

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Володимир ЄРЕМЕНКО  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-науковою програмою «Метрологія та вимірювальна техніка»  
зі спеціальності 152 «метрологія та інформаційно вимірювальна техніка»**

**на тему: «Інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система  
моніторингу стану атмосферного повітря»**

Виконала:

студентка VI курсу, групи ПВ-91мп  
Мержиєвська Дар'я Юріївна \_\_\_\_\_

Керівник:

к.т.н., доцент, Павлішин М.М. \_\_\_\_\_

Консультант з розділу «Розробка стартап-проектів»

д.е.н., доцент Бояринова К.О. \_\_\_\_\_

Рецензент:

д.т.н., проф. Куц Ю.В. \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.  
Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

## Анотація

У магістерській дисертації розроблено інформаційно-вимірювальну систему та програмне забезпечення. Система дозволяє вимірювати:

1. Температуру атмосферного повітря в діапазоні від -20 до +60 °С з похибкою  $\pm 1^\circ\text{C}$ .
2. Відносну вологість повітря в діапазоні від 10% до 90% з похибкою 5%
3. Концентрацію чадного газу в атмосфері в діапазоні від 10 ppm до 1000 ppm з похибкою  $\pm 5\%$ .
4. Концентрацію формальдегіду в діапазоні від 0..3 мг/м<sup>3</sup> з похибкою  $\pm 5\%$
5. Концентрацію діоксиду сірки в діапазоні від 10...5000 мг/м<sup>3</sup> з похибкою  $\pm 5\%$ .

Проведено огляд і аналіз існуючих рішень та методів реалізації операцій вимірювання температури, вологості, концентрації чадного газу, концентрації формальдегіду, концентрації діоксиду сірки в атмосферному повітрі. З точки зору вартості готового продукту та забезпечення необхідної точності, для розроблення було обрано найраціональніші технічні засоби.

Система дозволяє зберігати в автоматичному режимі інформацію про значення параметрів атмосфери і передавати її на ЕОМ метеостанції по заданому алгоритму, там формується висновок на основі від 1 до 50 значень отриманих вимірювань п'яти параметрів якості атмосферного повітря.

Розроблені алгоритми функціонування системи дозволяють операторам систем нагляду за повітрям оперативно отримувати достовірну, повну і точну інформацію для прийняття управлінських рішень.

Приймала участь у конференціях: XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» із темами: “ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ СТАНУ ҐРУНТІВ” та “ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНЦЕНТРАЦІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ”, із публікацією матеріалів: Збірник праць 4-5 грудня 2019р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського.– 2019.–457-460, 468-470с. Магістерська дисертція має 107 сторінок та 6 графічні документи.

## **Annotation**

In the master's dissertation, an informational-visual system has been broken down and the program has been secured. The system allows vimiryuvati:

1. Atmospheric air temperature in the range from -20 to +60 ° C with an error of  $\pm 1$ C.
2. Relative humidity in the range from 10% to 90% with an error of 5%
3. The concentration of carbon monoxide in the atmosphere in the range from 10 ppm to 1000 ppm with an error of  $\pm 5\%$ .
4. Concentration of formaldehyde in the range from 0...3 mg / m<sup>3</sup> with an error of  $\pm 5\%$
5. Concentration of sulfur dioxide in the range from 10...5000 mg / m<sup>3</sup> with an error of  $\pm 5\%$ .

The review and analysis of existing solutions and methods of implementation of operations of measurement of temperature, humidity, concentration of carbon monoxide, concentration of formaldehyde, concentration of sulfur dioxide in atmospheric air is carried out. In terms of the cost of the finished product and ensuring the necessary accuracy, the most rational technical means were selected for development. The system allows you to automatically store information about the values of atmospheric parameters and transmit it to the computer of the weather station according to a given algorithm, there is a conclusion based on 1 to 50 values of the obtained measurements of five parameters of air quality.

The developed algorithms of the system operation allow the operators of air surveillance systems to promptly receive reliable, complete and accurate information for management decisions.

Participated in conferences XIV All-Ukrainian scientific conference of students and young scientists "efficiency engineering solutions in instrumentation" of themes: "INFORMATION-MEASURING SYSTEM rapid analysis of soil" and "INFORMATION-MEASURING SYSTEM greenhouse gas concentrations in ambient air ", With the publication of materials: Collection of works December 4-5, 2019. - K .: PBF, KPI. Igor Sikorsky.– 2019. – 457-460, 468-470p.

The master's dissertation has 107 pages and 6 graphic documents.

## Зміст

Перелік умовних позначень	6
1 Вступ	7
2 Призначення та область застосування	9
3 Основні технічні характеристики	10
4 Аналітичний огляд метрологічних та технічних характеристик відомих аналогів	12
4.1 Існуючі відомі аналоги	12
4.2 Порівняння існуючих технічних рішень	24
4.3 Огляд методів вимірювання	26
5 Порівняльний аналіз вимог нормативних документів та стандартів	35
5.1 Порівняльна таблиця вимог стандартів	38
6 Розробка структури та режимів функціонування інформаційно-вимірювальної системи	40
6.1 Структурний розрахунок схеми	40
6.2 Попередній розрахунок похибок вимірювання	42
7 Розробка схеми електричної функціональної, алгоритмів функціонування, часових діаграм роботи ІВС	47
7.1 Опис роботи ІВС за функціональною схемою	48
7.2 Розробка алгоритму роботи схеми та часової діаграми	50
8 Розрахунок та аналіз похибок	54
9 Програмне забезпечення	59
9.1 Розробка фронтальної панелі системи та блок-діаграми	59
9.2 Опис складових системи	60
10 Метрологічне забезпечення	63
10.1 Перелік метрологічних характеристик , які підлягають повірці	63
10.2 Перелік вимірювальних приладів необхідних для повірки приладів	63
10.3 Схема повірки	63
10.4 Методика повірки	65
10.5 Проведення повірки	66

10.6	Обробка результатів вимірювань	67
10.7	Обробка результатів перевірки	67
	Висновки	68
11	РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	70
	Додаток А Список використаних джерел	95
	Додаток Б Основні характеристики testo 535	97
	Додаток В Панель програмного забезпечення	99
	Додаток Г Інформаційно-вимірювальна система концентрації парникових газів в атмосферному повітрі	100
	Додаток Д Інформаційно-вимірювальна система експрес-аналізу стану ґрунтів	104

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ІВС – інформаційно-вимірювальна система

ДСНС – державна служба надзвичайних ситуацій

БПВП – блок первинних вимірювальний перетворювачів

БНП – блок нормуючих пристроїв

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

МК - мікроконтролер

ДС - дешифратор

ЦВП- цифровий відліковий пристрій

ІОФ – інтерфейс

БЖ – блок живлення

GSM- міжнародний стандарт для мобільного цифрового  
стільникового зв'язку

ЕОМ –електронно-обчислювальна машина

ПЗ – програмне забезпечення

## ВСТУП

Дана робота виконується на основі завдання магістерської дисертації на тему «Інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система моніторингу стану атмосферного повітря» затвердженого кафедрою інформаційно-вимірювальної техніки від 10.09.2020р.

Проблема забезпечення чистого довкілля, на сьогоднішній день, стає пріоритетною. У Києві в 2020р. встановлено 24 стаціонарні ІВС для вимірювання параметрів атмосферного повітря та оцінки його якості. Подібні системи планується встановити у Дніпрі, Запоріжжі, Харкові та інших містах.

Згідно з даними платформи [air.kyivsmartcity.com](http://air.kyivsmartcity.com), найгірша екологічна ситуація для міста Києва склалася в Солом'янському та Дарницькому районах столиці. Індекс якості повітря там становить 61 і 41, тоді як найкращим вважається індекс у 100 одиниць. Він вимірюється з огляду на щільність забруднювальних часток у повітрі: чим вона вища, тим нижчий індекс. У районах з найнижчим індексом якості повітря було зафіксовано перевищення норми вмісту концентрації чадного газу, концентрації діоксиду сірки та концентрації формальдегіду.

