадку якщо він новий або довгий час не використовувався. Під час такої експлуатації сенсор повинен увійти до

стаціонарного режиму, після чого його можна використовувати за прямим призначенням. Рекомендований термін такого прогріву – 24-72 години, впродовж яких внутрішні параметри сенсора будуть змінюватись в залежності не лише від вимірюваної параметру але і від ходу протікання внутрішніх процесів в його структурі. Особливості протікання такого процесу не викликають особливої зацікавленості з точки зору звичайно експлуатації сенсору, але визначення часу, що потрібний для досягнення сталого режиму є досить актуальним завданням.

По-друге з огляду на особливості конструкції на процесу виготовлення сенсору цікавим завданням для дослідження буде оцінка діапазону відхилень основних вимірювальних характеристик від середнього. Таке дослідження може бути корисним з точки зору визначення ефективності певної методики калібрування сенсору такого типу.

Для подальшого дослідження буде використовуватись електронна система вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях до складу якої введено три окремі та тотожні блоки, що побудовані у відповідності до запропонованої структурної схеми (див. рис 2.9), та реалізують запропонований алгоритм функціонування (див. рис. 3.1).

Сенсори, що використовуються в кожному з цих блоків для вимірювання концентрації діоксиду вуглецю відносяться до одного і того ж самого типу (mq135), але будуть відрізнятися за окремими експлуатаційними технічними показниками. Зокрема, сенсор першого блоку має значний термін роботи і дата його введення в експлуатацію приблизно на рік раніше від інших двох сенсорів. Другий та третій блок включають сенсори які введено в експлуатацію на початку наших експериментів. Ці два зразки сенсорів мають однакову дату випуску і однаковий термін використання. Такий підхід забезпечить нам можливість проаналізувати зокрема наскільки термін експлуатації її впливає на експлуатаційні параметри пристроїв. Тотожність експлуатаційних параметрів двох останніх сенсорів дозволить оцінити діапазону відхилень експлуатаційних параметрів, що характерний для сенсорів такого типу в межах однієї партії

випуску.

3.3 Дослідження поведінки електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях без попереднього калібрування сенсорів

Сенсори чутливі до концентрації диоксид вуглецю які входять до складу розробленої системи характеризуються високим рівнем доступності в умовах масового використання за рахунок спрощеної конструкції невеликої ціни та мають не дуже високі технічні та метрологічні показники. В таких умовах важливим є питання оцінки ефективності та порівняння різних методів калібрування подібних пристроїв.

Процедура калібрування, яку рекомендують використовувати для цього типу цензури по суті складається з визначення параметру базового постійного зміщення (**rZero**), який може бути різним навіть для сенсорів з одної виробничої партії, та використання коефіцієнтів нелінійності передавальної характеристики, які розраховуються з допомогою наведених у документації характеристика сенсор у цієї моделі.

Проведено серію вимірювань з трьома реалізованими макетами в однакових умовах. При цьому калібрувальний параметр **rZero** для першого макета встановлений значення, яке визначено на попередньому етапі використання цього сенсору близько півроку тому. Оцінюючи результати отриманих вимірювань можна зробити висновок про стабільність калібрувального параметру у часі та перевірити гіпотезу про те, що сенсори даного типу потребують періодичної процедури калібрування.

rZero для двох інших макетів. На цьому етапі нам невідомий тому у якості такого будемо використовувати те ж саме значення, що і для першого макету. Це дозволить порівнявши отримані значення вимірювань оцінити вплив калібрувального параметру **rZero** на результати вимірювань.

Результати дослідження, коли перший макет працює з сенсором із застарілим параметром калібрування ($rZero = 64.25$), наведено на рис. 3.2 – 3.6. Параметри, які використовуємо для дослідження:

PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO_2 в умовах житлових приміщень може вважатися основною такою компонентною навіть з урахуванням низької вибірковістю самого сенсора),

CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів (температура та відносна вологість, що вимірюються окремими сенсорами у складі макету);

$rZero$ – калібрувальний компонент (розрахований для відомого рівня концентрації CO_2);

CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів (температура та відносна вологість, що вимірюються окремими сенсорами у складі макету).

Макет 1:

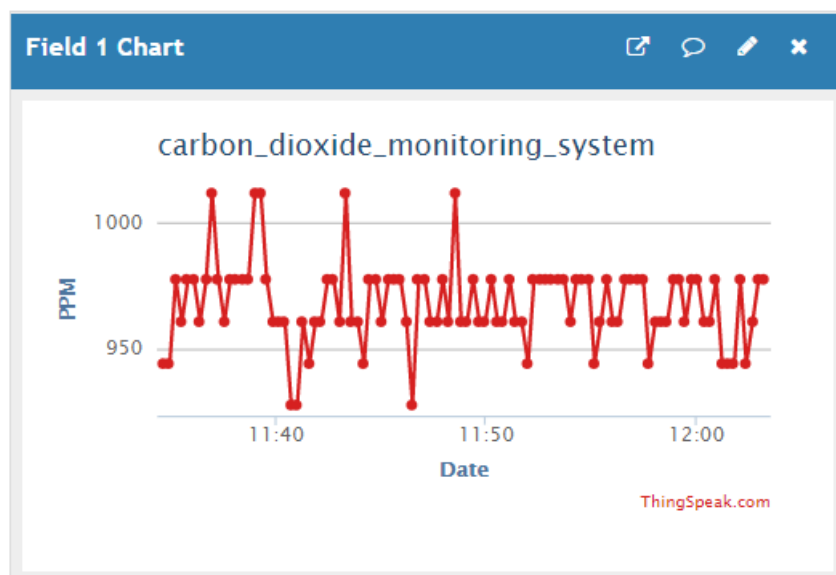


Рисунок 3.2 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO_2) для 1 макета

Бачимо, що показник має стабільне значення (вимірювання проводилось в зачиненому приміщенні без факторів, які могли б змінювати якість повітря). Це

дозволяє оцінити стабільність вимірювання. Рівень концентрації вище за показники на свіжому повітрі (близько 400 ppm) і це вірно, але використаний коефіцієнт $rZero$ було отримано близько року тому, і з того часу сенсор макета 1 довгий час не використовувався, що дозволяє висунути гіпотезу про потребу проведення повторного калібрування.

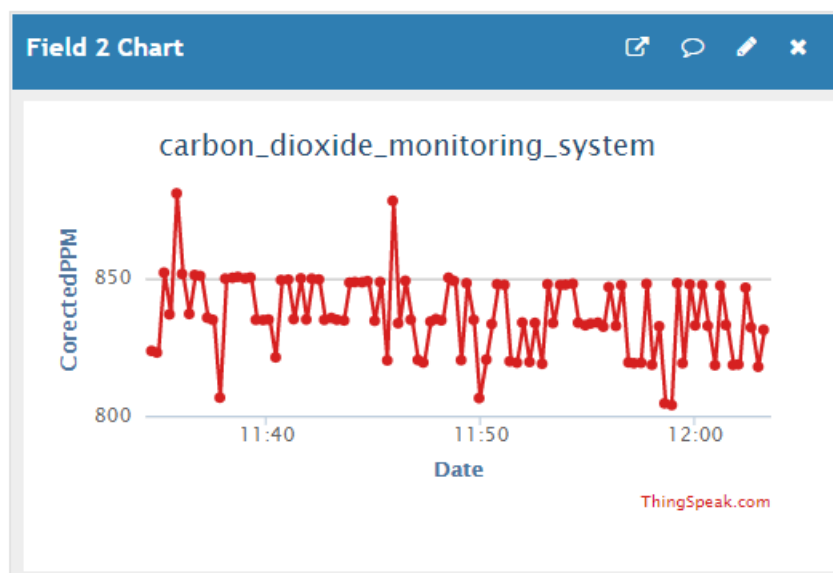


Рисунок 3.3 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 1 макета

CorrectedPPM отримано у відповідності до методики калібрування, що зазначена в попередньому розділі. Бачимо, що алгоритм корекції значно змістив результати вимірювання, з урахуванням дестабілізуючих факторів температури та вологості.

Калібрувальний компонент що розраховані під час цього дослідження не може бути використаний у якості нового значення калібрування того що дослідження проводилися не заставної концентрації діоксиду вуглецю для свіжого повітря, а в умовах, Коли така концентрація скоріш за все це є значно більшою, тобто в закритому приміщенні без інтенсивного провітрювання (рис. 3.4).

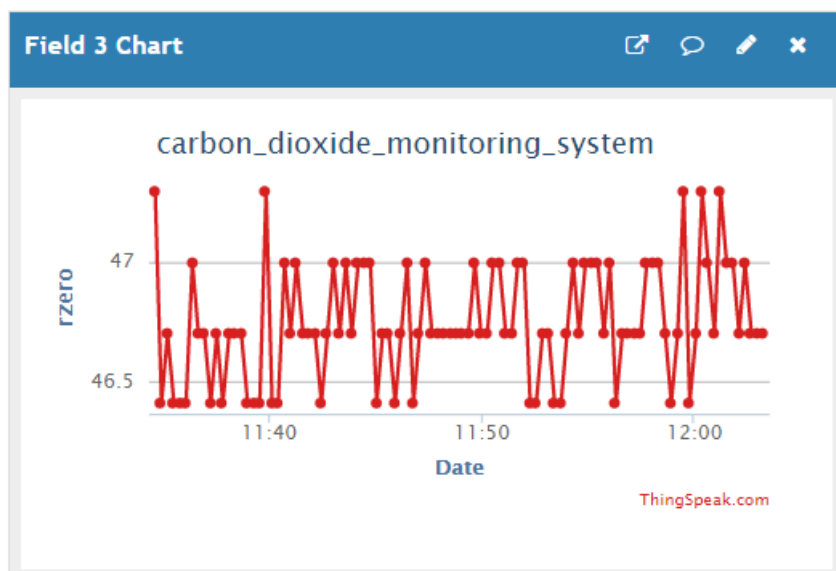


Рисунок 3.4 – rZero – калібрувальний компонент для 1 макета

За умов проведення цього дослідження коригований калібрувальний компонент також не може бути ефективно використаний за тієї ж причини (рис. 3.5). Втім, ми бачимо як алгоритм коригування впливає на значення розрахованого калібрувального компоненту.

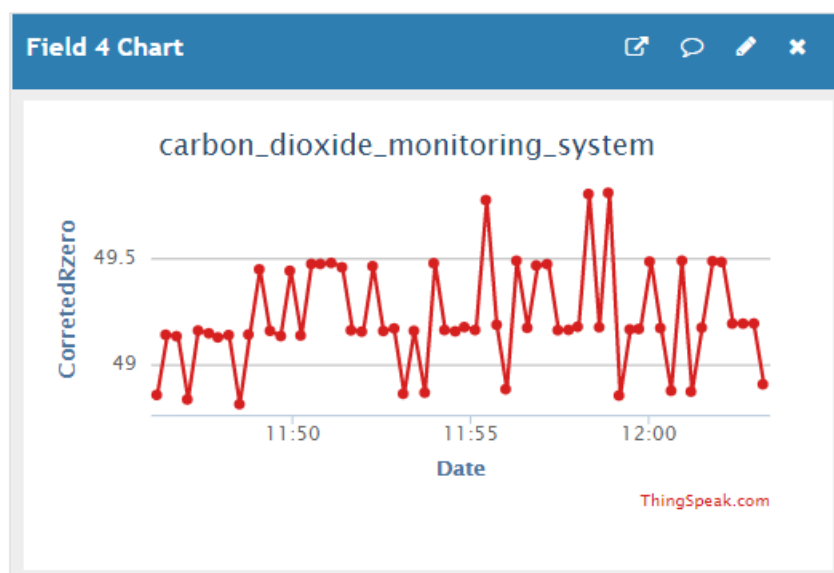


Рисунок 3.5 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 1 макету

Під час цього дослідження Ми намагалися витримувати стабільні параметри

навколишнього середовища що підтверджується отриманими з макету параметрами температури і відносної вологості (рис. 3.6, 3.7).

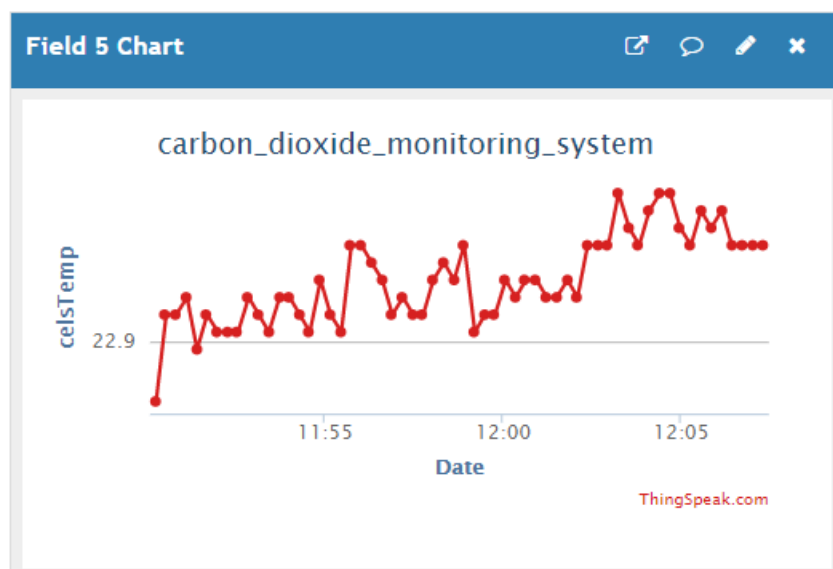


Рисунок 3.6 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 1 макету

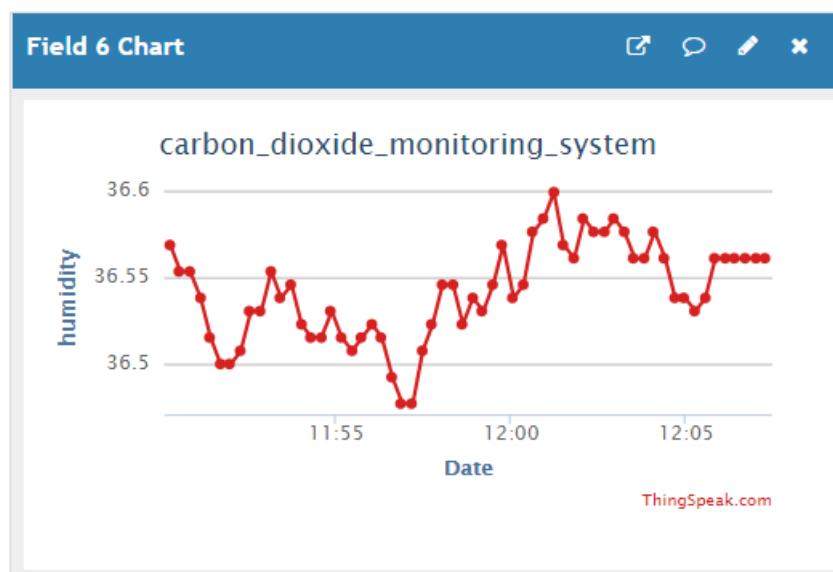


Рисунок 3.7 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 1 макету

Макет 2. Проведемо вимірювання для 2 інших макетів. Калібрувальні коефіцієнти для цих сенсорів нам не відомі, тому для порівнянності результатів вимірювань використаємо однаковий rZero для всіх макетів.

Стабільність показників для макету 2 (рис. 3.8 – 3.13) має такий самий

рівень, що і для першого макету.

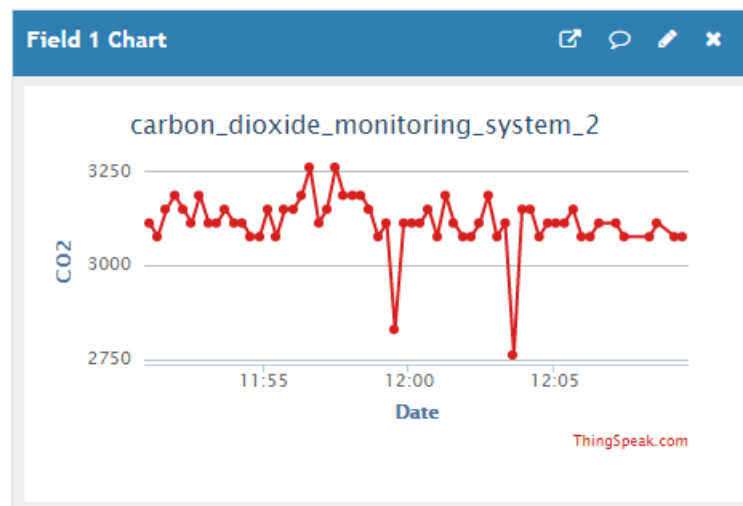


Рисунок 3.8 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 2 макета

Судячи з Великої різниці між розрахованими в цих умовах значеннями концентрації можна зробити висновок про те, що калібрувальні коефіцієнти другого макету буде значно відрізнятися від калібрувального коефіцієнту сенсорні з першого макету (рис. 3.7).