Висока концентрація цих речовин у повітрі є небезпечною для здоров'я людини, зокрема шкодить органам дихання, слизовим оболонкам носа та очей, а також шкірі. Причиною забруднення повітря є інтенсивний автомобільний рух, близьке розташування промислових підприємств і погодні умови. Наприклад, якщо вологість повітря досягає 70%, то концентрація формальдегіду зростає на 40%.

Постійний моніторинг необхідний для того, щоб нормалізувати всі показники, за якими вимірюється стан атмосферного повітря. Для того щоб жителі міст мали змогу стежити за перевищенням норми вмісту забруднювальних часток, а міська влада — вжити необхідних заходів.[\[16\]](#)

Актуальність проблеми не викликає сумніву, адже атмосферне повітря — один із основних важливих для життя елементів навколишнього природного середовища, який є необхідною фізичною і біологічною умовою існування людини та джерелом життя на Землі.[\[14\]](#)

## РОЗДІЛ 2

### ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ

ІВС має призначення системи для вимірювання параметрів атмосферного повітря, а саме – температури, концентрації чадного газу, концентрації діоксиду сірки, концентрації формальдегіду та вологості.

Система може застосовуватись як невід’ємна складова лабораторії екологічного моніторингу якості довкілля, а саме стану довкілля; як система оцінки стану атмосферного повітря в великих промислових центрах, сільському господарстві, в населених пунктах, метеорології та ДСНС (Державна служба з надзвичайних ситуацій).

Об’єкт вимірювання – атмосферне повітря. Характеристики можливих значень параметрів атмосферного повітря представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристики параметрів атмосферного повітря

Характеристика	Значення
Температура	-20...+60 °C
Концентрація діоксиду сірки	10...5000мг/м <sup>3</sup> (1900ppm)
Вологість	10 ÷ 90%
Концентрація чадного газу	10...1000ppm
Концентрація формальдегіду	0..3мг/м <sup>3</sup>

### РОЗДІЛ 3

#### ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Технічні та метрологічні характеристики каналів вимірювання представлено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Технічні та метрологічні характеристики каналів вимірювання

Канал Вим- ня Хар-ка	Температ- ура	Вологість	Концентра ція діоксиду сірки	Концентр ація чадного газу	Концентрац- ія формальдег- іду
Абсолютна похибка вимірюванн я	0,1 °C	±5 %	±5 %	±5 %	±5%
Діапазон вимірюванн я	-20 .... +60 °C	10% ...90%	10...5000 мг/м <sup>3</sup> (1900ppm)	10..1000p pm	0...3 мг/м <sup>3</sup>
Час вимірюванн я	10 s	180 s	<180 s	60 s	<30 s
Живлення	12 V	12 V	12 V	12 V	12 V

ІВС виконує функції:

1. почергове вимірювання параметрів атмосферного повітря:

- вимірювання концентрації діоксиду сірки,
- вимірювання температури повітря,
- вимірювання концентрації чадного газу,
- вимірювання вологості,
- вимірювання концентрації формальдегіду.

2. забезпечення результатів вимірювання індикацією;
3. забезпечення можливості керування, калібровки та ведення програмного забезпечення з окремої клавіатури.

## РОЗДІЛ 4

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТРОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДОМИХ АНАЛОГІВ

#### 4.1 Існуючі відомі аналоги

##### 4.1.1 Комплексний аналізатор димових газів IR100

Модель IR100 - інтелектуальний інфрачервоний газовий аналізатор для виміру CO<sub>2</sub>, CO й CH<sub>4</sub>. Аналізатор простий в обслуговуванні й стабільно працює протягом тривалого періоду.

Модель IR100 - інтелектуальний інфрачервоний газовий аналізатор для виміру CO<sub>2</sub>, CO й CH<sub>4</sub>. Аналізатор простий в обслуговуванні й стабільно працює протягом тривалого періоду. Ідеальним застосуванням для даного аналізатора є безперервні виміри для контролю й моніторингу процесів горіння в різних промислових печах. [17]



Рисунок 4.1.1 - Загальний вигляд комплексного аналізатора димових газів IR100 Особливості серії:

- є два виконання: моделі IR100TA й IR100A, призначені для аналізу одного з газів: CO<sub>2</sub>, CO або CH<sub>4</sub>; і моделі IR100TB й IR100B, призначені для одночасного аналізу CO<sub>2</sub> й CO.

- спеціальна оптична система зменшує дрейф показань, що звичайно викликається забрудненням вимірювального середовища; тому аналізатор працює стабільно протягом тривалого часу.
- прилад характеризується простотою техобслуговування, тому що аналізатор легко розділяється на кілька базових блоків. Крім того, немає необхідності в настроюванні оптичного балансу.

Таблиця 4.1.1

## Основні характеристики комплексного аналізатора димових газів IR100

Об'єкти виміру	CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
Метод виміру	метод недисперсної інфрачервоної абсорбції, метод відхилення, одиночне джерело інфрачервоного випромінювання
Діапазон виміру	CO <sub>2</sub> : 0 ~ 500 ppm CO: 0 ~ 500 ppm CH <sub>4</sub> : 0 ~ 1000 ppm
Дисплей	світлове табло
Вихідний сигнал	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вихідний сигнал 1: 0 ...1 В постійного струму., неізолювані, лінеаризовані вихідні сигнали;</li> <li>- вихідний сигнал 2: 4 ...20 мА пост.струму (опір навантаження не більше 550 Ом), одночасні, неізолювані або лінеаризовані вихідні сигнали.</li> </ul>
Похибка	<p>±1% повної шкали для вторинного діапазону (високий діапазон).</p> <p>Дрейф нуля: ±2% повної шкали/тиждень.</p> <p>Дрейф діапазону: ±2% повної шкали/тиждень.</p>
Калібрування	напівавтоматичне або автоматичне калібрування
Живлення	100, 115, 220 В зм.струму ±10%, 50/60Гц ±1%
Споживча потужність	максимум 37 Вт

#### 4.1.2 Багатокомпонентний газовий аналізатор 325 ФА 20

Газоаналізатори призначений для безперервного виміру концентрації окиду вуглецю (CO), окиду азоту (NO), діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>), діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>) і діоксиду вуглецю(CO<sub>2</sub>) в підготовленій газовій пробі.

Сфера застосування. Екологічний і технологічний контроль димових газів енергетичних установок, котельних, теплових електростанцій і газів промислових підприємств, що відходять. Автоматична підготовка аналізованої проби в умовах експлуатації(осушення, очищення від механічних часток) здійснюється за допомогою системи підготовки газів СПГ- 01



Рисунок 4.1.2 - Загальний вигляд багатокомпонентного газового аналізатору 325 ФА 20

Таблиця 4.1.2

Технічні характеристики багатокомпонентного газового аналізатору 325 ФА20

Вимірюваний компонент	Метод виміру компонентів	Діапазон вимірів	Похибка, %
Окис вуглецю (CO)	інфрачервоний(ІЧ)	0 – 5000 мг/м <sup>3</sup>	± 5,0
Окис азоту (NO)	ІЧ	0 – 5000 мг/м <sup>3</sup>	± 5,0
Діоксид сірки (SO <sub>2</sub> )	ІЧ	0 – 5000 мг/м <sup>3</sup>	± 5,0
Діоксид азоту (NO <sub>2</sub> )	електрохімічний	0 – 1500 мг/м <sup>3</sup>	± 5,0
Діоксид вуглецю (CO <sub>2</sub> )	ІЧ	0 – 20 % об.	± 5,0

Газоаналізатор має інтерфейс RS 485 для передачі вимірювальної інформації на комп'ютер, на відстань до 1000 м. Живлення газоаналізатора - від мережі змінного струму напругою від 187 до 242 В частотою  $(50 \pm 1)$  Гц. Споживана потужність не більше 45 ВА. Час прогрівання газоаналізатора не більше 60 хв. Габаритні розміри газоаналізатора не більші: 482,5x 132,5x 386 мм. Маса газоаналізатора 9 кг.

#### 4.1.3 Датчик якості повітря Venetech GM8804

GM8804 - портативний аналізатор концентрації формальдегіду і твердих частинок. Производство компанії Venetech



Рисунок 4.1.3- Venetech GM8804

Призначений для контролю якості повітря, концентрації формальдегіду і детектування твердих дрібнодисперсних частинок, пилу і інших включень в складі повітря. Використовується на виробництві, в офісних приміщеннях, медичних, освітніх установах, в місцях тривалого

перебування людей. Прилад має два канали для аналізу твердих дрібнодисперсних частинок: до 10 мкм і до 2,5 мкм і канал вимірювання концентрації формальдегіду. Відмінною рисою даного портативного настільного аналізатора GM8804 є висока точність вимірювання, великий дисплей, на якому відображається концентрація частинок розміром до 2,5 мкм, до 10 мкм, концентрація формальдегіду, температура і вологість повітря, а так-же реалізована колірна сигналізація зон допустимої концентрації. Робота аналізатора GM8804 заснована на технології лазерної фотометрії розсіяного світла. Мінімальна дозвіл розміру часток 0,3 мкм. Живлення аналізатора забезпечують три акумулятора типу ААА (NiMH).[18]

Таблиця 4.1.3

## Технічні характеристики Venetech GM8804

Діапазон вимірювання концентрації частинок	0-5000мкг/м <sup>3</sup>
Допуск	1 мкг/м <sup>3</sup>
Розмір частин	2,5 мкм/ 10 мкм
Мінімальний розмір реєстрованих часитон	0,3 мкм
Діапазон вимірювання концентрації формальдегіду	0-1 мг/м <sup>3</sup>
Допуск	0.01 мг/м <sup>3</sup>
Похибка	±5% ФС
Час вимірювання	<10с
Діапазон вимірювання температури	0 °С – 50 °С
Діапазон вимірювання відносної вологості повітря	10% - 90% вологості

#### 4.1.4 ГАЗОАНАЛІЗАТОР FLUKE CO-220



Рисунок 4.1.4 - ГАЗОАНАЛІЗАТОР FLUKE CO-220

Знаходження в приміщеннях з високою концентрацією вугільного газу, що утворюється в ході роботи двигунів внутрішнього згоряння, при неповному згорянні палива та ін., смертельно небезпечно для людини, небезпека

посилюється тим, що без спеціальних приладів виявити наявність CO в навколишньому повітрі неможливо. Ви зможете убезпечити себе і свій персонал за допомогою вимірника монооксиду вуглецю Fluke CO-220, використовуючи його для попереднього огляду місць майбутньої роботи або застосовуючи в якості детектора зі звуковою сигналізацією в небезпечних місцях.

##### **Особливості та переваги:**

- Міцний корпус і надійна електроніка;
- Великий LCD дисплей з показаннями від 0 до 1000 ppm \*;
- Яскраве підсвічування дозволяє чітко розрізнити показання в темряві;

- Звуковий індикатор зі зростаючою частотою звучання при збільшенні рівня CO;
- Функція MAX Hold фіксує і відображає на дисплеї максимальний рівень CO;
- При включенні виробляється автоматичне обнуління датчика і самодіагностика приладу;
- При необхідності звуковий індикатор можна відключити;
- Автовідключення після 20 хвилин простою для економії заряду батарей.
- Зручний доступ до батарейного відсіку;
- У комплект поставки входить м'який чохол C50, батареї живлення і інструкція із застосування;
- Стабілізований електрохімічний датчик CO з можливістю заміни, що подовжує термін служби самого приладу;
- Термін служби датчика 3 роки;
- Періодичність калібрування - 1 рік;
- Термін служби штатних алкалінових батарей 500 годин.

Таблиця 4.1.4

## Технічні характеристики FLUKE CO-220

Границі вимірювань	0 до 100 ppm
Допуск	1 ppm
Точність	5%

#### 4.1.5 Електрохімічний портативний газоаналізатор SO<sub>2</sub> в повітрі робочої зони (МГЛ-19.3А)



Рисунок 4.1.5 - Електрохімічний портативний газоаналізатор SO<sub>2</sub> в повітрі робочої зони (МГЛ-19.3А)

Малогабаритний електрохімічний газоаналізатор діоксиду сірки МГЛ-19.3А побудований на цифровій елементній базі. Має вбудований акумулятор. Комплектується зарядним пристроєм.

Діапазон вимірюваних концентрацій SO<sub>2</sub>: 0-100 мг/м<sup>3</sup>

- мала вага і габарити приладу дозволять Вам постійно тримати його при собі;
- прилад зручно розташовується у Вашій руці, за рахунок ергономічного дизайну;
- Ви можете використовувати прилад без підзарядки, протягом 3х тижнів;
- поріг спрацьовування сигналізації може бути змінений на Ваше замовлення;
- якість приладу підтверджено перемогою в конкурсі «100 кращих товарів Росії». Габаритные размеры: 120×60×48 мм

Вага: 0.3 кг. [10]

Таблиця 4.1.5  
Технічні характеристики

Діапазон вимірюємих SO <sub>2</sub>	0-10мг/м <sup>3</sup> 10-100мг/м <sup>3</sup>
Номінальна ціна одиниці найменшого розряду індикатора	1мг/м <sup>3</sup>
Границя допустимої основної похибки	
Абсолютна	25%
Відносна	25%
Час встановлення значень	Не більше 3 хв
Ресурс роботи датчика	Не менш 2 років
Джерело живлення	3.6 В
Габаритні розміри	120*60*48мм
Вага	0.2 кг
<b>Умови експлуатації</b>	
Температура	+5..+ 40° С
Тиск	630 – 800 мм.рт.ст
Вологість	До 95%

#### 4.1.6 Багатофункціональний вимірювальний пристрій LM-8010



Рисунок 4.1.6 – LM-8010

Анемометр (ШМ, CFM), Вимірник вологості, Світлометр, Тип К-термометр

Виробник – компанія Lutron, країна-виробник – Європа.

ISO-9001, CE, IEC1010

5 в 1 професійний вимірювальний прилад: анемометр, повітряний потік, гігрометр, термометр та лічильник світла. Крихітна форма кістки з легким і маленьким дизайном корпусу придатна для обробки однією рукою.

Дизайн браслета забезпечує додатковий захист інструменту, особливо для користувальницького використання в одному руці

Нсзькочастотна шаркопідшипник змонтована конструкція коліс забезпечує високу точність при високій і низькій швидкості руху повітря.

Ексклюзивний фотодіод та кольорова корекція світлочутливого датчика, спектр відповідає С.І.Е. фотоприймач

Високоточний тонкоплівковий емнісний датчик вологості з швидкою реакцією на зміну вологості.

Стандартний тип вхідного термопары К (NiCr-NiAl), підходить для всіх видів зонда типу К.

Вбудована мікропроцесорна схема забезпечує чудову продуктивність та точність.

Короткий і компактний розміщення кнопок, легка експлуатація

Запам'ятайте максимальне та мінімальне значення з нагадуванням.

°C /°F можна вибрати, натиснувши кнопку на передній панелі.

Люкс / Ноги-свічки можна вибрати, натиснувши кнопку на передній панелі.

Вимірювальні одиниці вимірювання швидкості повітря можна вибрати, натиснувши кнопку на передній панелі для п'яти видів агрегатів.

Вимірювання повітряного потоку (CFM . CMM ) може встановити бажаний розмір області.

Мультиканальний дисплей для відносної вологості та температури вимірювані величини або швидкість вимірювання повітря та вимірювання температури в той же час .

Дизайн нульової кнопки робить калібрування лічильника світла.

Утримуйте функцію, щоб зафіксувати поточне значення читання. [9]

#### 4.1.7 Термогігрометр testo 623



Рисунок 4.1.7 – testo 623

Виробник – компанія Testo, країна-виробник – Німеччина.

Термогігрометри testo 623 застосовуються для безперервного

моніторингу відносної вологості і температури повітря з записом даних в пам'ять. З пам'яті приладу, у вигляді гістограм, можна вивести дані на минулі 3 місяці або 12 тижнів.

Головна перевага приладу - це висока точність проведення вимірювань і висока стабільність показів.

В приладі застосовується розроблений testокварцовий сенсор вологості, який протягом 7-10 років забезпечує точні вимірювання і не потребує калібрування.