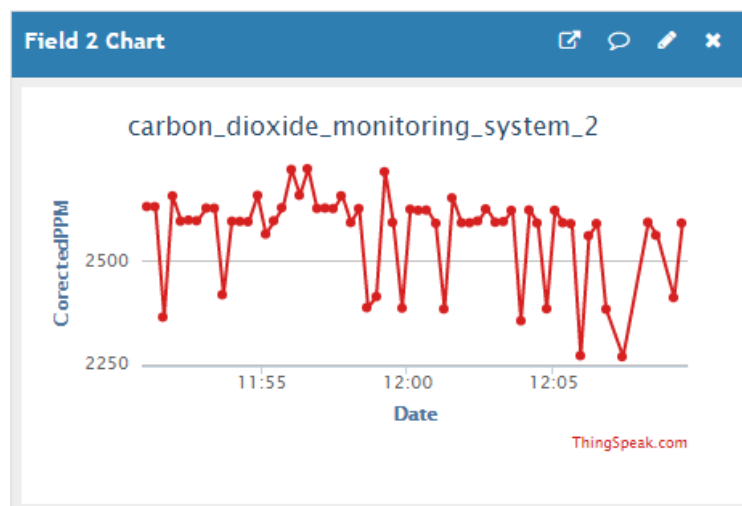


Рисунок 3.9 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 2 макета

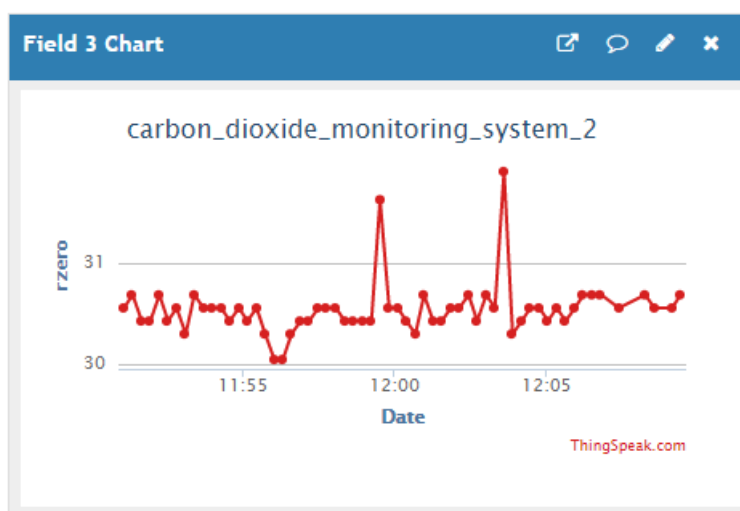


Рисунок 3.10 – rZero – калібрувальний компонент для 2 макета

Розраховані калібрувальні коефіцієнти для другого макету теж не можуть бути використані в якості дійсних передавальних коефіцієнтів оскільки це дослідження проводилося за невідомої та значного більшої концентрації їж та що потрібно для процедури калібрування (концентрація, що відповідає рівню свіжого повітря) (рис. 3.10, 3.11).

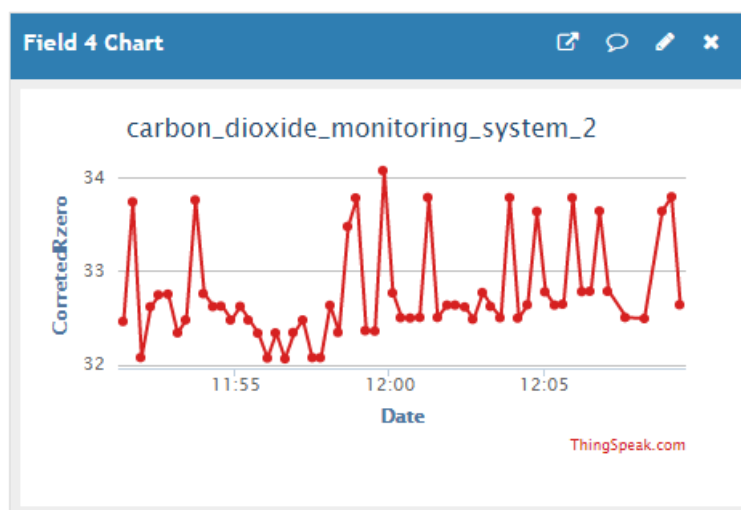


Рисунок 3.11 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 2 макету

Втім значення вологості та температури відповідають таким і для першого макету (рис. 3.12, 3.13).

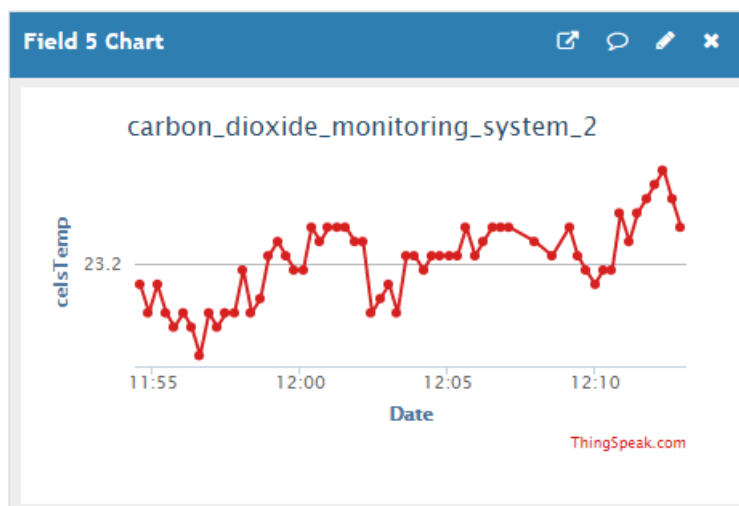


Рисунок 3.12 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 2 макету

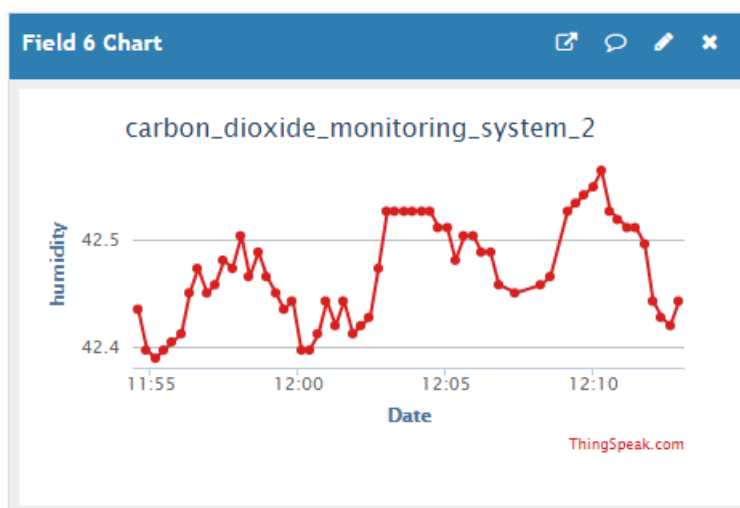


Рисунок 3.13 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 1 макету

Макет 3. Аналіз цього ж дослідження для третього макету надає змогу зробити висновок про значне відхилення калібрувального коефіцієнту rZero від відповідних коефіцієнтів перших двох макетів (рис. 3.14, 3.15) навіть

За умови того що другий та третій макет побудовані на базі сенсорів з однієї партії та таких що введені в експлуатацію одночасно. Це дозволяє зробити попередній висновок про значний розбіг калібрувальний коефіцієнтів в сенсорах цього типу.

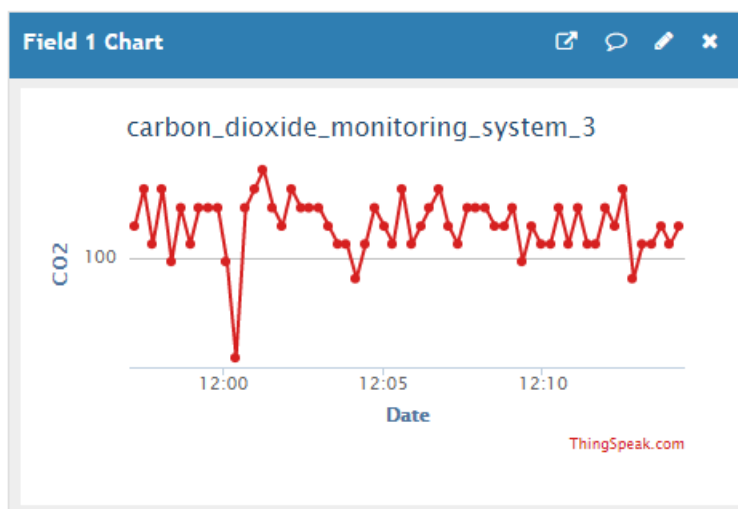


Рисунок 3.14 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 3 макета

Розраховані калібрувальні коефіцієнти для третього макету теж не можуть бути використані в якості дійсних передавальних коефіцієнтів оскільки це дослідження проводилося за невідомої та значного більшої концентрації та що потрібно для процедури калібрування (концентрація, що відповідає рівню свіжого повітря) (рис. 3.15, 3.16).

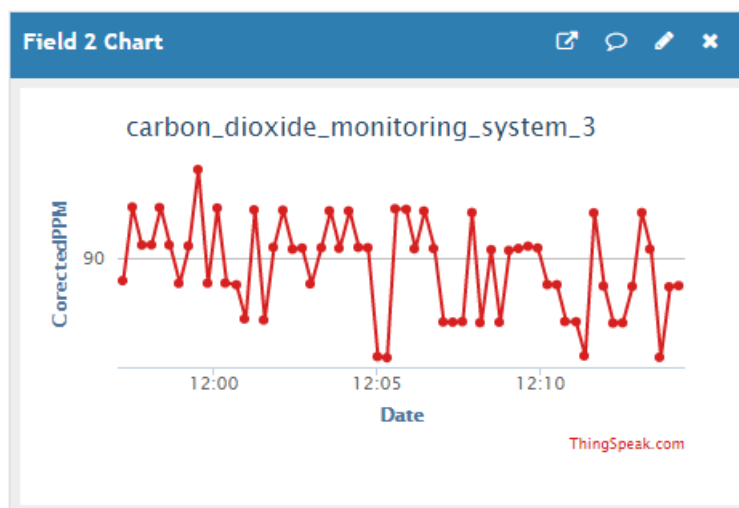


Рисунок 3.15 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 3 макета

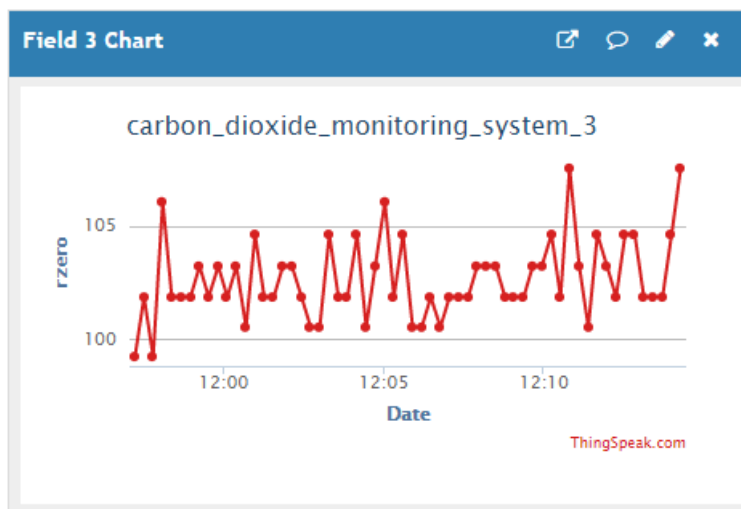


Рисунок 3.16 – rZero – калібрувальний компонент для 3 макета

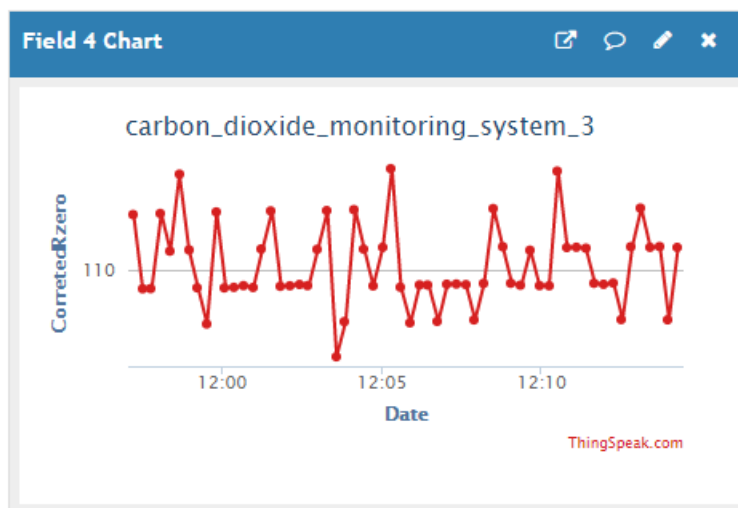


Рисунок 3.17 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 3 макету

Параметри температури та відносної вологості для третього сенсора не мають значної різниці унаслідок проведення опиту в однакових умовах одночасно (рис. 3.18, 3.19).

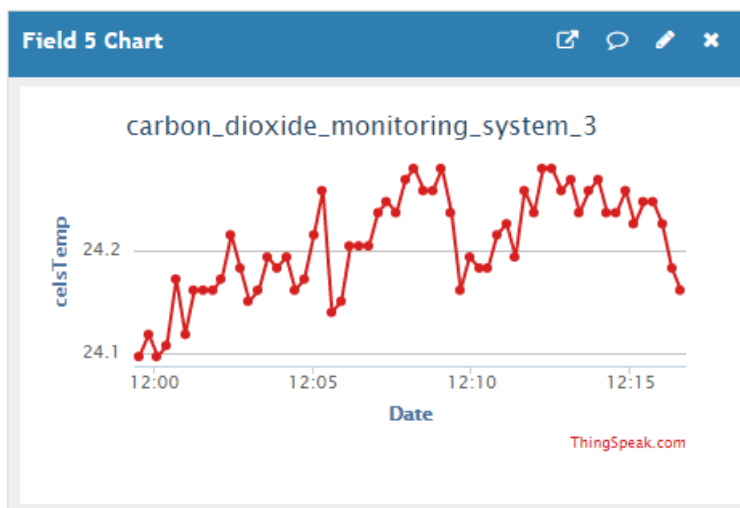


Рисунок 3.18 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 1 макету

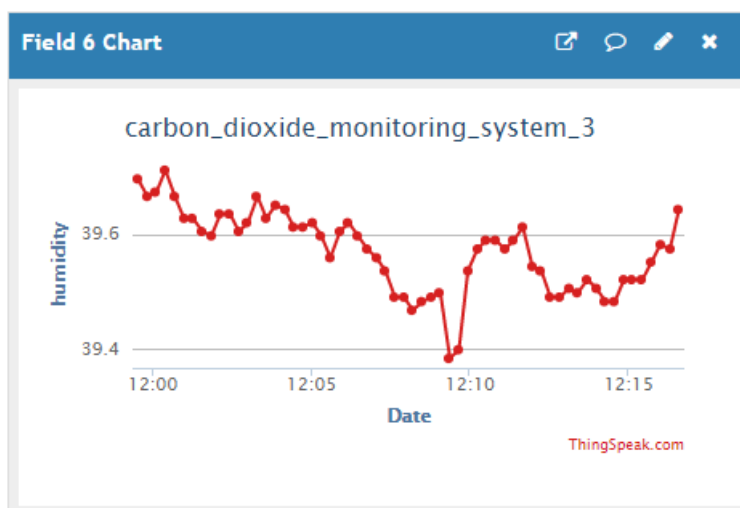


Рисунок 3.19 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 1 макету

3.4 Отримання параметрів калібрування сенсорів вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях

Процес калібрування потребує проведення серії вимірювань в умовах відомої концентрації її основного базового компоненту. У якості такої концентрації використовуємо відомості метрологічної служби про концентрацію вуглецевої кислоти повітря надворі (397 ppm на момент

проведення дослідження) і проведемо серію вимірювань зовні приміщення. Таким чином ми можемо отримати параметри калібрування для всіх трьох макетів за наведеною вище методикою.

При $r_{zero} = -64.25$ (на вулиці)

Макет 1. За умови застарілого калібрувального коефіцієнту ($r_{zero} = -64.25$) результати вимірювань для першого макету отримаємо наступні (рис. 3.20, 3.21).