Важливою особливістю вимірювача температури та вологості є малий цикл вимірювань - покази на дисплеї приладу автоматично оновлюються кожні 20 секунд.

Крім відносної вологості термогігрометр testo 623 може відобразити температуру точки роси або психрометричну температуру (температуру вологого термометра).

testo 623 застосовуються для постійних вимірювань і реєстрації відносної вологості і температури: на складах, в лабораторіях, офісах, виробничих приміщеннях та ін. [11]

## 4.2 Порівняння існуючих технічних рішень

Порівняльна характеристика відомих аналогів представлена в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Порівняльна характеристика відомих аналогів

Пристрої, що порівнюються	Багатофункціональний вимірвальний пристрій LM-8010	FLUKE CO-220	Термогігрометр testo 623	Газоаналізатор SO2 МГЛ-19.3А	Benetech GM8804
Параметр, за яким порівнюють	1	2	3	4	5
Наявність вимірюваної величини					
SO2	-	-	-	+	-
CO	-	+	-	-	-
температура	+	-	+	-	-
вологість	+	-	+	-	-
Концентрація формальдегіду	-	-	-	-	+
Діапазон вимірювання					
SO2	-	-	-	0-	-
CO	-	0 ..1000	-	100мг/м <sup>3</sup>	-
температура	-100	ppm	-	-	-
вологість	...+1300°С	-	-10..+60	-	-
Концентрація формальдегіду	10...95 %-	-	0..100%	-	0-1
	-	-	-	-	мг/м <sup>3</sup>

Продовження таблиці 4.1

	1	2	3	4	5
Границя допустимої абсолютної похибки	-	-	-	0-	-
SO <sub>2</sub>	-	-	±0,4 °С	100мг/м <sup>3</sup>	-
CO	-	±5%	±2 %при +25 °С	-	-
температура	50 ppm	-	(10 ... 90 %)	-	-
вологість	-	-	±3 % в інш.	-	-
Концентрація мех. Домішок	-	-	Діап.	-	±5%
Інтерфейс	-	-	-	-	-
Живлення	4 шт. АА	4 шт. АА	4 шт. АА	Акамулятор	3шт. ААА
Вартість	8100 грн.	12 572 грн	5 116 грн	4 332грн	4500грн
Виробництво	Lutron, Європа	Эверетт, США	Testo, Німеччина	Russia	Benetech Китай

З порівняльної характеристики можна зробити висновок, що вище зазначені відомі аналоги не відповідають вимогам поставленим у технічному завданні, так як є відмінності за критерієм функціональності, точності, вартості та діапазоном вимірювання необхідних величин. Також важливим є те, що прилади випускаються за межами нашої країни, і це є підставою для розробки українського зразка ІВС.

### 4.3 Огляд методів вимірювання

#### Класифікація та аналіз методів визначення концентрації газів у повітрі

Існує багато різноманітних методів визначення газоподібних речовин у повітрі. На рис. 4.3.1 наведена класифікація існуючих методів газового аналізу.

Слід зазначити, що механічні методи, незважаючи на універсальність, вибірковість і простоту, неприйнятні через низьку чутливість, невисоку точність і значну тривалість аналізу. Область застосування магнітних методів обмежується аналізом газів, які володіють парамагнітними властивостями ( $O_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ). До того ж вони вирізняються невисокою точністю і малою чутливістю. Теплові методи характерні безперервністю аналізу, необмеженістю діапазону вимірювань.



Рис 4.3.1 - класифікація існуючих методів газового аналізу

Разом з тим ці методи володіють і значними недоліками, які затрудняють їх застосування у автоматичних системах контролю: велика інерційність, нелінійність градууювальної характеристики, електрична

залежність коефіцієнта теплопровідності від оточуючих умов (коливання атмосферного тиску, швидкості газообміну, температури газового середовища, струму джерела живлення, вібрації та ін.). Дані методи також не забезпечують необхідної вибірковості і можуть бути використані лише при різкій відмінності теплопровідності визначуваного компонента від теплопровідності інших складників суміші. Отже, вищенаведені методи недоцільно використовувати у газовому аналізі при визначенні малих концентрацій.

Нижче подано короткі описи методів, які найбільш часто застосовуються на практиці. Варто відзначити, що при аналізі методів в першу чергу увага зверталась на їх поріг чутливості, точність, а також на можливість визначати концентрацію як органічних, так і неорганічних речовин (особливо тих, які утворюються в результаті спалювання природного газу у побутових умовах).

#### *Сорбційний метод*

Сутність сорбційного методу газового аналізу зводиться до вибіркового поглинання того чи іншого компонента рідким, а іноді і твердим реагентом. В основу методу покладені хімічні реакції, при яких з даної газоподібної речовини і даної абсорбуючої речовини утворюється нова речовина, що практично не існує в газовій фазі. Складові частини газової суміші послідовно поглинаються різними поглиначами; кількість їх визначається по різниці об'ємів до і після абсорбції.

Цим методом визначають вміст наступних компонентів: двоокису вуглецю разом із сірководнем, двоокисом сірки й іншими кислими газами; ненасичені вуглеводні, а також вуглеводні гомологічного ряду бензолу; кисню; оксиду вуглецю; водню; насичених вуглеводнів; азоту разом з аргоном та іншими одноатомними газами. Кожний з цих газів може бути з достатньою точністю визначений при вмісті в досліджуваній газовій суміші не менше 0,05–0,1 об'ємних %, що складає близько 0,5 г/м<sup>3</sup>.

Зазначена вище чутливість методу не дозволяє віднести його до

високочутливих і використовувати для розв'язання поставленої задачі. Недоліком є також те, що для кожного компоненту складної газової системи застосовується особливий реагент, який специфічно діє на даний газ і який практично не діє на інші складові частини газової суміші. При досить складній суміші газів, які утворюються при горінні природного газу, підбір таких реагентів є дуже складною задачею.

#### *Полум'яно-іонізаційний метод*

Вимірювання іонізації полум'я можна використовувати для виявлення органічних речовин. Цей метод дозволяє вимірювати концентрації від 10-4 мг/м<sup>3</sup> до декількох об'ємних процентів. При контролі чистоти повітря вимірюють поглинання випромінювання полум'ям, в той час як при вимірюванні високих концентрацій – інтенсивність випромінювання полум'я.

Полум'яно-іонізаційний метод заснований на вимірюванні іонного струму полум'я при згоранні в ньому вуглеводнів в електричному полі. Полум'я чистого водню має низьку електропровідність. Введення в полум'я газу, який містить вуглеводи, сильно її збільшує. Потік іонів при цьому змінюється приблизно пропорційно кількості атомів вуглецю в молекулах, які потрапляють у полум'я за одиницю часу. Важливими проблемами при створенні портативних приладів є складність газової схеми та забезпечення приладів високоефективним джерелом водню.[\[15\]](#)

Як видно, прилади на основі полум'яно-іонізаційного методу не можуть визначати концентрацію неорганічних речовин, в тому числі CO та CO<sub>2</sub>. Також суттєвим недоліком є дуже низька вибірковість до окремих органічних компонентів газової суміші, що дуже ускладнює аналіз наявності у повітрі різних органічних речовин.

#### *Термохімічний метод.*

Термохімічний метод, який заснований на властивості горючих газів і парів виділяти теплову енергію при окисленні, знайшов досить широке розповсюдження.

Ця теплова енергія є мірою концентрації визначуваних газів. Термохімічні газоаналізатори градууються по метану і мають діапазон вимірювання 0–1,2 СН<sub>4</sub>.

Низька чутливість і необхідність нагрівання до високих температур для окислення газів, що підвищує небезпеку використання приладів, ускладнюють застосування описаного методу в газовому аналізі. Існує також проблема постійного контролю за стабільністю метану як еталонного зразка, оскільки він може окислюватись.