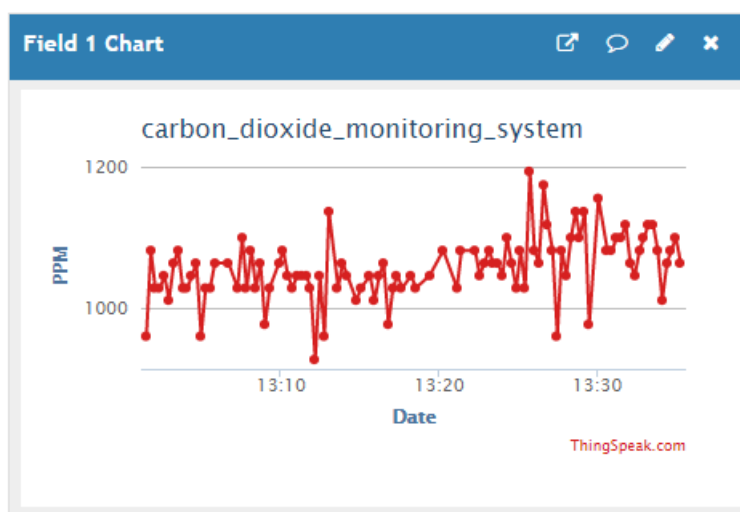


Рисунок 3.20 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 1 макета

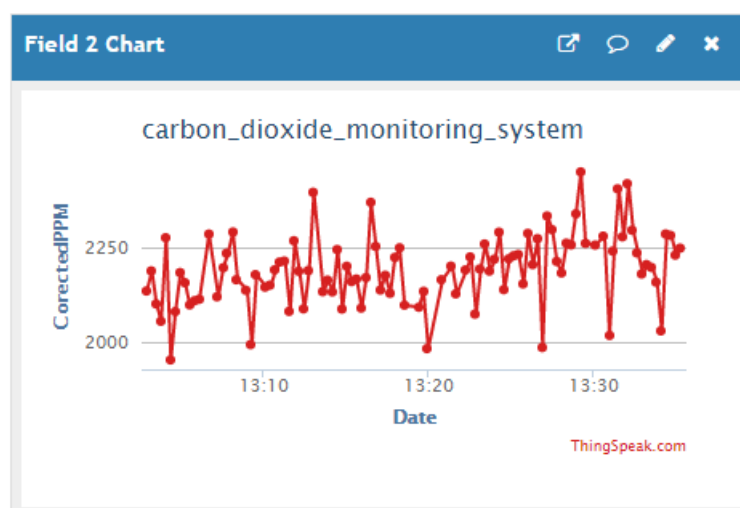


Рисунок 3.21 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 1 макета

Зрозуміло що не скоригований не первинний результат вимірювань в даному випадку не відповідають дійсності але і значення можуть бути порівняно з аналогічними для попереднього дослідження в умовах закритого приміщення.

Натомість, оскільки дослідження проводились на свіжому повітрі з відомою концентрацією, результати цього дослідження можуть бути використані для отримання робочі визначення коефіцієнтів калібрування (рис. 3.22, 3.23).

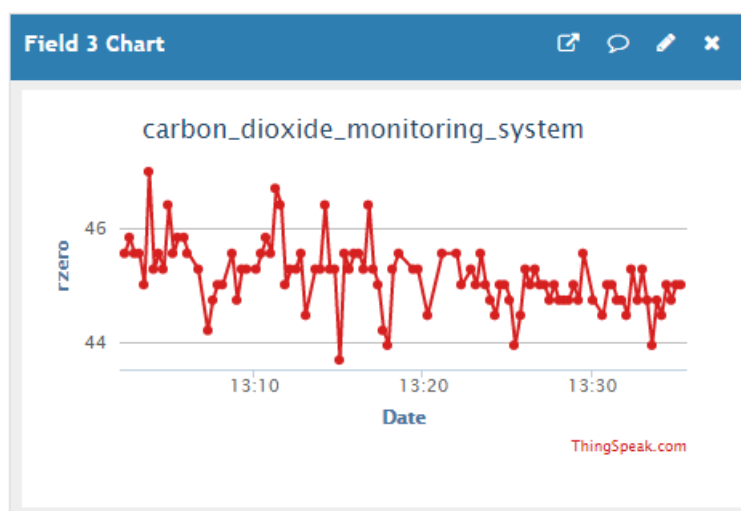


Рисунок 3.22 – rZero – калібрувальний компонент для 1 макета

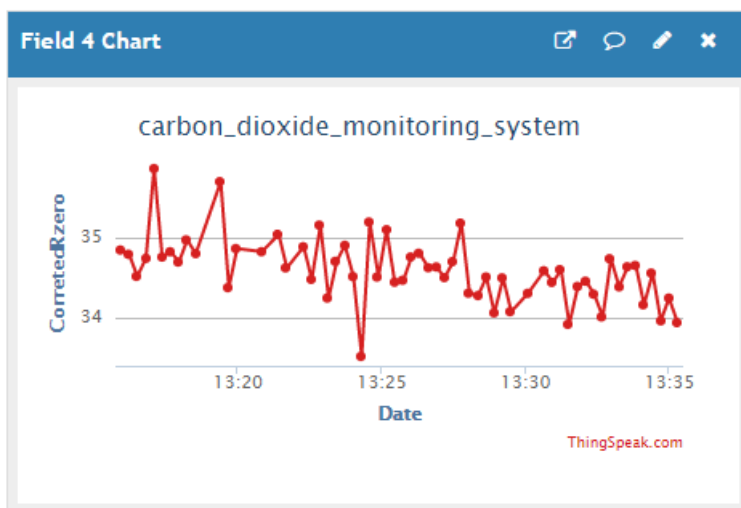


Рисунок 3.23 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 1 макету

Визначна нестабільність показників дестабілізуючих факторів (температури та відносної вологості) в цьому дослідженні зумовлена

відповідними коливаннями за межами житлового приміщення під час проведення дослідження (рис. 3.24, 3.25).

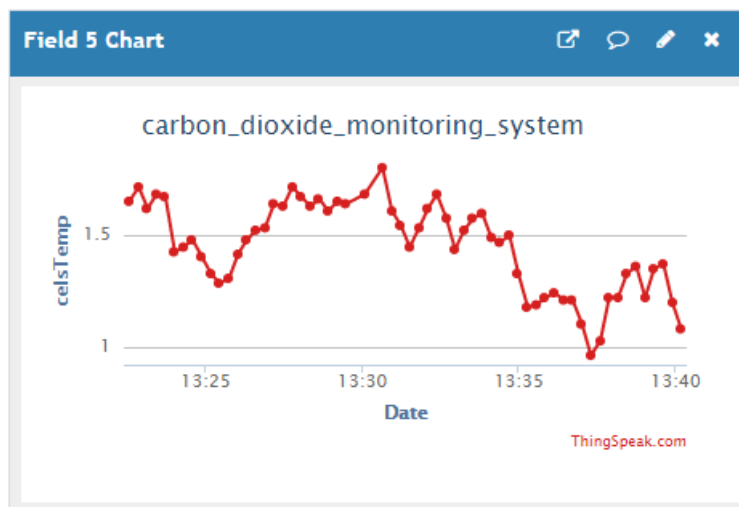


Рисунок 3.24 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 1 макету

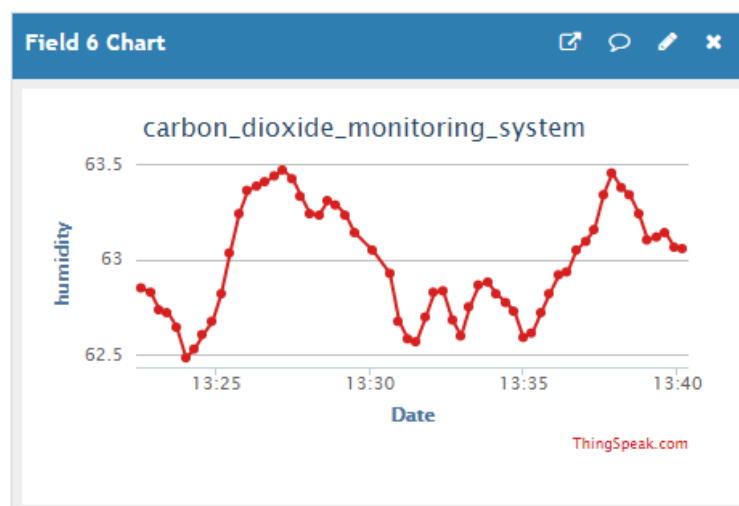


Рисунок 3.25 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 1 макету

Макет 2. Аналогічні міркування можна супроводити це дослідження для другого (рис. 3.26, 3.31) та третього (рис. 3.32, 3.37) макетів. Це дослідження дозволяє визначити значення калібрувальних коефіцієнтів для всіх макетів. Подальші дослідження будуть проводитись саме з цими коефіцієнтами.

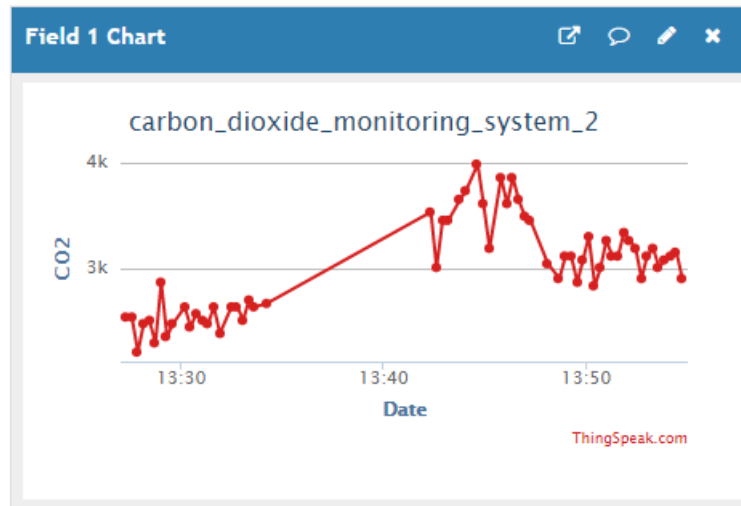


Рисунок 3.26 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 2 макета

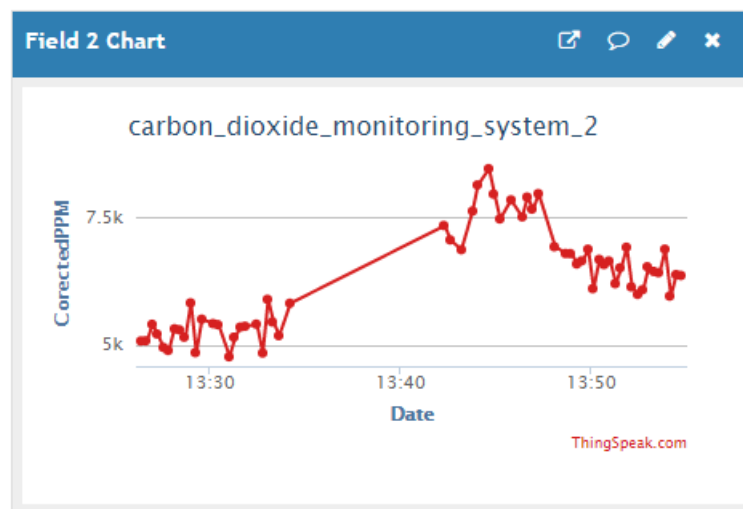


Рисунок 3.27 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 2 макета

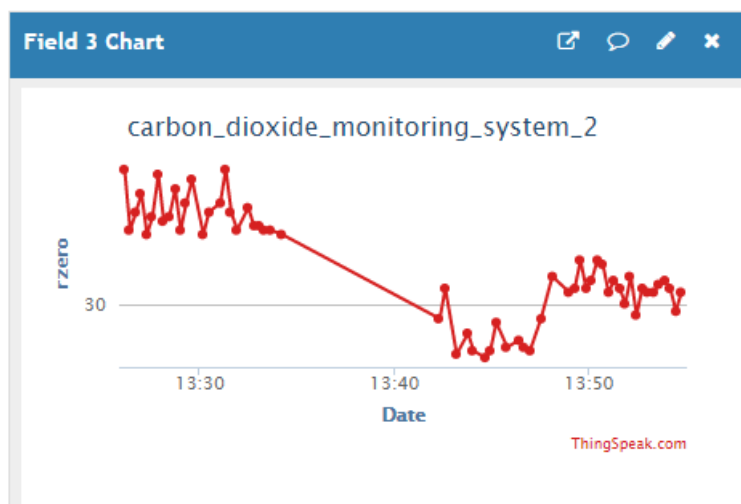


Рисунок 3.28 – rZero – калібрувальний компонент для 2 макета

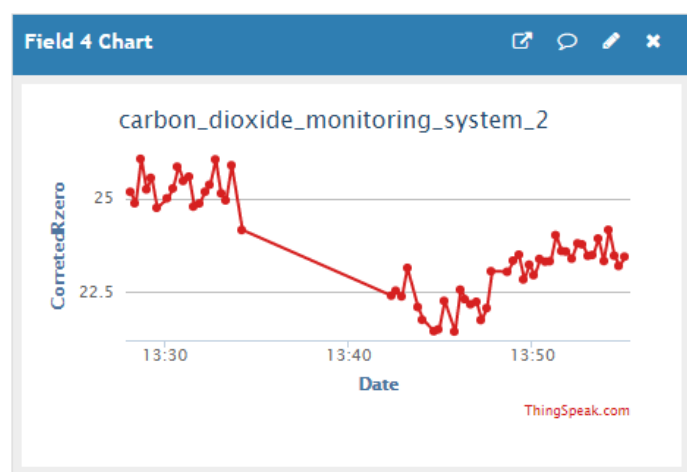


Рисунок - 3.29 CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 2 макету

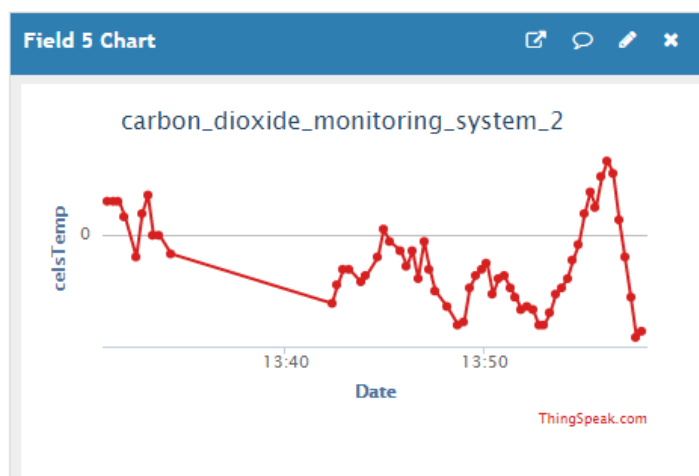


Рисунок - 3.30 CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 2 макету

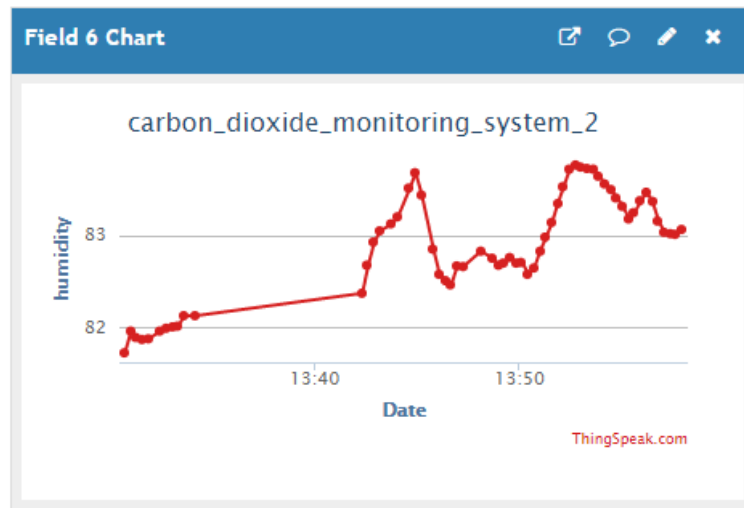


Рисунок 3.31 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 2 макету

Макет 3:

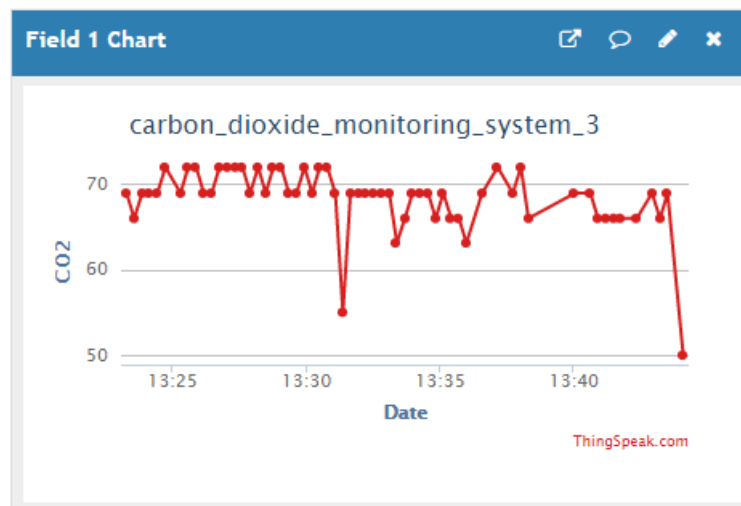


Рисунок 3.32 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO2) для 3 макета