#### *Хроматографічний метод.*

Використовується як правило хроматографія для аналізу складних сумішей. Для визначення концентрації газів застосовується газова хроматографія. Вона заснована на різному розподілі компонентів між двома фазами – нерухомою і рухомою, причому як рухлива фаза використовується газ. При цьому аналізоване повітря змішується із газом-носієм. На процес розділення в газовій хроматографії крім температури впливають хімічна природа аналізу та природа нерухомої фази. Тому важливим є правильний підбір сорбенту (газоадсорбційна хроматографія) чи рідини (газорідинна хроматографія). Незважаючи на високі чутливість і точність методу, він має певні обмеження. Наприклад, аналізовані гази повинні задовольняти багатьом вимогам, серед яких головними є термостабільність та інертність. В основному цим вимогам відповідають органічні речовини, в той час як визначення концентрації неорганічних газів не завжди можливе.

Ще одним недоліком методу газової хроматографії є складність конструкції. Так, колонки хроматографа мають довжину більше 1 м і, до того ж, джерелом газу-носія переважно є балон, що також ускладнює прилад.

Крім того, сам по собі метод хроматографії орієнтований насамперед на розділення багатокомпонентних сумішей, а для кількісного аналізу використовуються детектори, дія яких базується на інших методах газового аналізу.

### *Електрохімічні методи.*

До найпоширеніших електрохімічних методів належать кулонометрія, потенціометрія, вольтамперометрія, кондуктометрія. Як приклад розглянемо кулонометричний метод аналізу газів. Він заснований на вимірюванні струму електродної реакції, в яку вступає вимірювальний компонент, який є деполяризатором і безперервно подається в електролітичну комірку з потоком аналізованої газової суміші. В залежності від характеру реакції кулонометричний метод може використовуватися для визначення відновників або окисників. Позитивною якістю цього методу є принципова можливість протікання електродної реакції із 100 %-им виходом за струмом. Це дозволяє визначати величину концентрації за законом Фарадея. Участь у реакції всього аналізованого компонента забезпечує високу чутливість, що робить метод особливо придатним для визначення малих концентрацій шкідливих домішок у повітрі. Особливо важливим є відсутність залежності вихідного сигналу від температури [9]. Для газового аналізу застосовуються електроди, частково занурені в розчин електроліту. Завдяки дії капілярних сил розчин електроліту утворює на електроді меніск і тонку плівку розчину електроліту над меніском. Завдяки їй потік електроактивного газу до поверхні електроду різко збільшується, зумовлюючи зростання струму.

Поріг чутливості усіх електрохімічних методів досить низький і складає до 10<sup>-6</sup> об'ємних %, що відповідає концентрації близько 1 мкг/м<sup>3</sup>. Слід зазначити, що електрохімічні сенсори, не володіють 100 %-ою селективністю по відношенню до основного вимірюваного компонента. Особливо це стосується кондуктометрії. Дослідження показали взаємний вплив на сенсори таких газів, як NO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, при визначенні концентрації одного з них. Це змушує використовувати спеціальні фільтри. Чутливість кожного сенсора залежить від значення потенціалу на робочому електроді сенсора по відношенню до електроду порівняння. Інший електрохімічний метод – іонометрія – характеризується ще одним

недоліком – необхідністю пропускання досліджуваного газу через воду для розчинення. Як відомо, для газоаналізаторів, побудованих на сенсорах з неповною селективністю, відмічається значне зниження точності визначення малих концентрацій окремих компонентів в присутності більших концентрацій „заважаючих» компонентів. При цьому із аналізу даних випливає, що використання селективних фільтрів не приводить до більшої точності вимірювань. У зазначається про складність аналізу органічних газоподібних речовин, пов’язану із специфікою електрохімічних перетворень органічних сполук. Також недоліком усіх електрохімічних методів аналізу є необхідність застосування окремого сенсора на кожний вимірюваний компонент, що збільшує і загальну вартість аналізу, і зменшує його експресність. До того ж строк дії сенсорів складає лише 2–3 роки.

#### *Мас-спектрометричний метод.*

Суть методу полягає в тому, що іонізовані атоми та молекули речовини розділяються за величиною відношення маси до заряду іона і визначаються окремо.

Кількісний мас-спектрометричний аналіз заснований на пропорційній залежності інтенсивності всіх ліній мас-спектру кожного компоненту вимірюваного середовища від парціального тиску в області іонізації.

Для іонізації аналізованої проби використовують наступні способи: електронний удар, фотоіонізацію, хімічну іонізацію, іонізацію в полум’ї, польову та поверхневу іонізацію. Іони, які утворилися в області іонізації, формуються оптичною системою джерела в іонний пучок або згусток. Одержані іонні пучки (згустки) направляються в електричне або магнітне поле, в якому вони розділяються в залежності від їх маси.

Найкращі прилади мас-спектрометричного газового аналізу дозволяють визначати домішки до основного газу в межах 1:10000000 (по масі) (0,1 мг/м<sup>3</sup>) з похибкою не більше 5 %. Для аналізу необхідна незначна кількість газу – 0,1 мл.

Однак, слід вказати, що разом із перевагами маспектрометричного газового аналізу, він має певні недоліки. Так, на- 14 приклад, при тривалості аналізу в півгодини на розшифровку маспектрограми потрібно близько 2 годин. Крім того, мас-спектрометр – складний і громіздкий прилад. Також слід зазначити, що процес іонізації, який застосовується при мас-спектрометричному аналізі, є досить складним.

### ***Оптичні методи.***

#### *Хемілюмінесцентний метод.*

Принцип хемілюмінесцентного методу заснований на фотометруванні світлового потоку, який випромінюється в результаті хімічної взаємодії вимірювального компонента газової суміші з хемілюмінесцентними реагентами. Цей метод має високу чутливість та відрізняється відносною простотою. Він використовується для аналізу мікродомішок озону O<sub>3</sub>, оксидів азоту NO і NO<sub>2</sub> та оксиду сірки SO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі.

Прилади на основі хемілюмінесцентного методу мають високу швидкодію (30–50 с) [13]. Межі виявлення аналізованих компонентів наступні: для SO<sub>2</sub> –  $8,5 \cdot 10^{-4}$  мг/м<sup>3</sup> ; для O<sub>3</sub> –  $3,1 \cdot 10^{-3}$  мг/м<sup>3</sup> ; для NO і NO<sub>2</sub> –  $1,4 \cdot 10^{-2}$  мг/м<sup>3</sup>.

Тобто цей метод є досить чутливим. Однак головним його недоліком є невисока селективність, оскільки спектри люмінесценції зазвичай являють собою широкі смуги і часто перекриваються. І лише деякі речовини володіють досить характерними спектрами люмінесценції.

#### *Фотометричний метод.*

Цей метод заснований на вимірюванні змін інтенсивності світлового потоку, який пройшов через розчин, за допомогою фотоелементу. Якщо між джерелом світла і фотоелементом помістити забарвлений чи мутний розчин, то частина світлової енергії поглинеться ним і фотоелемент дасть менший фотострум. Величина фотоструму, який виникає у фотоелементі, знаходиться в оберненій залежності від інтенсивності забарвлення чи

помутніння досліджуваного розчину. У порівнянні із електрохімічними методами, чутливість фотометрії значно нижча. Наприклад, мінімальна визначувана концентрації оксиду сірки SO<sub>2</sub> складає 0,03 мг/м<sup>3</sup>, оксиду азоту (II) NO – 0,065 мг/м<sup>3</sup>.

Використання даного методу вимагає наявності окремого реагенту на кожен із забрудників повітря і часу, необхідного на його приготування, що значно ускладнює процес вимірювання і збільшує його тривалість. Крім того, визначенню багатьох газів активно заважає присутність інших газоподібних речовин. Так, визначенню SO<sub>2</sub> заважає присутність NO<sub>2</sub>, визначенню формальдегіду – обидва вищевказаних газу, а визначенню бензолу – інші ароматичні вуглеводні.

#### *Метод абсорбційної спектроскопії.*

У даному методі використовуються три діапазони вимірювань – ультрафіолетовий (200–380 нм), видимий (380–760 нм) та інфрачервоний (ІЧ) (більше 760 нм). Цей метод ґрунтується на поглинанні частинками газу світлового випромінювання і реєстрації частки поглинутого випромінювання. При цьому кожен газ має свій унікальний спектр поглинання, і максимум цього поглинання приходить на різні довжини хвиль для різних газів. Отже, використовуючи випромінювання певної довжини хвилі, можна визначати з високою точністю концентрацію відповідного компонента.

В основі методу абсорбційної спектроскопії лежить явище вибіркового поглинання багатоатомними молекулами випромінювання при його проходженні через середовище. Вибіркове поглинання пояснюється тим, що воно відбувається на тих хвилях, частота яких є резонансною для відповідних молекул. Поглинання випромінювання відбувається за законом Бугера-Ламберта-Бера. [13]

#### *Ємнісний метод*

Ємнісні - вимірюють зміна ємності полімерного або металоксідного конденсатора (вимірюють тільки від 5% до 95%, старіють, зате від

температури майже не залежать);

Ємнісні гігрометри, в найпростішому випадку, являють собою конденсатори з повітрям в якості діелектрика в зазорі. Відомо, що у повітря діелектрична проникність безпосередньо пов'язана з вологістю, а зміни вологості діелектрика призводять і до змін у ємності повітряного конденсатора

Більш складний варіант ємнісного датчика вологості в повітряному зазорі містить діелектрик, з діелектричною проникністю, що може сильно змінюватися під впливом на нього вологості. Даний підхід робить якість датчика краще, ніж просто з повітрям між обкладками конденсатора.

## РОЗДІЛ 5

### ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИМОГ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ТА СТАНДАРТІВ

Для обробки результатів вимірювання необхідно обрати вимоги згідно одного зі стандартів. Та оберемо найбільш відповідний за критеріями відповідності поставленого завдання та чинності. Розглянемо наступні стандарти:

- ДСТУ ISO 8756:2008 Якість повітря. Оброблення даних за температурою, тиском та відносною вологістю (8756:2008, IDT)

#### 2.1.1 Загальні вимоги

Атмосферна температура, тиск та відносна вологість можуть змінюватися в процесі випробування, яке може тривати від кількох хвилин до кількох тижнів, залежно від місця виконання вимірювань, якості повітря (виробниче чи навколишнє середовище) та залежно від мети цих випробувань. Тиск та абсолютна вологість змінюються повільно, але температура та відносна вологість можуть змінюватися швидко. Наприклад, щоденна зміна тиску може становити приблизно 4 000 Па, яка протікає відносно плавно за швидкості 200 Па/год. Температурні зміни можуть становити 20 °C упродовж кількох годин, хоча в нагрітому приміщенні температура залишається відносно сталою. Але в деяких приміщеннях, на промислових заводах (поблизу доменних печей), температурні зміни можуть бути значними.

Зміна відносної вологості буде різнитися залежно від різних методів вимірювання показників якості повітря, ця зміна не впливає на об'єм проби повітря. Для такого явища, як відносна вологість, важливим є специфічний метод вимірювання показників якості повітря.

Рис. 5.1 ДСТУ ISO 8756:2008 Якість повітря. Оброблення даних за температурою, тиском та відносною вологістю (8756:2008, IDT)

- Рд 52.04.667-2005 - документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения.

Примесь	Значение $I_f$
Взвешенные вещества	1,08
SO <sub>2</sub>	0,12
NO <sub>2</sub>	1,69
NO	0,56
CO	0,94
Формальдегид	1,57
Бенз(а)пирен	3,50
Аммиак	1,03
ИЗ <sub>5</sub>	8,87

Рис. 5.2 Рд 52.04.667-2005 - документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения.

- РД 52.04.840-2015 применение результатов мониторинга качества атмосферного воздуха, полученных с помощью методов непрерывных измерений

## 1. Сернистый газ

	Защита здоровья людей	Защита растений
Верхний оценочный порог	60% от 24-х часового предельного значения (75 мг/м <sup>3</sup> , не должен быть превышен более трех раз в течение одного календарного года)	60% от зимнего критического уровня (12 мг/м <sup>3</sup> )
Нижний оценочный порог	40% от 24-х часового предельного значения (50 мг/м <sup>3</sup> , не должен быть превышен более трех раз в течение одного календарного года)	40% от зимнего критического уровня (8 мг/м <sup>3</sup> )

## 6. Оксид углерода

	Среднее значение за восемь часов
Верхний оценочный порог	70% от предельного значения (7 мг/м <sup>3</sup> )
Нижний оценочный порог	50% от предельного значения (5 мг/м <sup>3</sup> )

Рис. 5.3 РД 52.04.840-2015

- Директива 2008/50/ЕС Европейского Парламента та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи

Загрязняющее вещество	ПДК <sub>МР</sub> /ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Метрологические характеристики		
		Абсолютная погрешность в нулевой точке, мг/м <sup>3</sup>	Нижняя граница аттестованного диапазона, мг/м <sup>3</sup>	Верхняя граница аттестованного диапазона, мг/м <sup>3</sup>
Оксид азота	0,400/0,060	0,020	0,060	4,00
Диоксида азота	0,200/0,040	0,010	0,040	2,00
Диоксид серы	0,500/0,050	0,010	0,050	5,00
Оксид углерода	5,000/3,000	0,700	3,000	50,00
Озон	0,160/0,050	0,010	0,050	2,00
Сероводород	0,008/-	0,002	0,006	0,10
Аммиак	0,200/0,040	0,010	0,040	2,00
Формальдегид	0,035/0,003	0,001	0,003	0,40
Хлористый водород	0,200/-	0,050	0,150	2,00
Хлор	0,100/0,030	0,010	0,030	1,00
Фтористый водород	0,002/0,005	0,001	0,005	0,02
Фенол	0,010/0,003	0,001	0,003	0,10
Бензол	1,500/0,100	0,025	0,080	15,00
Толуол	0,600/-	0,150	0,500	6,00
Ксилолы	0,200/-	0,050	0,150	2,00

Рис. 5.4 Директива 2008/50/ЕС

• САНИТАРНІ НОРМИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ SN 245-71

Таблица 15 - ПДК вредных веществ

Вещество	Класс опасности	Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup>		
		В воздухе рабочей зоны	В атмосферном воздухе населенных мест	
			ПДК м.р.	ПДК с.с.
1	2	3	4	5
Оксид углерода	4	20	5,0	3,0
Предельные углеводороды (в пересчете на углерод)	4	300	-	-
Сажа (копоть)	4	4	0,15	0,05
Аммиак	4	20	0,2	0,2
Фенол	3	0,3	0,01	0,01
Пыль нетоксичная	3	10	0,5	0,15
Диоксид серы	3	10	0,5	0,06
Диоксид азота	2	5	0,085	0,085
Формальдегид	2	0,5	0,036	0,012

Рис. 5.5 санітарні норми проектування промислових підприємств sn 245-71

Таблиця 5.1

## Порівняльна таблиця вимог стандартів

№	Вимоги	Парам	Повітря	Чинність	Країна
1	ДСТУ ISO 8756:20 08	Температ ура , тиск, відносна вологість	Якість повітря. Характеристики і постанови щодо вимірвання якості повітря	Діє з 1.1.2011	Україна
2	Рд 52.04.6 67- 2005	Чадний газ, діоксид сірки, формальд егід	Документи про стан забруднення атмосфери в містах	Діє 1.2.2006	Росія
3	sn 245- 71	Санітарні норми проектув ання ...	Гранично допустима концентрація в атм. повітрі в населених пунктах	Діє 1.11.1971	Росія
4	РД 52.04.8 40- 2015	Якість повітря.	Застосування результатів моніторинга якості атмосферного повітря	Діє 1.10.2015	Росія
5	Директ ива - 2008/50 /ЄС Європ	Чадний газ, діоксид сірки, формальд егід	Якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи	Діє 21.05.200 8	ЄС

## **ВИСНОВОК**

В даному розділі були розглянуті вимоги до контролю стану атмосферного повітря і було проведено порівняльний аналіз стандартів (Таблиця 5.1).

Проаналізувавши стандарти можна зробити висновок, що контроль стану атмосферного повітря буде здійснюватись відповідно до вимог Директиви 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи.

## РОЗДІЛ 6

### РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

#### 6.1 Структурний розрахунок схеми

На підставі отриманого завдання та аналізу характеристик відомих аналогів розроблено структурну схему, яка представлена на рисунку 6.1.