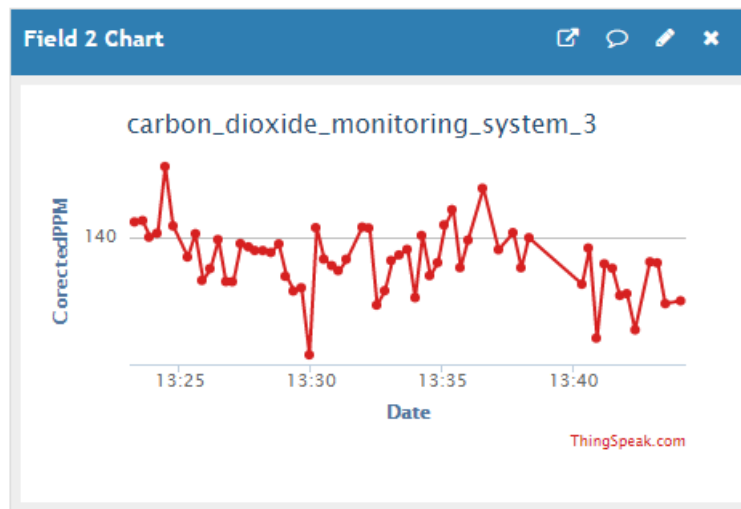


Рисунок 3.33 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 3 макета

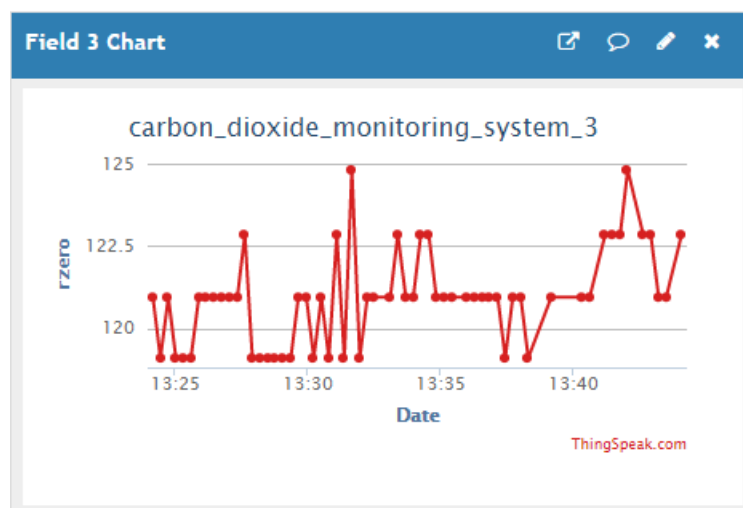


Рисунок 3.34 – rZero – калібрувальний компонент для 3 макета

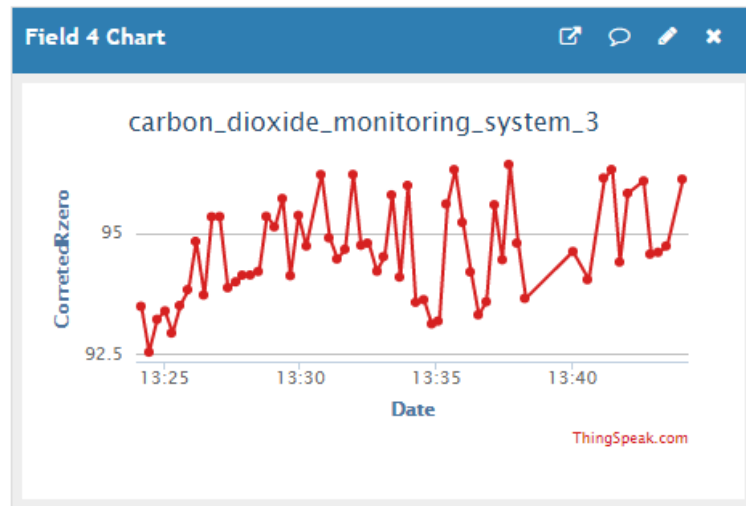


Рисунок 3.35 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 3 макету

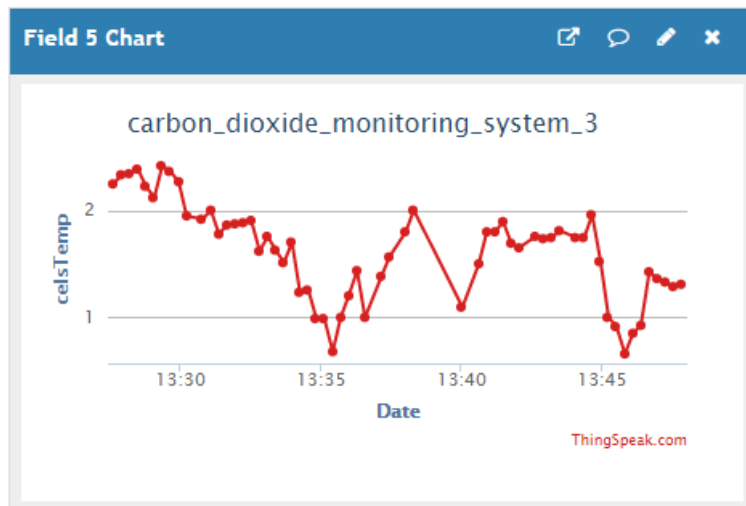


Рисунок 3.36 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 3 макету

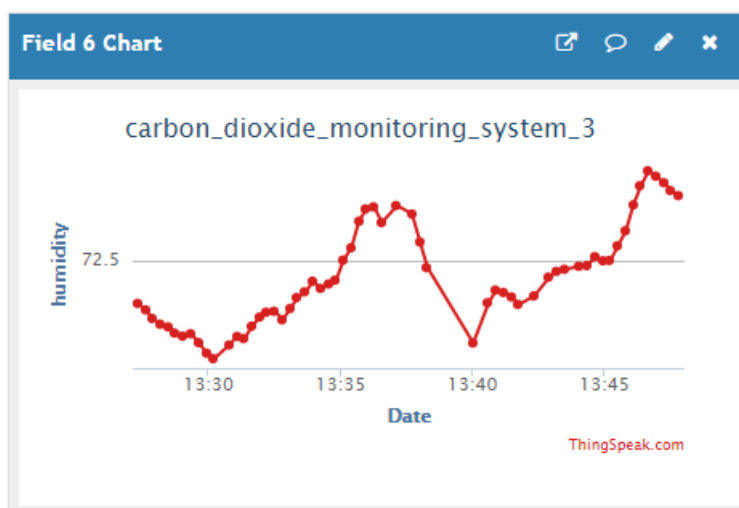


Рисунок 3.37 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 3 макету

Виходячи з вище побачених графіків налаштуємо rZero:

для макета 1 – 32.52

для макета 2 – 23.33

для макета 3 – 93.50.

Бачимо, що гіпотеза про значну різницю між сенсорами незалежно від терміну використання та спорідненості за принципом однієї партії випуску набуває підтвердження.

3.5 Дослідження поведінки електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях після процедури попереднього калібрування сенсорів

Використовуючи отримані калібрувальні коефіцієнти за методикою описаною вище проведено серію досліджень за допомогою трьох макетів параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях.

Проведемо два опита

Серія досліджень на вулиці:

Макет 1. Вимірювана концентрація значно нижча за ту, що була

зафіксована всередині приміщення (рис. 3.38).

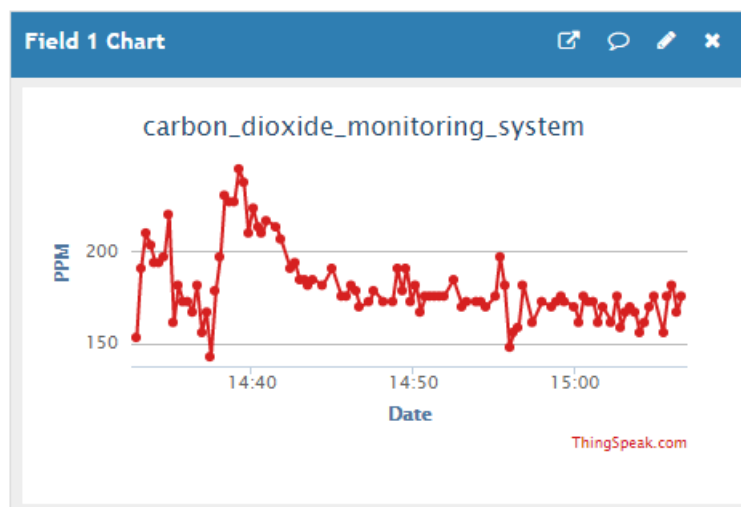


Рисунок 3.38 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 1 макета

В даному випадку ми бачимо результат скоригованого вимірювання (рис. 3.39), що є вельми близькі до базової величини презентації на подвір'ї. Подставить це є підтвердженням ефективної роботи алгоритму коригування результатів вимірювань з урахуванням дестабілізуючих факторів та вдалого отримання калібрувального коефіцієнту.

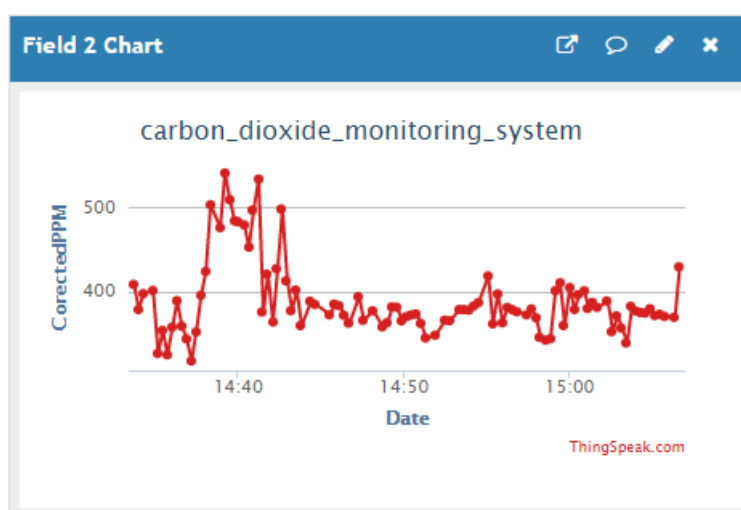


Рисунок 3.39 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 1 макета

Коригувальні коефіцієнти отриманні впродовж цього дослідження можуть виступати в якості саме калібрування коефіцієнтів, оскільки дослідження проводилися в умовах з відомою концентрацією, Ой у що відповідає чистому повітрю надворі (рис.3.40, 3.41).

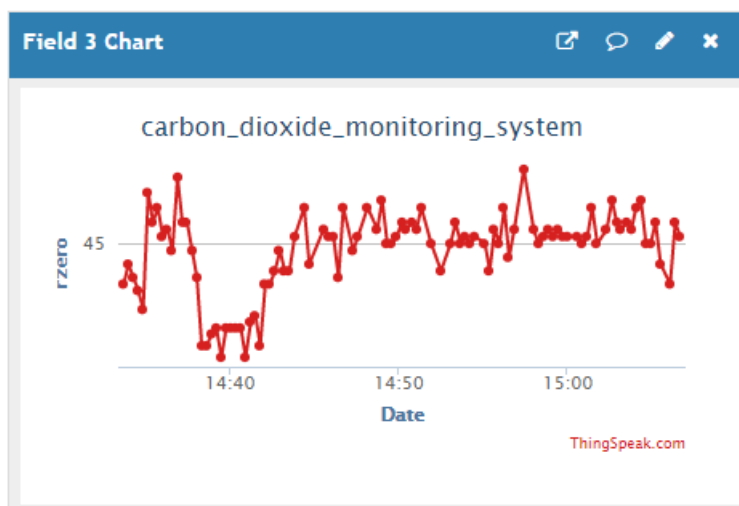


Рисунок 3.40 – rZero – калібрувальний компонент для 1 макета

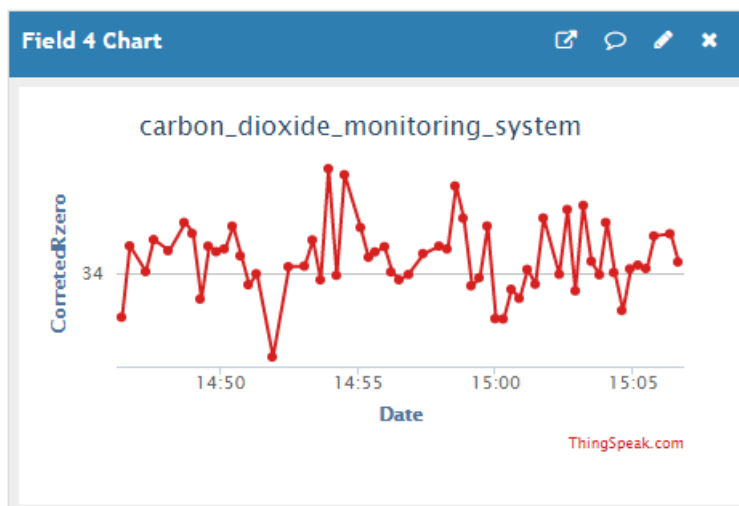


Рисунок 3.41 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 1 макету

Стабільність розрахованих калібрувальних коефіцієнтів в умовах коли дестабілізуючий фактори змінюються можуть бути доказом ефективності алгоритму коригування нелінійності передавальної функції сенсора (рис. 3.42,

3.43).

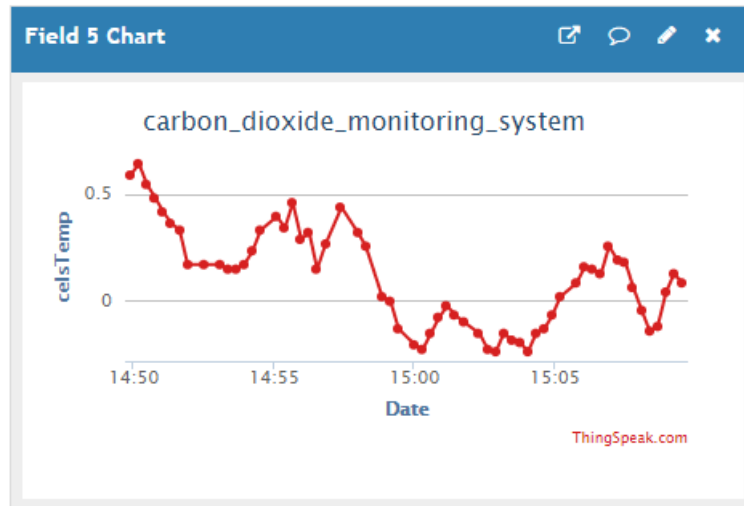


Рисунок 3.42 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 1 макету

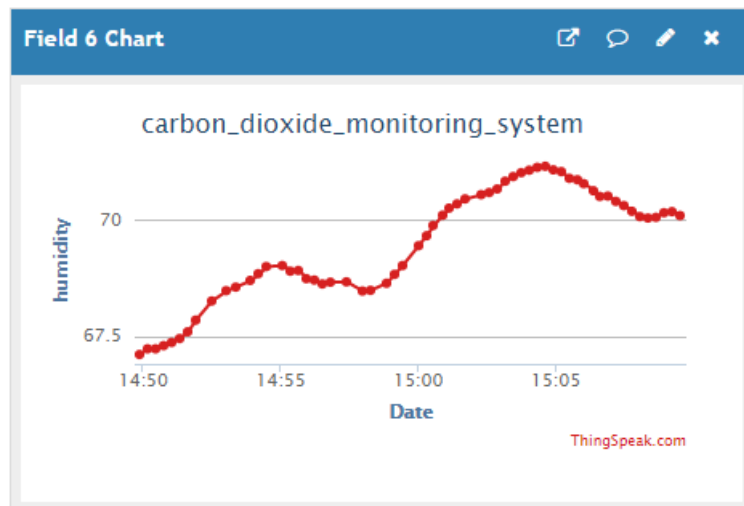


Рисунок 3.43 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 1 макету

Макет 2. Аналогічні дослідження з такими висновками можуть бути зроблені для другого та третього макетів (3.43 – 3.54).

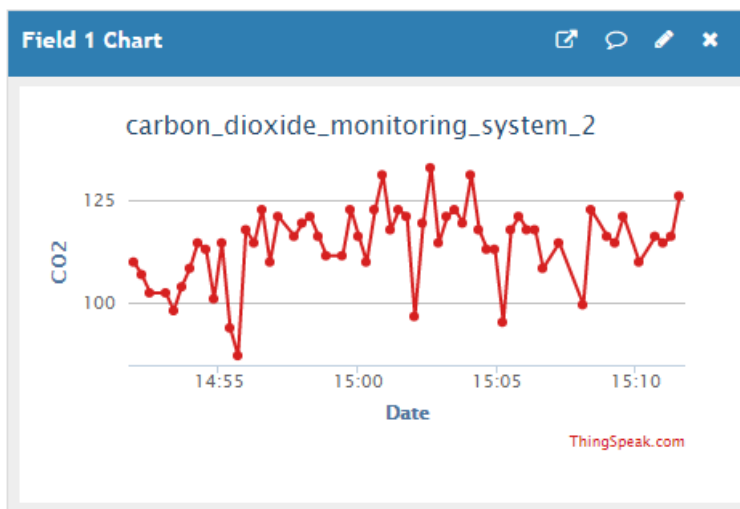


Рисунок 3.43 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 2 макета

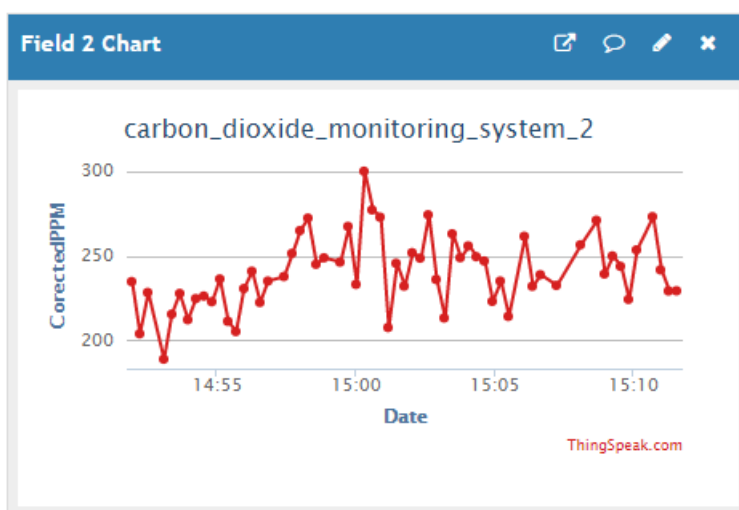


Рисунок 3.44 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 2 макета

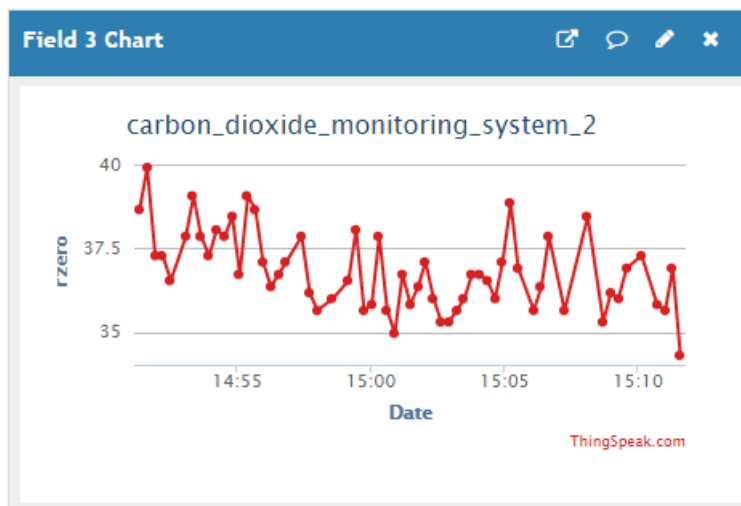


Рисунок 3.45 – rZero – калібрувальний компонент для 2 макета

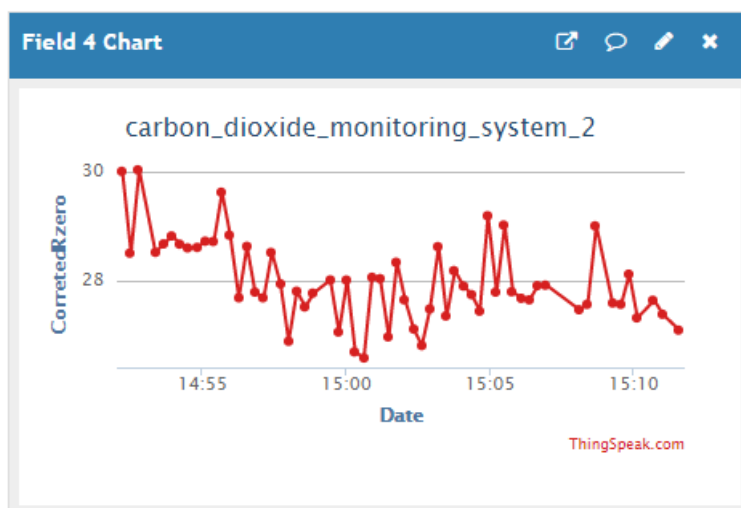


Рисунок 3.46 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 2 макету

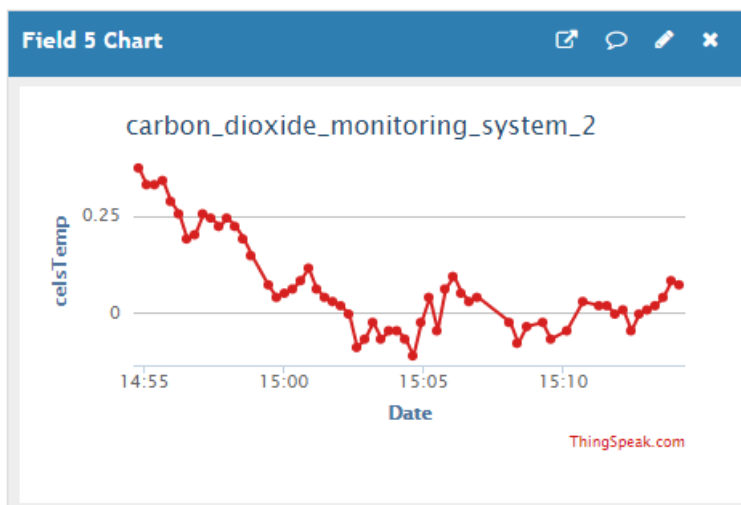


Рисунок 3.47 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 2 макету

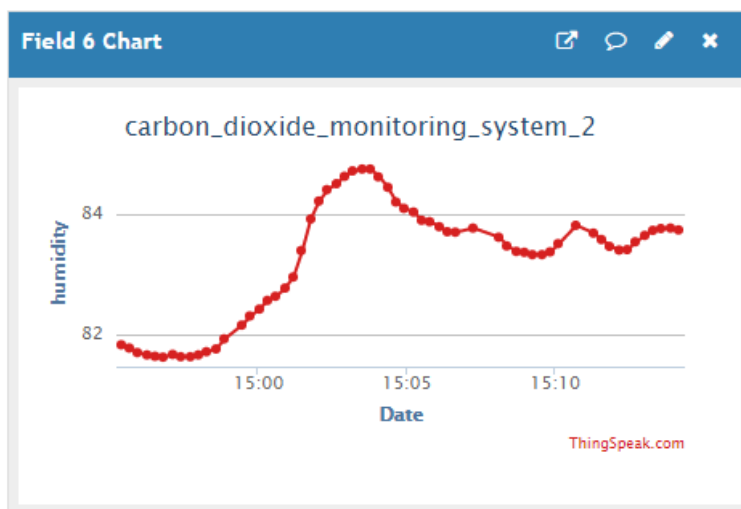


Рисунок 3.48 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 1 макету

Макет 3

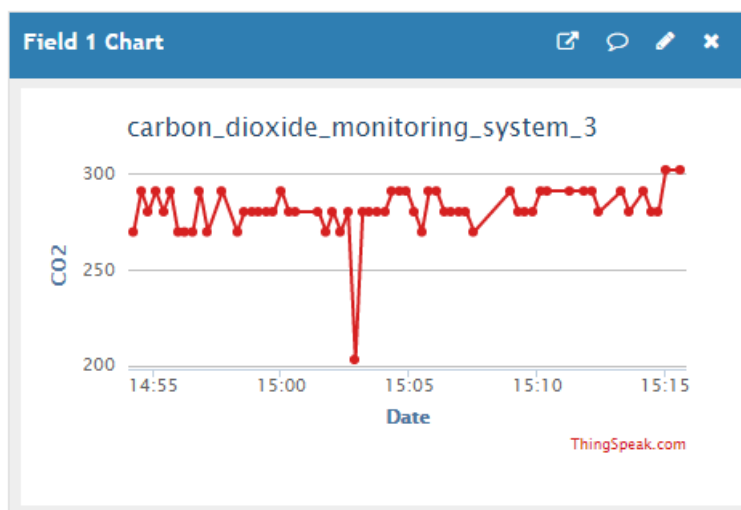


Рисунок 3.49 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 3 макета

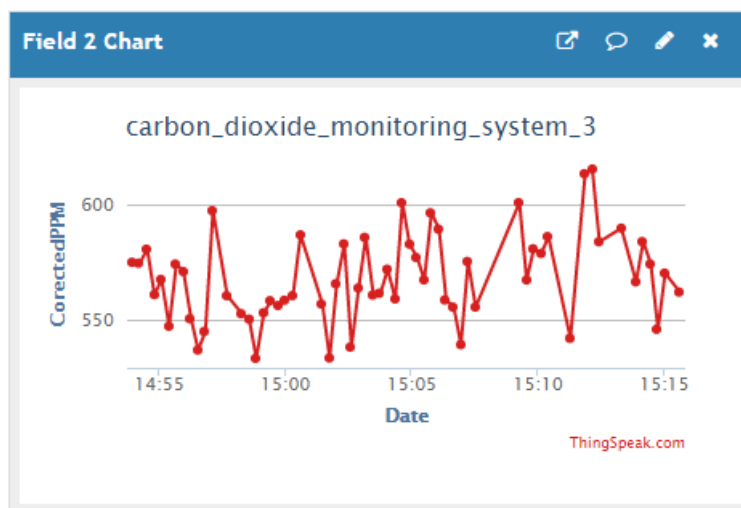


Рисунок 3.50 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 3 макета

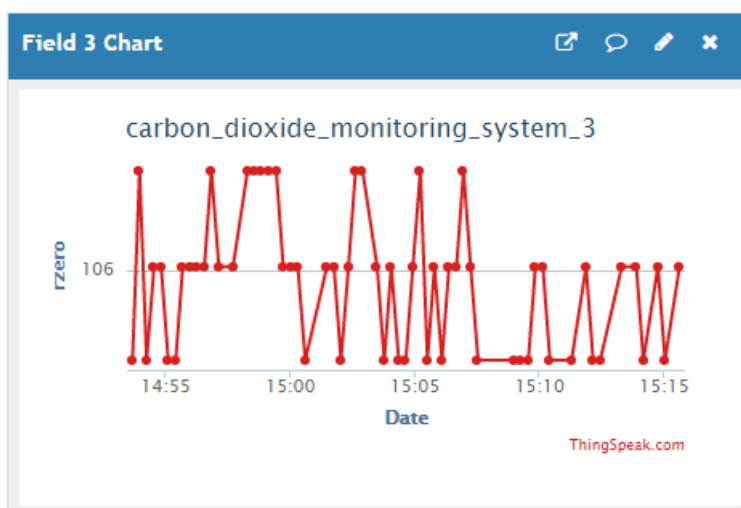


Рисунок 3.51 – rZero – калібрувальний компонент для 3 макета

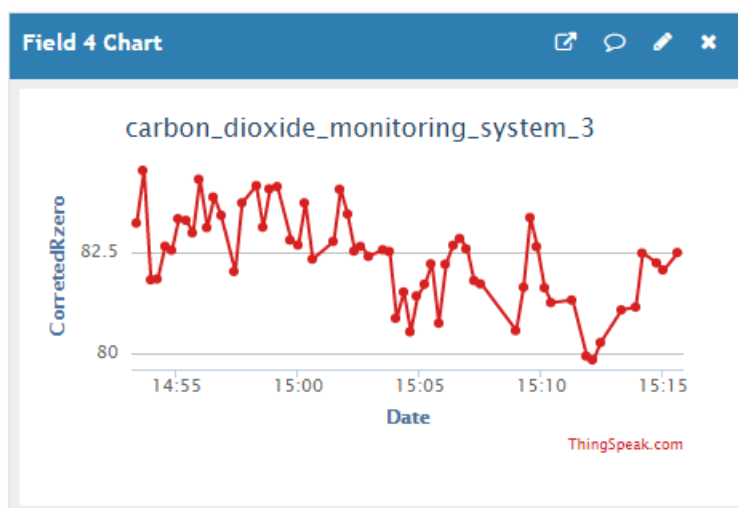


Рисунок 3.52 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 3 макету

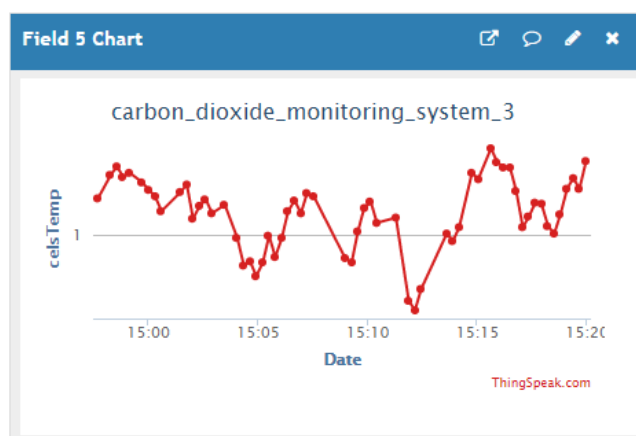


Рисунок 3.53 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 3 макету

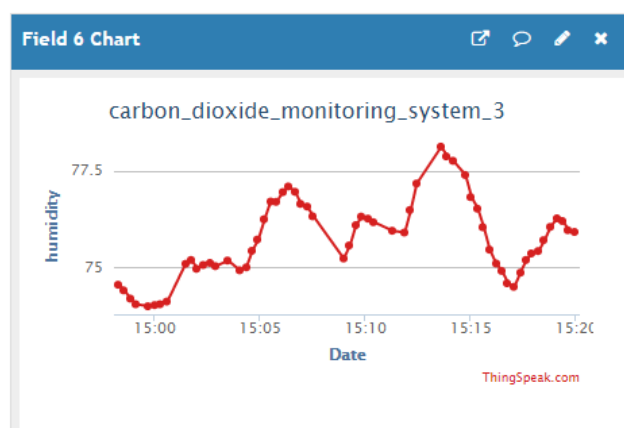


Рисунок - 3.54 humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 3

макету

Перевіримо ефективність визначення параметрів мікроклімату за допомогою розробленої системи в умовах закритого приміщення. Дослідження буде відрізнятися певною зміною параметрів під час дослідження що зумовлено зовнішніми факторами (відчинення та зачинення дверей, вікон, зміною кількості людей всередині приміщення).

Макет 1.

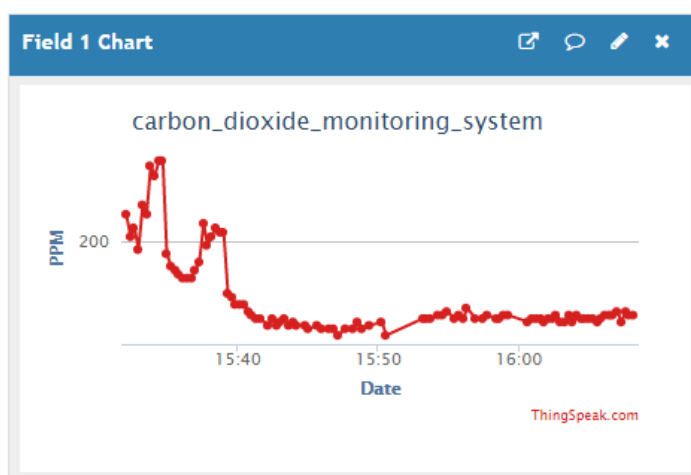


Рисунок 3.55 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 1 макета

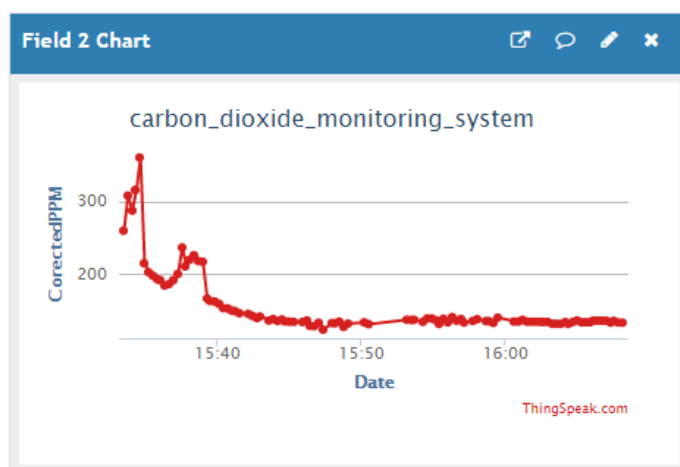


Рисунок – 3.56 CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 1 макета

У рамках цього дослідження розрахунки для коригованих некерованих лікувальних коефіцієнтів не мають сенсу з точки зору отримання параметрів калібрування, а наведені виключно з метою ілюстрації щодо поведінки алгоритмів таких розрахунків в умовах динамічних змін параметрів.