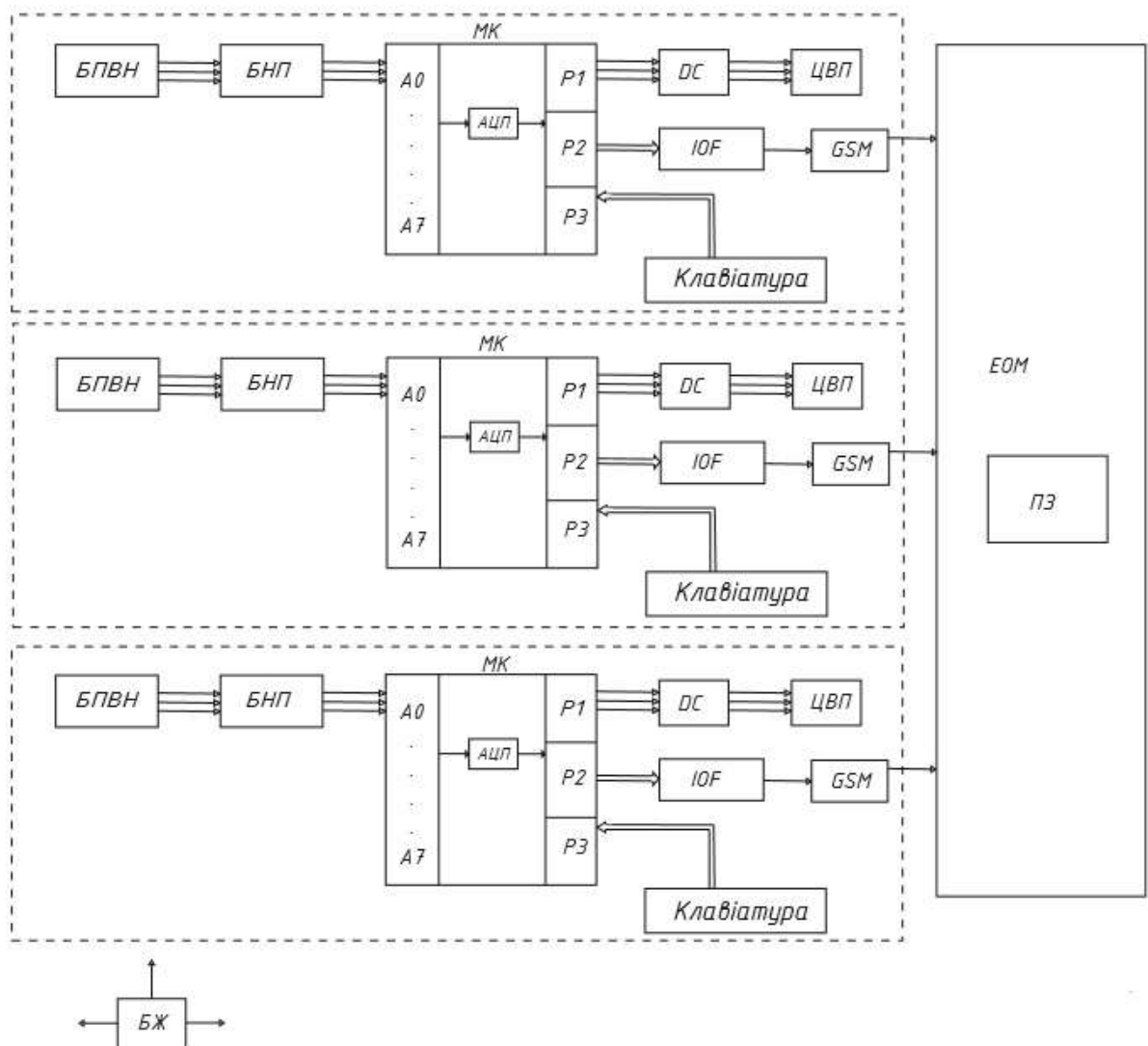


Рис. 6.1. Структурна схема ІВС

Де

БПВП – блок первинних вимірювальний перетворювачів

БНП – блок нормуючих пристроїв

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

МК - мікроконтролер

ДС - дешифратор

ЦВП- цифровий відліковий пристрій

ІОФ – інтерфейс

БЖ – блок живлення

GSM - міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку

ЕОМ –електронно-обчислювальна машина

ПЗ – програмне забезпечення

### 6.1.1 Опис складу схеми електричної структурної

БПВП – блок первинних вимірювальних перетворювачів представляють собою окремі датчики, кожен із яких вимірює відповідний параметр повітря – температуру, вологість, концентрацію чадного газу, концентрацію діоксиду сірки, концентрація формальдегіду.

Принцип роботи датчика температури ґрунтується на залежності опору від температури, вологості- ємнісній, концентрації чадного газу, концентрації діоксиду сірки, концентрації формальдегіду – оптичний.

БНП – блок нормуючих пристроїв предтавляє собою підсилювачі постійного струму і призначені для нормування вихідного сгналу БПВП. Блок нормує сигнал до рівня від 0 до 5 V, це обов'язкова умова для подальшої роботи пристроїв та обробки одержаного сигналу.

МК - Мікроконтролер представляє собою програмно-керований пристрій, призначений для обробки і виконання логічних операцій із цифровою інформацією, яку перетворює вбудований аналого-цифровий перетворювач. Також у складі мікроконтролера є в комутатор, який

почергового підключає вихідні сигнали первинних вимірювальних перетворювачів к вимірювального каналу інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи.

БЖ - Блок живлення застосовується для забезпечення живлення елементів схеми.

### 6.1.2 Робота ІВС по структурній схемі

1-й канал аналогового комутатора відкривається по команді «пуск».

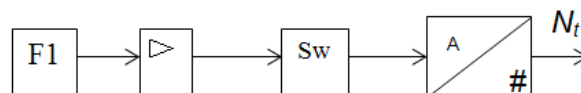
Блок первинних вимірювальних приладів перетворюють значення обраних параметрів в напругу. Далі відбувається нормування вихідного сигналу БПВП.

Нормований сигнал вимірюваної величини поступає на внутрішній АЦП мікроконтролера, де перетворюється у цифровий код, який запам'ятовується у вихідному регістрі МК. Далі відбувається передача інформації на пристрій виводу.

Вибір каналу і керування процесом вимірювання задаються користувачем через клавіатуру.

## 6.2 Попередній розрахунок похибок вимірювань

### 6.2.1 Канал вимірювання концентрації формальдегіду



ПВП представлено датчиком концентрації формальдегіду.

Функція перетворення датчика концентрації формальдегіду:[2]

$$U_T = K \cdot Q, \quad (6.2.1.1)$$

де  $U_Q$  – вихідна напруга датчика;

$K$  – коефіцієнт передачі датчика;

$Q$  – вимірювання концентрації формальдегіду.

Рівняння перетворення каналу концентрації формальдегіду:

$$N_Q = U_Q \cdot K_\delta \cdot K_{НП} \cdot K_{АЦП}, \quad (6.2.1.2)$$

де  $K_\delta$  - коефіцієнт перетворення датчика;

$K_{НП}$  - коефіцієнт підсилення нормуючого перетворювача;

$K_{АЦП}$  - коефіцієнт передачі аналог-цифрового перетворювача.

### 6.2.2. Розрахунок коефіцієнтів перетворення

Коефіцієнт перетворення датчика концентрацій формальдегіду.

Значення вхідного сигналу датчика концентрації формальдегіду дорівнює 30 мг/м<sup>3</sup>. Значення вихідного сигналу датчика 5V.