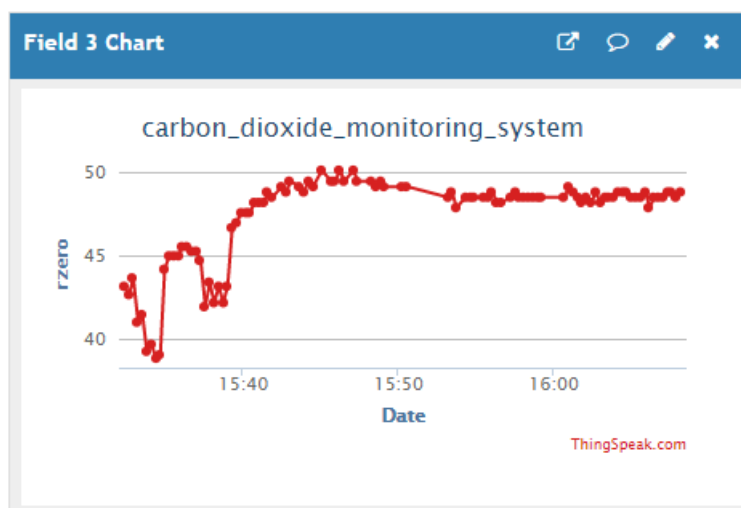


Рисунок 3.57 – rZero – калібрувальний компонент для 1 макета

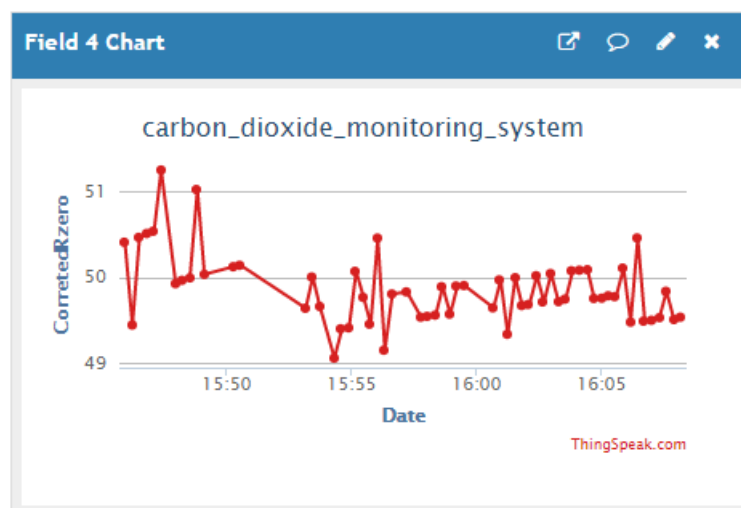


Рисунок 3.58 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 1 макету

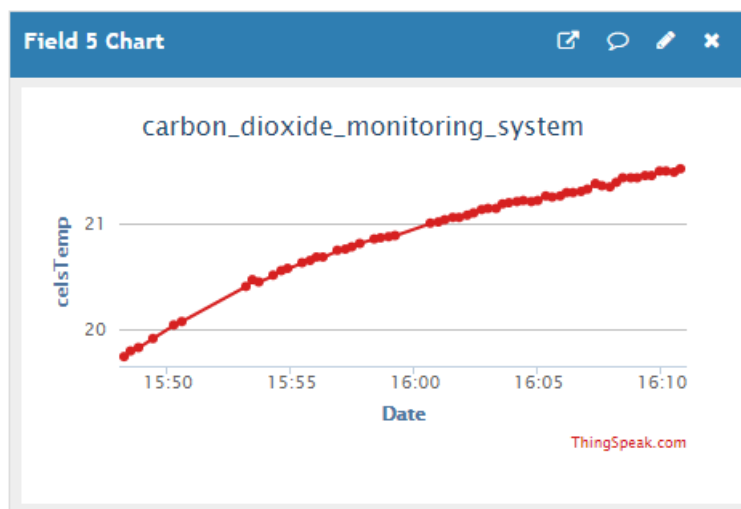


Рисунок 3.59 –CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 1 макету

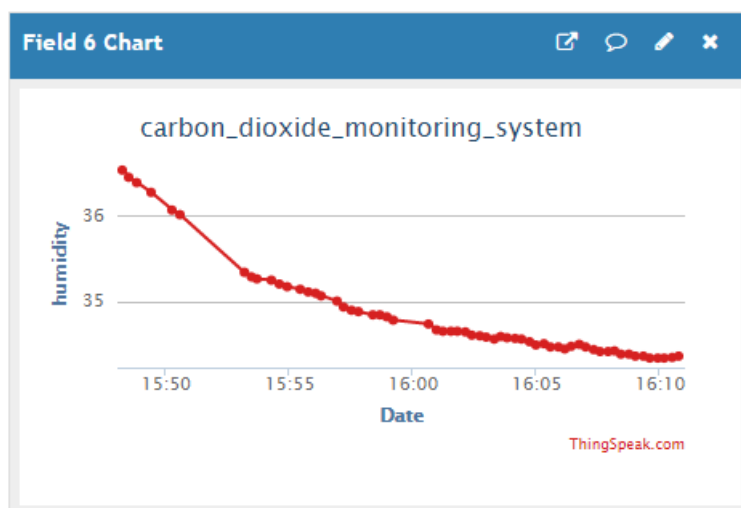


Рисунок 3.60 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 1 макету

Макет 2

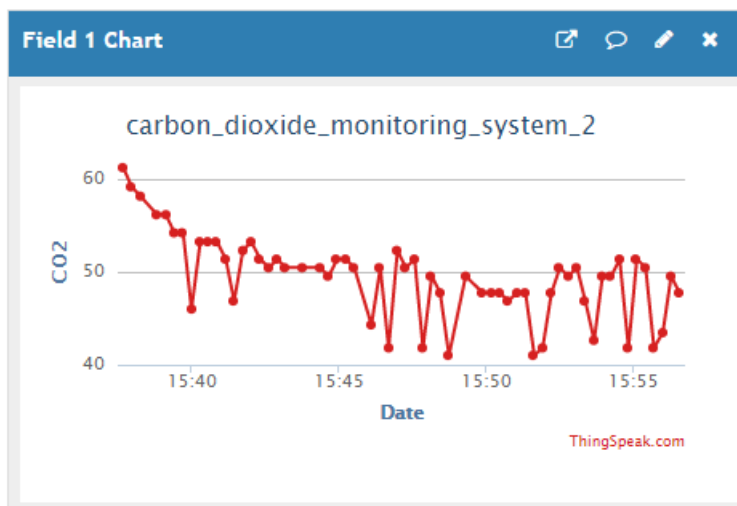


Рисунок 3.61 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO₂) для 2 макета

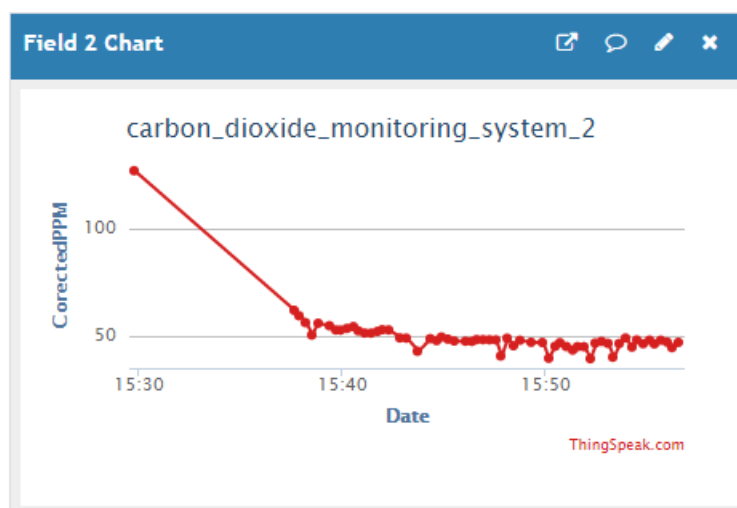


Рисунок 3.62 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 2 макета

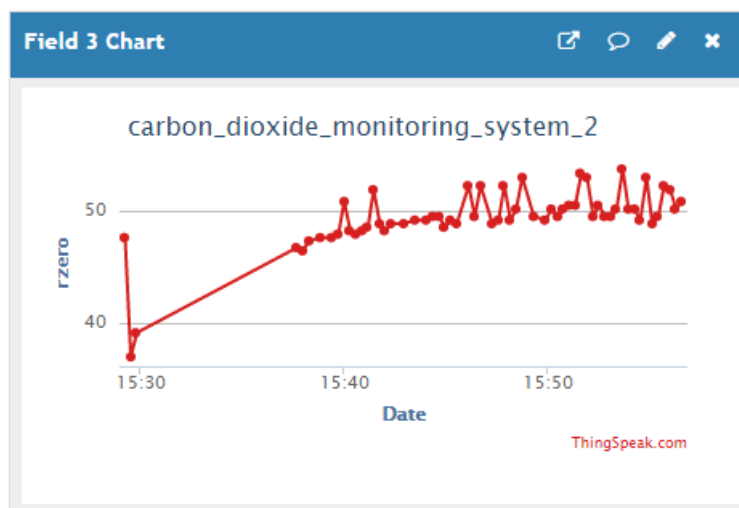


Рисунок 3.63 – rZero – калібрувальний компонент для 2 макета

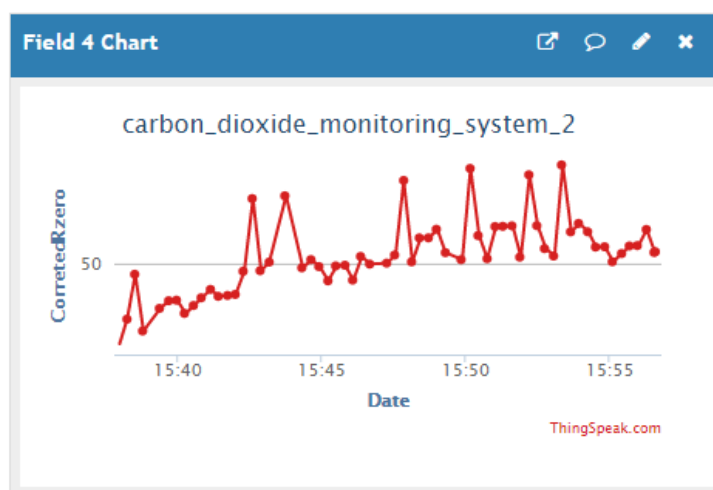


Рисунок 3.64 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 2 макету

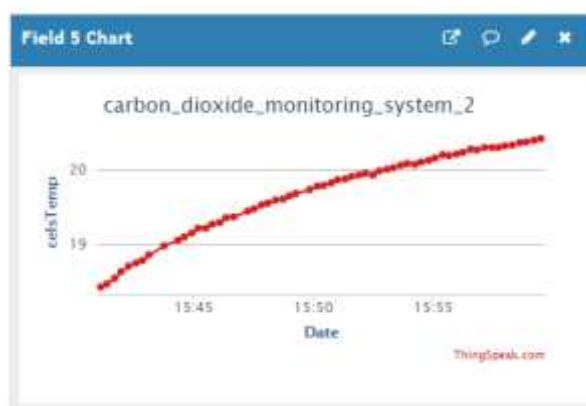


Рисунок 3.65 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 2 макету

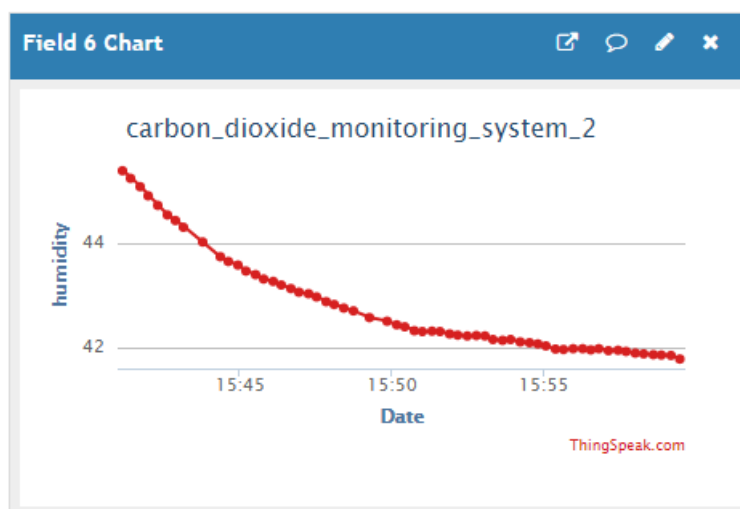


Рисунок 3.66 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 2 макету
Макет 3

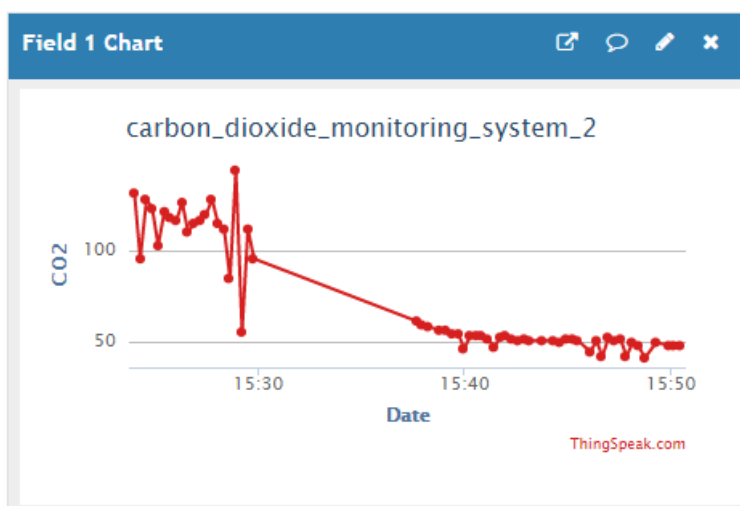


Рисунок 3.67 – PPM – концентрація забруднюючої компоненти (CO2) для 3 макета

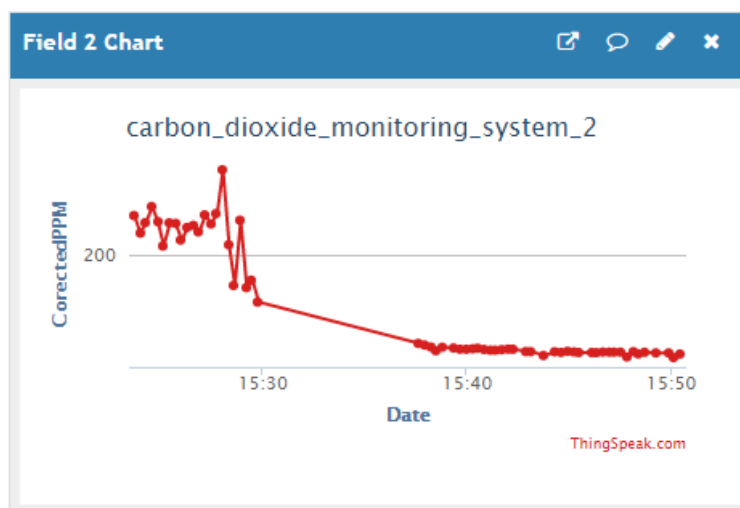


Рисунок 3.68 – CorrectedPPM – концентрація забруднюючої компоненти з урахуванням корекції впливу додаткових дестабілізуючих факторів для 1 макета

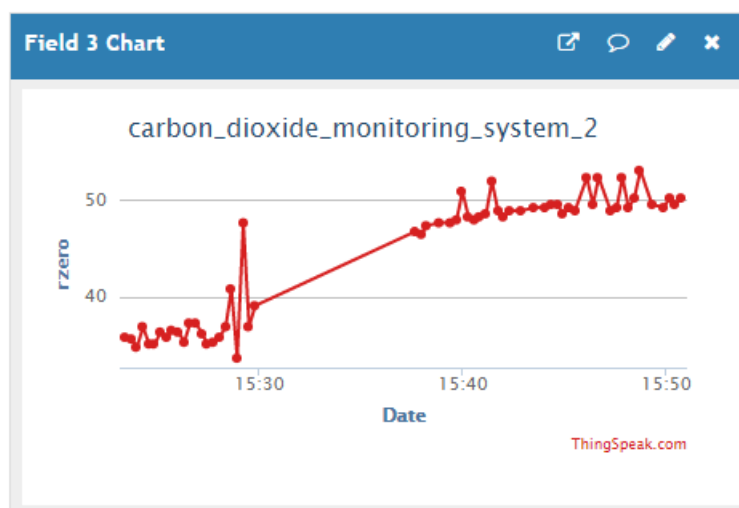


Рисунок 3.69 – rZero – калібрувальний компонент для 3 макета

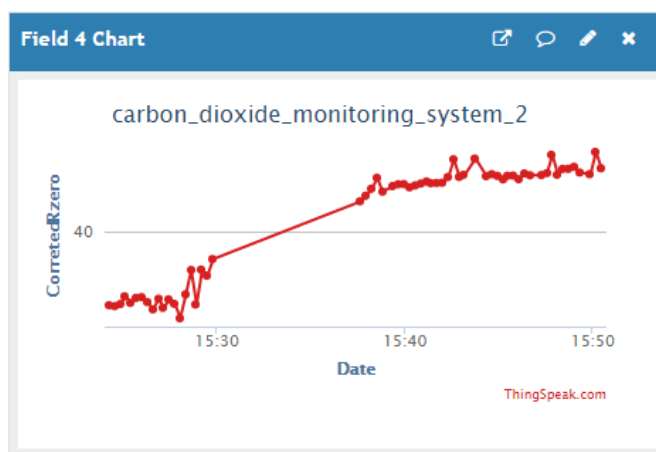


Рисунок 3.70 – CorrectedRZero – калібрувальний компонент коригований на основі відомих значень дестабілізуючих факторів для 3 макету

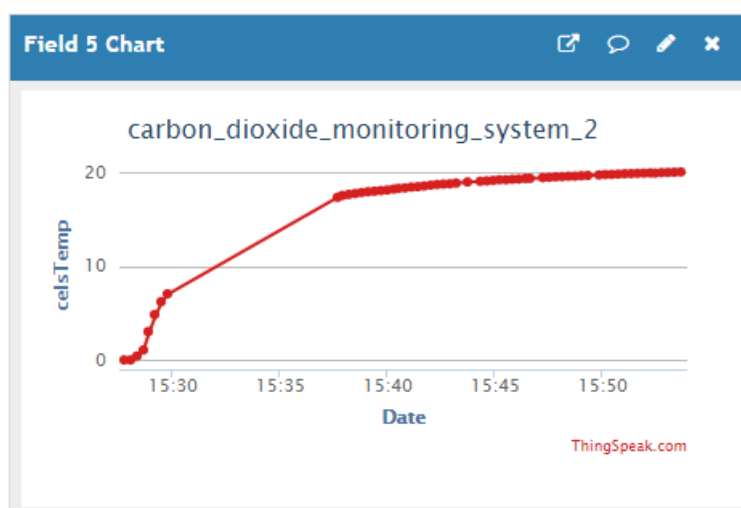


Рисунок 3.71 – CelsTemp – Температура в якій проводився опит для 3 макету

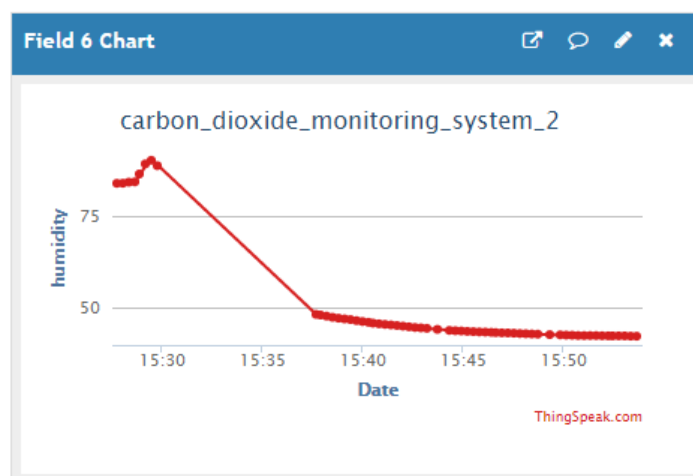


Рисунок 3.72 – humidity – Відносна вологість в якій проводився опит для 3 макету

Висновки

Отриманий під час процедури калібрування значення коефіцієнту для сенсора що знаходився в експлуатації на періодичну у режимі збереження на протязі року помітно відрізняється від такого коефіцієнту який було отримано на початку його експлуатації, що свідчить про необхідність періодичного проведення процедури калібрування для сенсорів такого типу, і, відповідно, про необхідність забезпечення методики такого калібрування у разі застосування таких сенсорів в інформаційно-вимірювальних системах.

Стабільність розрахованих калібрувальних коефіцієнтів в умовах коли дестабілізуючий фактори змінюються можуть бути доказом ефективності алгоритму коригування нелінійності передавальної функції сенсора

Значне відхилення розрахованих результатів коригувальних та некерованих вимірювань у випадку з другим та третім макетом від результатів отриманих на першому макеті може бути пояснено недостатньою довжиною попередньої експлуатації коли ці два сенсори не встигли вийти на стабільні режим своєї роботи. Таким чином 48 годин експлуатації може бути недостатньо для забезпечення стабільної роботи сенсорів такого типу.

ВИСНОВКИ

Контроль параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях є актуальною задачею, ефективність вирішення якої має прямий вплив на стан здоров'я людини та якість її життя.

Окремою важливістю характеризується питання отримання достовірних та метрологічну якісних показників у процесі вимірювання концентрації двоокису вуглецю в атмосфері житлових приміщень за допомогою сучасних сенсорів. Особливо актуальним це питання виявляється для тих типів сенсорів, які завдяки дешевій технології виробництва забезпечують високий рівень доступності у масовому використанні за рахунок спрощення конструкції відповідного зменшення рівня вимог до метрологічних та технічних показників. В таких умовах значної уваги заслуговує питання можливості якісного калібрування сенсорних та оцінки ефективності такого калібрування.

Проведені дослідження обґрунтували необхідність періодичного проведення процедури калібрування для сенсорів такого типу, і, відповідно, про необхідність забезпечення методики такого калібрування у разі застосування таких сенсорів в інформаційно-вимірювальних системах.

Стабільність розрахованих калібрувальних коефіцієнтів в умовах, коли дестабілізуючий фактори змінюються, можуть бути доказом ефективності досліджуваного алгоритму коригування нелінійності передавальної функції сенсора.

Значне відхилення розрахованих результатів коригувальних та некерованих вимірювань у випадку з другим та третім макетом від результатів отриманих на першому макеті може бути пояснено недостатньою довжиною попередньої експлуатації коли ці два сенсори не встигли вийти на стабільні режим своєї роботи. Таким чином 48 годин експлуатації може бути недостатньо для забезпечення стабільної роботи сенсорів такого типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. ГОСТ 30494-2011. Будівлі житлові і суспільні. Параметри мікроклімату в приміщеннях. Microclimate parameters for indoor enclosures, 2011. – 15 с
2. Мансуров Р. Ш. Вплив концентрації вуглекислого газу на організм людини [Електронний ресурс] / Р. Ш. Мансуров – Режим доступу до ресурсу: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/5045#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%B8%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%20%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%B0%20%D0%B2%D1%8B%D1%88%D0%B5,15%25%20%2D%20%D1%81%D0%BF%D0%B0%D0%B7%D0%BC%20%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D1%89%D0%B5%D0%BB%D0%B8>.
3. Норми концентрації вуглекислого газу (CO₂) в житлових приміщеннях [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://xn-----8kcflbdya3adoew5cyd7hcd.xn--p1ai/vozdukhoobmen/normy-kontsentratsii-so2-v-zhilykh-pomeshcheniyakh>.
4. .Характеристики та фізичні властивості вуглекислого газу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ru.solverbook.com/spravochnik/ximiya/soedineniya/uglekislyj-gaz/>.
5. МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ, що повинні застосовуватися В газоаналізаторів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk-cert.ru/news/metody_izmereniya_primenyaemye_v_gazoanalizatorakh/.
6. Аналізатор повітря Xiaomi Smartmi PM 2.5 Detector [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://allo.ua/ru/datchiki-dlja-signalizacij/analizator-vozduha-xiaomi-smartmi-pm-2-5-detector->

klwjcy01zm.html?gclid=EAIaIQobChMIvOL--rKO7AIVCiwYCh33wAeGEAQYASABEgJ7c_D_BwE.

7. Вимірювач рівня CO₂ TFA AirCO₂ntrol Mini [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: https://bt.rozetka.com.ua/tfa_airco2ntrol_mini_31500602/p8185012/?gclid=EAIaIQobChMIvOL--rKO7AIVCiwYCh33wAeGEAQYAiABEgKh9fD_BwE.
8. CO₂-2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vents-shop.com.ua/datchik-uglekislogo-gaza-dlya-ventilyacii/>.
9. Датчик вуглекислого газу CO₂ (діоксид вуглецю) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://prom.ua/p964247124-datchik-uglekislogo-gaza.html?&primelead=MS4xMQ>.
10. Датчика якості повітря MQ-135 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://controller.in.ua/mq-135-datchik-gaza>.
11. Різновиди датчиків CO₂ - переваги і недоліки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://izmerkon.ru/podderzhka/publikaczii/datchiki-uglekislogo-gaza-co2.html>.
12. Гусева Є.І., Марков Д.С. Вплив температури повітря на організм людини // Успіхи сучасного природознавства. - 2013. - № 8. - С. 72-72; URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=32693>
13. Методи вимірювання температури [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://xn--80ac2aleg3a.xn--p1ai/articles/metody-izmereniya-temperature/>.
14. Основні методи визначення вологості повітря [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://holod-proekt.com/2011/10/osnovnye-metody-opredeleniya-vlazhnosti-vozduha/#:~:text=%D0%9F%D1%81%D0%B8%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BE>

[%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B8,%D1%81%D1%83%D1%85%D0%B8%D0%BC%2C%20%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8F%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%BC%20%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D1%83%20%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85%D0%B0..](#)

15.МІКРОКЛІМАТ В БУДИНКУ: ПАРАМЕТРИ, ВИМОГИ І КОНТРОЛЬ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://navyflex.com.ua/mikroklimat-v-budynku-parametry-vymogy-i-kontrol/>.

16.Мікроклімат та його вплив на працездатність людини [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://consumerhm.gov.ua/956-mikroklimat-ta-jogo-vpliv-na-pratsezdatnist-lyudini#:~:text=%D0%A4%D1%96%D0%B7%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%20%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%B0%20%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D1%8C,%D0%B7%D0%B0%D0%B%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D1%82%D1%8C%20%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0%20%D0%B7%20%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D1%96%20%D1%88%D0%BA%D1%96%D1%80%D0%B8..>

17.Шкода надмірної вологості в кімнаті для дорослих і дітей. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pobut.lviv.ua/articles/vredizbytochnoivlagi>.

18.Датчик влажности и температуры DHT11 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-vlazhnosti-i-temperature-dht11/>.

19.Огляд датчика температури і вологості DHT22 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://robotchip.ru/obzor-datchika-temperature-i-vlazhnosti-dht22/>.

20. Датчик температури і вологості HTU-21 (GY-21) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-temperature-i-vlazhnosti-gy-21/>.

21. Знайомимося з модулем ESP8266 докладніше [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hobbytech.com.ua/%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BC%D1%81%D1%8F-%D1%81-%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D0%B5%D0%BC-esp8266-%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B5%D0%B5/>.

22. Google Cloud IoT [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://tproger.ru/news/cloud-iot-core-stable-release/>.

23. **Amazon** Web Services [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aws.amazon.com/ru/>

24. Microsoft Azure IoT Suite [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/microsoft/blog/313762/>.

25. SAP Cloud Platform [SCP] [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dataseed.ru/produkty/sap-cloud-platform-cto-takoe-oblachnaya-platforma-sap/#:~:text=SAP%20Cloud%20Platform%20%5BSCP%5D%20%E2%80%93%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%20%D1%81%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%BA%D0%BE%D0%B9%20%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85.>

26. Salesforce IoT Cloud [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://coderlessons.com/tutorials/akademicheskii/internet-veshchei-iot/internet-veshchei-salesforce.>

27. Огляд кращих ІОТ платформ в 2019 році. Поради щодо вибору хмарного рішення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://www.edsson.com/ru/blog/article?id=iot-platforms.>

- 28.Ермаков, М.С. Разработка алгоритма калибровки и температурно-влажностного компенсирования показаний газового датчика на основе диоксида олова // М.С. Ермаков автоматизация процессов управления. 3 (45) Научно-производственное объединение "Марс" г. Ульяновск 2016 С 111-115
- 29.ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
- 30.216. ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ [Электронный ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://fmf.npu.edu.ua/files/Kafedry/KZIPF/LabWorks_PDF/Molek_fiz/Cycle_01/216.pdf.

ДОДАТОК А – Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

А.1. Аналіз умов праці науково-дослідницького відділу університету

Науково-дослідницький відділ університету розташований на дев'ятому поверсі будівлі. Площа приміщення науково-дослідницького відділу складає 40м². Діяльність науково-дослідницького відділу полягає у комп'ютерному проектуванні та моделюванні ультразвукових витратомірів питної води для напірних трубопроводів великого діаметру.

Діяльність працівників науково-дослідницького відділу напряму пов'язана з роботою на комп'ютерному обладнанні (ноутбук або стаціонарний комп'ютер) та користуванням мобільними телефонами. До основних шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, пов'язаних з роботою на персональному комп'ютері відповідно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы», НПАОП 0.00–1.28-10 «Правила охорони праці при експлуатації ОМ» належать: напруга зорових органів та пов'язане з нею перевтомлення; значне навантаження на кисті рук та пальці; тривале знаходження в сидячій позі, що викликає застійні явища в організмі; випромінювання різного виду (рентгенівське, електромагнітне, інфрачервоне, статистичні поля); механічні шуми, пов'язані з роботою кулера, дискового приводу, оргтехніки; іонізація повітря; виділення в повітря робочого приміщення різних хімічних речовин (озон, триметілфосфат, біфеніли).

Мобільний телефон є також джерелом електромагнітного випромінювання, на яке організм певним чином реагує. Наукові дослідження підтверджують негативний вплив таких пристроїв на мозок. Але вплив мобільного апарату на організм користувача і досі не є достатньо вивченим

До психологічно шкідливих факторів, які впливають на людину при роботі з комп'ютером можна віднести розумову напругу та нервово-емоційне перевантаження, які виникають внаслідок підвищеної концентрації уваги.

Усі ці фактори негативно впливають на здоров'я працівників відділу технічної підтримки та сприяють виникненню професійних захворювань:

комп'ютерний зоровий синдром; радіохвильова хвороба; синдром висихання рогівки ока; кистьовий тунельний синдром; захворювання шкіри; захворювання кишкового тракту; серцево-судинні захворювання.

Негативними наслідками регулярного використання мобільного телефону є ослаблення пам'яті, часті головні болі, зниження уваги, напруга в барабанних перетинках, порушення сну, дратівливість та ін.

А.2. Заходи щодо поліпшення умов праці

Для зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища на працівників науково-дослідницького відділу необхідно вжити заходів щодо поліпшення їх умов праці. Розміщення робочих місць з ПК у підвальних приміщеннях та на цокольних поверхах заборонено. Кімната, у якій розташоване робоче місце з ПК повинна мати природне освітлення, яке здійснюється через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід. Віконні прорізи такого приміщення мають бути обладнані регульованими пристроями (жалюзі, завіски, зовнішні козирки). Також приміщення має бути обладнане системою опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією для забезпечення оптимальних показників мікроклімату. Загальний контур заземлення будівлі повинен бути виведений через розетку на кожне робоче місце з ПК. Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень з ПК застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини. У приміщеннях, де розташовано монітори, потрібно виконувати заходи щодо боротьби зі статичним полем. Найбільш простим способом відповідно до рекомендацій є підтримка відносної вологості повітря на рівні 50-60%, заземлення усіх приладів, а також використання для підлоги антистатичного ліноліму.

Площа на одне робоче місце з ПК відповідно ГОСТ 12.2.032-78, ССБТ

«Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» має становити не менше ніж $6,0 \text{ м}^2$, а об'єм не менше ніж $20,0 \text{ м}^3$. Відстань від робочого місця з ПК до стіни з вікном повинна становити не менше ніж 1,5 м; від інших стін на відстані 1 м, а відстань між столами 1,5 м.

Для зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища робоче місце з ПК повинно відповідати наступним гігієнічним вимогам: екран та клавіатура повинні розташовуватись на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600...700 мм; висота робочої поверхні робочого столу має бути 800 мм; робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм.

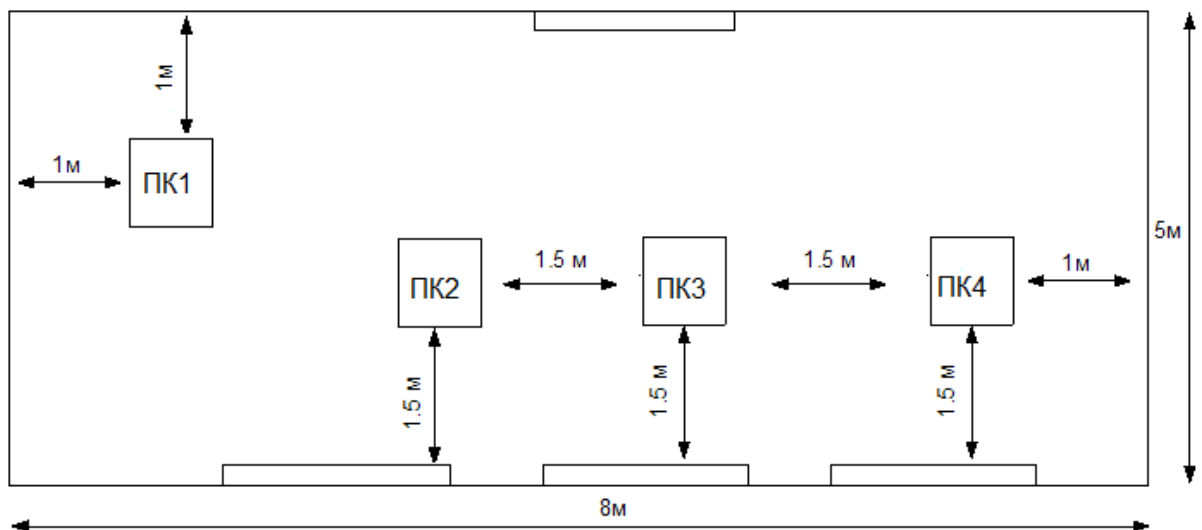


Рис. А.1 Розташування робочих місць з ПК у науково-дослідницькому відділі

Для зменшення негативного впливу мобільного апарату необхідно: скоротити до мінімуму час розмови по телефону; обирати мобільний телефон з мінімальним значенням SAR (Specific Absorbition Rate) – одиниця виміру питомої величини поглинання випромінювання організмом людини. Максимальне значення SAR у Європі складає 2 Вт/кг .

А.2.1. Мікроклімат робочого місця

У приміщенні науково-дослідницького відділу є джерела тепловиділення, тому необхідно визначити необхідний умови його вентилявання.

Повітрообмін по теплу визначаємо по формулі:

$$L = \frac{Q_{\text{над}}}{c \times p(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.1)$$

де $Q_{\text{над}}$ - надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.;

c – теплоємність повітря (0,237 ккал/кг°С);

p – обсягова вага повітря (1,226 кг/ м³);

$t_{\text{в}}$ – температура витяжного повітря (30°С);

$t_{\text{н}}$ – температура приточного повітря (20°С).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла за формулою:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{уст}} + Q_{\text{пер}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{ср}},$$

де $Q_{\text{уст}}$ – виділення тепла від устаткування;

$Q_{\text{пер}}$ – виділення тепла робітниками;

$Q_{\text{осв}}$ – надходження тепла від електричного освітлення;

$Q_{\text{ср}}$ – надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування за формулою:

$$Q_{\text{уст}} = [(x_1 \cdot k_1) + (x_2 \cdot k_2) + (x_3 \cdot k_3) + (x_4 \cdot k_4)] \cdot K_a \cdot K_o \cdot 860,$$

де $x_1=4$, $x_2=4$, $x_3=1$, $x_4=1$ – кількість системних блоків, моніторів, принтерів, кондиціонерів відповідно;

$\kappa_1=0.4, \kappa_2=0.15, \kappa_3=0.1, \kappa_4=1$ – їх потужність, кВт/год;

K_a - коефіцієнт установленної потужності (0,95);

K_6 - коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

Розрахуємо:

$$Q_{уст} = [(4 \cdot 0.4) + (4 \cdot 0.15) + (1 \cdot 0.1) + (1 \cdot 1)] \cdot 0.95 \cdot 1 \cdot 860 = 2696 \text{ ккал/год.}$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою формули:

$$Q_{пер} = n \times g,$$

де $n=4$ – кількість працюючих;

$g=100$ ккал/год. – кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.)

Розрахуємо:

$$Q_{пер} = 4 \cdot 100 = 400 \text{ ккал/год}$$

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення за формулою:

$$Q_{осв} = E_m g_1 S,$$

де E_m – нормована освітленість для цієї зорової роботи приймаємо рівним 400 лк;

g_1 - питома тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для люмінесцентних ламп - 0,05 ккал/год.).

S - площа приміщення, $S=40$ м².

Розрахуємо:

$$Q_{осв} = 400 \cdot 0.05 \cdot 40 = 800 \text{ ккал/год}$$

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна по формулі:

$$Q_{cp} = F \cdot g_2 \cdot K_{ocl},$$

де $F=6.75(\text{ м}^2)$ – площа віконних прорізів;

g_2 – кількість тепла, що надходить через 1 м^2 віконного прорізу (65 ккал/год.);

K_{ocl} – коефіцієнт ослаблення, приймаємо – 0,4.

Розрахуємо:

$$Q_{cp} = 6.75 \cdot 65 \cdot 0.4 = 176 \text{ ккал/год.}$$

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{над} = 2696 + 400 + 800 + 176 = 4072 \text{ ккал/год.}$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{4072}{0.237 \cdot 1.226 \cdot (30 - 20)} = 1404 \text{ м}^3/\text{год}$$

Існуюча в наявності система кондиціонування і вентилявання має продуктивність 1700 м³/год, що задовольняє необхідним нормативам.

Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря і відносна вологість у холодні періоди року повинна складати 21-23 градуса по Цельсію, 0,1 метра в секунду і 40-60 % відповідно. У теплі періоди року температура повітря повинна складати 22-24 градусів Цельсія, рухливість повітря 0,2 метра за секунду, вологість 40-60 %. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним даним приміщення науково-дослідницького відділу.

А.3. Пожежна безпека

Найважливішою умовою роботи будь-якого підприємства є дотримання правил пожежної охорони. У приміщенні науково-дослідницького відділу основні міри для забезпечення пожежної безпеки визначає Інструкція про заходи пожежної безпеки для службових приміщень. Вона є обов'язковою для виконання всіма співробітниками. В інструкції про засоби пожежної безпеки для службових приміщень забороняється:

- улаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні проводи безпосередньо по пальній основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), використовувати саморобні подовжувачі, що не відповідають вимогам Правил пристрою електроустановок; пристосовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу й інших предметів, обгортати електролампи і світильники, заклеювати ділянки електромережі пальною тканиною, папером; захаращувати підступи до засобів пожежогасіння, курити, проводити зварювальні й інші вогневі роботи без оформлення відповідного дозволу, застосовувати легкозаймисті рідини.

Первинні засоби пожежогасіння (зокрема вогнегасники) призначені для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкта до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони. Визначення видів та кількості вогнегасників слід проводити з врахуванням фізико-хімічних та пожежонебезпечних властивостей горючих речовин, площ і категорії виробничих приміщень за вибухопожежною небезпекою, а також класу можливої пожежі.

В моєму випадку науково-дослідницький відділ, де розташовані комп'ютери займає площу 40 м². Категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою – В, оскільки в ньому знаходяться тверді горючі матеріали (пластик). Клас можливої пожежі – А. Це приміщення, з огляду на мінімальне псування вимірювальної техніки під час гасіння пожежі бажано

оснастити двома вуглекислотними вогнегасниками типу ВВ – 5.

А.4. Безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Об'єктом розгляду на предмет визначення надзвичайних небезпек та їх наслідків є науково-дослідницький відділ університету. Однією із вірогідних загроз може бути раптове виникнення пожежу внаслідок короткого замикання в електромережах або розрядів статистичної електрики, що може привести до пошкодження і руйнування устаткування, комунікацій, виділення токсичних продуктів горіння.

Тому в університеті розроблено оперативний план гасіння пожежі, який визначає порядок дії персоналу при пожежі, порядок її гасіння, взаємодію з власним складом пожежних підрозділів, а також застосування схем и засобів пожежогасіння з урахуванням заходів безпеки.

Корпус повинен бути обладнаний мережею протипожежного водо забезпечення, установками виявлення та гасіння пожеж відповідно вимогам нормативно-технічних документів. Кожний працівник повинен чітко знати та виконувати вимоги ППБ та протиаварійний режим на об'єкті, уміти користуватися наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння і знати місце їхнього перебування.

Меблі та устаткування повинні розміщатися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (шириною не менше 1 м). Евакуаційні шляхи і виходи необхідно постійно держати вільними, нічим не зашарашувати. Засоби протипожежного захисту в приміщеннях потрібні триматися у справному стані.

У випадку виявлення пожежі слід: негайно повідомити державну пожежну охорону за телефоном «101», вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, своє прізвище;

повідомити про пожежу керівництву, а в нічний час черговому охоронцю; у разі можливості почати гасіння пожежі наявними засобами, організувати зустріч пожежних підрозділів.

При виникненні пожежі у початковій стадії його розвитку випромінюється тепло, накопичуються токсичні продукти згоряння, імовірні руйнування будівельних споруд. Тому слід як можна швидше провести евакуацію людей із палаючої будівлі. Показником ефективності евакуації є час, протягом якого працівники можуть при потребі залишити окремі приміщення і будівлю в цілому. Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації не перевищує час настання критичної фази розвитку пожежі, тобто часу від початку пожежі до досягнення граничних для людини впливів факторів пожежі (критичних температур, ступені задимлення, зниження концентрації кисню и т.п.). Число евакуаційних виходів повинно бути не менш двох. Вони повинні розташовуватися розосереджено. Мінімальна відстань l між найбільш віддаленими один від одного евакуаційними виходами із приміщення визначається за формулою:

$$l=1,5\sqrt{P} ,$$

де P – периметр приміщення, м.

Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися у напрямку виходу із будівлі (приміщення). У кожному приміщенні на видному місці повинен бути вивішений план евакуації при пожежі. При пожежі обов'язково необхідно враховувати небезпечні чинники і механізм їх дії на людину. При виникненні пожежі, після виклику пожежної охорони, необхідно попередити про це усіх, хто знаходиться поруч, після чого евакуюватися самому і по можливості допомогти евакуюватися іншим, особливо особам літнього віку і дітям, попереджаючи при цьому виникнення паніки. З метою обмеження

циркуляції повітря, яке здатне збільшувати швидкість горіння, покидаючи приміщення, закрийте за собою усі двері, якщо це можливо. Якщо пожежа виникла в приміщенні над вами і безпосередньої загрози для вас не спостерігається, то бажано виконати заходи по зниженню можливих втрат від води яку проливають при гасінні пожежі. Для цього необхідно відключити всі електроприводи та прикрити їх поліетиленовою плівкою. Значно гірше, якщо пожежа виникла в приміщенні під вами – потрібно оцінити обстановку и якщо є впевненість, що ще не має сильної задимленості з високою температурою, потрібно негайно покинути приміщення, рухаючись до виходу по коридорам і сходовим кліткам. Користуватися ліфтом категорично забороняється, за винятком ліфтів, які спеціально призначені для транспортування пожежної охорони. Шахта ліфта є шляхом для поширення диму і отруйних продуктів горіння, до того ж при пожежі ліфт часто відключають і можна опинитися в пастці при пожежі.

Якщо ви знаходитесь в приміщенні де немає пожежи, но відрізани вогнем, димом, високою температурою від головних шляхів евакуації, то в першу чергу необхідно заважити доступу диму и продуктів горіння в це приміщення. Для чого необхідно негайно закрити усі щілини у дверях та під ними змоченими водою ганчірками, рушниками, робочими халатами та інш.

Якщо приміщення все ж заповнено димом, необхідно підповзти до вікна, закрити при цьому рот та ніс змоченою тканиною, яка грає роль фільтру та в певній мірі захищає від продуктів горіння.

Рухатись у задимленій зоні поповзом або максимально пригнувшись, необхідно тому що більшість нагрітих газоподібних отруйних речовин та дим збираються у верхній зоні приміщення, окрім цього, в приміщенні при горінні температура на рівні очей людини у 6 разів вище за температуру на рівні полу, до того ж внизу завжди зберігається більша концентрація кисню. Коли ви опинились біля вікна трохи відкрийте його та дихайте через щілину, очікуючи прибуття пожежників. При їх прибутті негайно зверніть на себе увагу. Ніколи не стрибайте через вікно без відомої на це необхідності (кожний другий стрибок

з 4-г поверху при пожежі смертельний).

А.5. Висновки за розділом

1. Проаналізовано умови праці науково-дослідницького відділу університету. Виявлено основні шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища, які впливають на персонал відділу.

2. Запропоновано необхідні заходи щодо зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища на працівників науково-дослідницького відділу та поліпшення їх умов праці.

3. Розраховано мікроклімат робочого місця у приміщенні науково-дослідницького відділу. Отримані дані цілком відповідають нормам.

4. Розроблено план дій під час надзвичайних ситуацій у приміщенні науково-дослідницького відділу.

ДОДАТОК Б скетч програми електронної системи вимірювання концентрації вуглекислого газу в житлових приміщеннях.

```
#include <MQ135.h> // подключение библиотеки
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>
#include <Wire.h>
#include "SHT2x.h"

#define analogPin A0 // аналоговый выход MQ135 подключен к пину A0
ESP8266
#define si7021Addr 0x40

MQ135 gasSensor = MQ135(analogPin); // инициализация объекта датчика
WiFiClient client;
SHT2x SHT2x;

//char said [] = "Xiaomi_145A";
//char pass [] = "19782706";
char said [] = "Kafedra_ET2";
char pass [] = "KafedraET_2101";
unsigned long myChannelNumber = 1185033;
const char* myWriteAPIKey = "RKQ7SFW4JDW8LLQJ";

void setup() {

    Serial.begin(9600); // последовательный порт для отображения данных

    SHT2x.begin();
```

```

WiFi.begin(said, pass);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");

}
Serial.println("WiFi connected!");
Serial.print("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

ThingSpeak.begin(client);

Wire.begin();
Wire.beginTransmission(si7021Addr);
Wire.endTransmission();
delay(300);
}

void loop() {

//-----
// Connect or reconnect to WiFi
if(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
  Serial.print("Attempting to connect to SSID: ");
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    // Connect to WPA/WPA2 network. Change this line if using open or WEP
network
    WiFi.begin(said, pass);
    Serial.print(".");
    delay(5000);
  }
}
}

```

```

    }
    Serial.println("\nConnected.");
}

//-----
float ppm = gasSensor.getPPM(); // чтение данных концентрации CO2
float rzero = gasSensor.getRZero(); // чтение калибровочных данных

delay(500); // просто задержка, чтобы не мельтешило перед глазами
//_____T+H_____
_____

unsigned int data[2];

Wire.beginTransmission(si7021Addr);
//Send humidity measurement command
Wire.write(0xF5);
Wire.endTransmission();
delay(500);

// Request 2 bytes of data
Wire.requestFrom(si7021Addr, 2);
// Read 2 bytes of data to get humidity
if(Wire.available() == 2)
{
    data[0] = Wire.read();
    data[1] = Wire.read();
}

// Convert the data
float humidity = ((data[0] * 256.0) + data[1]);

```

```
humidity = ((125 * humidity) / 65536.0) - 6;
```

```
Wire.beginTransaction(si7021Addr);
```

```
// Send temperature measurement command
```

```
Wire.write(0xF3);
```

```
Wire.endTransmission();
```

```
delay(500);
```

```
// Request 2 bytes of data
```

```
Wire.requestFrom(si7021Addr, 2);
```

```
// Read 2 bytes of data for temperature
```

```
if(Wire.available() == 2)
```

```
{
```

```
    data[0] = Wire.read();
```

```
    data[1] = Wire.read();
```

```
}
```

```
// Convert the data
```

```
float temp = ((data[0] * 256.0) + data[1]);
```

```
float celsTemp = ((175.72 * temp) / 65536.0) - 46.85;
```

```
float fahrTemp = celsTemp * 1.8 + 32;
```

```
//-----
```

```
float CorectedPPM = gasSensor.getCorrectedPPM(celsTemp, humidity);
```

```
float CorretdRzero = gasSensor.getCorrectedRZero(celsTemp, humidity);
```

```
//-----
```

```

// Output data to serial monitor
Serial.print("||CO2 : ");
Serial.print(ppm);
Serial.print("\t");

Serial.print("CorectedPPM : ");
Serial.print(CorectedPPM);
Serial.print(" ||\t");

Serial.print("rzero : ");
Serial.print(rzero);
Serial.print("\t");

Serial.print("CorretdRzero : ");
Serial.print(CorretdRzero);
Serial.print(" ||\t");

Serial.print("T : ");
Serial.print(celsTemp);
Serial.print("\t");

Serial.print("Humidity :");
Serial.print(humidity);
Serial.print(" ||\t");

Serial.println("");

//----- set the fields with the values
ThingSpeak.setField(1, ppm);
ThingSpeak.setField(2, CorectedPPM);

```

```
ThingSpeak.setField(3, rzero);
ThingSpeak.setField(4, CorretedRzero);
ThingSpeak.setField(5, celsTemp);
ThingSpeak.setField(6, humidity);

// write to the ThingSpeak channel
int x = ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);
if(x == 200){
    Serial.println("Channel update successful.");
    Serial.println("      ");
}
else{
    Serial.println("Problem updating channel. HTTP error code " + String(x));
}

delay(15000);
}
```