Отже, значення коефіцієнта перетворення датчика:

$$K_D = \frac{X_{\text{вих}}}{X_{\text{вх}}} = \frac{\pm 5V}{30 \text{ mg/m}^3} = \frac{1.7V}{\text{mg/m}^3}$$

Вхідний сигнал нормуючого підсилювача дорівнює 5V. Значення вихідного сигналу нормуючого підсилювача повинно дорівнювати номінальній напрузі АЦП 5,5 V. Отже, коефіцієнт підсилення нормуючого підсилювача:

$$K_{НП} = \frac{X_{\text{вих.}}}{X_{\text{вх.}}} = \frac{5,5V}{\pm 5V} = 1,1$$

6.2.3. Рівняння похибок вимірювання каналу концентрації формальдегіду

Рівняння перетворень із урахуванням похибок, що додаються блоками:

$$N_Q = U_Q \cdot K_\delta (1 + \gamma_Q) K_{НП} (1 + \gamma_{НП}) \cdot K_{АЦП} (1 + \gamma_{АЦП}) \quad (6.2.1.3)$$

Отже рівняння похибки виглядає так:

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_Q + \gamma_{НП} + \gamma_{АЦП}, \quad (6.2.1.4)$$

де  $\gamma_{\Sigma}$  - допустима сумарна зведена похибка каналу;

$\gamma_Q$  - зведена похибка датчика;

$\gamma_{АЦП}$  - зведена похибка АЦП

$\gamma_{НП}$  - зведена похибка нормуючого перетворювача;

.

#### 6.2.4 Розподілення похибок по блоках

Похибка вимірювань концентрації формальдегіду складе суму похибок із складових частин вимірювача концентрації формальдегіду, що беруть участь у вимірі:

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_D + \gamma_{НП} + \gamma_{АЦП},$$

$\gamma_D$  - зведена похибка датчика;

$\gamma_{НП}$  - зведена похибка нормуючого пристрою;

$\gamma_{АЦП}$  - зведена похибка АЦП.

Відповідно до того, що зведена похибка вимірювання приладу не повинна перевищувати :

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_{\max}} \cdot 100\% = \frac{0.875}{25} \cdot 100\% = 3,5\% \quad (6.2.1.5)$$

Допускаємо, що АЦП вносить похибку  $\gamma_{АЦП} = \gamma_{кв} + \gamma_{нел} = 0,2$  .

Розраховуємо розрядність АЦП із урахуванням випадка якщо значення вхідного сигналу максимальне:

$$N = \frac{100\%}{\gamma_{кв}, \%} = \frac{100\%}{0.1\%} = 1000,$$

$$\text{отже } n = \log_2 N = \log_2 1000 = 10.$$

$N = 2^n = 2^{10} = 1024$ , отже похибка квантування АЦП буде становити:

$$\gamma_{кв} = \frac{1}{N_x} \times 100\% = \frac{1}{1024} \times 100\% = 0,098\% = 0,1\%.$$

врахуємо те, що в системі буде використовуватись один АЦП розрядність якого  $n = 10$ , похибка датчика  $\gamma_Q = 2\%$  припускаємо, що похибка нормуючого перетворювача не повинна перевищувати

$$\gamma_{НП} = 3,5 - 2 - 0,2 = 1,3\%$$

Розподіляємо основну похибку.

$$\gamma_D = 2\% ;$$

$$\gamma_{НП} = 1,3\% ;$$

$$\gamma_{АЦП} = \gamma_{кв} + \gamma_{НЕП} = 0,1\% + 0,1\% = 0,2\% ,$$

$$(\gamma_{кв} \approx \gamma_{НЕП})$$

Тоді за попередніми розрахунками АЦП маємо:

розрядність АЦП :

$$n \geq \log_2 \frac{1}{\gamma_{кв}} = \log_2 \frac{1}{0,1\%} = 10;$$

число ступенів квантування АЦП:

$$N = 2^n = 2^{10} = 1024;$$

Сумарна похибка вимірювання каналу буде становити:

$$\gamma_{\Sigma} = 2 + 1,38 + 0,12 = 3,5\% .$$

## ВИСНОВОК

З розробленої структурної схеми ІВС бачимо, що завдяки міжнародному стандарту для мобільного зв'язку (GSM), до ПЗ може під'єднатися більше ніж одна ІВС.

На прикладі каналу концентрації формальдегіду був проведений попередній розрахунок похибок, який показав що сумарна похибка вимірювання каналу концентрації формальдегіду дорівнює 3,5%, а розрядність АЦП – 10.

Структурна ІВС дає можливість:

1. Реалізації необхідних алгоритмів вимірювального процесу для оцінки стану атмосферного повітря;
2. Адаптації характеристик ІВС до вимог нормативних документів
3. Розширення кількості параметрів стану атмосферного повітря.

## РОЗДІЛ 7

### РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ, АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ, ЧАСОВИХ ДІАГРАМ РОБОТИ ІВС

Для того щоб більш детально проаналізувати складові похибок вимірювальних каналів, уточнити алгоритми функціонування та зформуванати вимоги до вибору елементної бази всіх функціональних блоків системи, необхідно розробити схему функціональну.

Основою для розробки схеми електричної функціональної є схема структурна та алгоритми функціонування.

Функціональну схему представлено на рисунку:

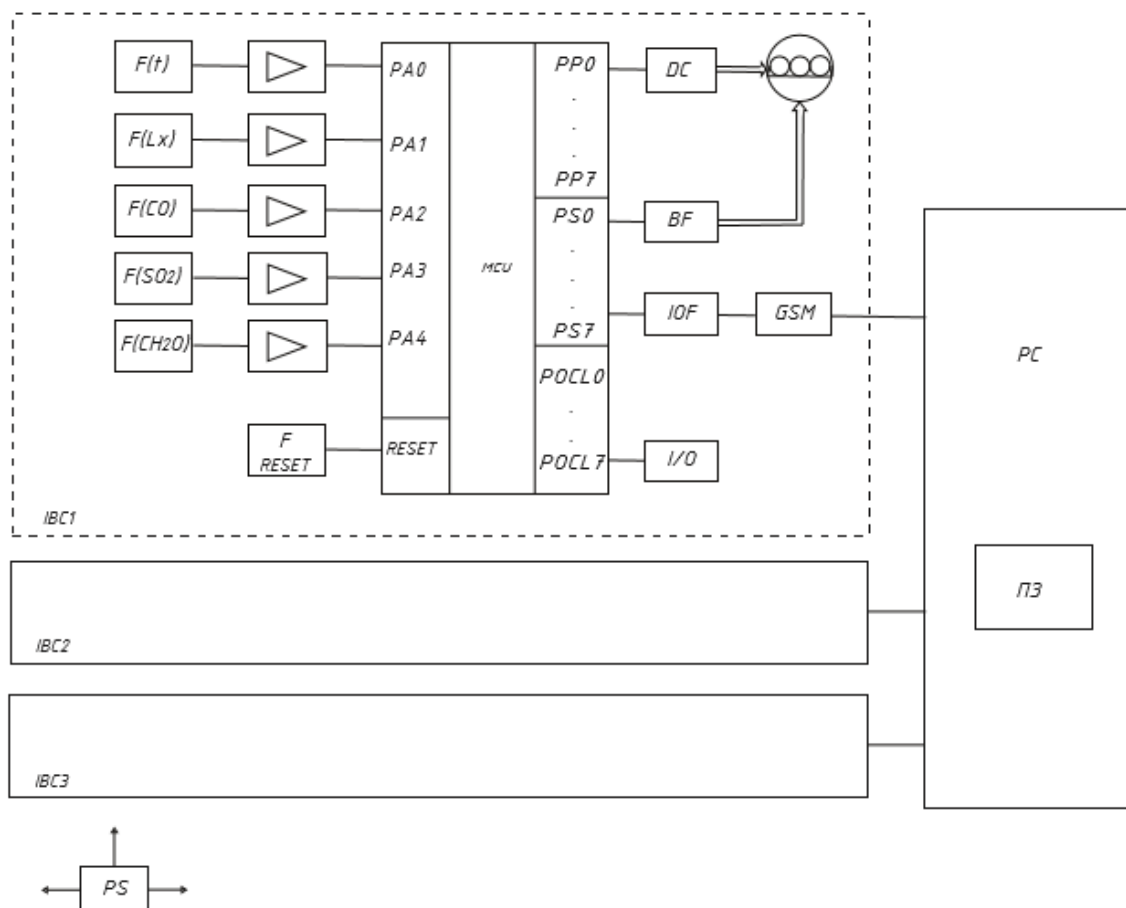


Рис. 7.1. Функціональна схема ІВС

## 7.1 Опис роботи ІВС по функціональній схемі

Обрана фізична величина вимірюється відповідними засобами вимірювання та перетворюється в сигнал, який придатний для квантування (в напругу постійного струму). За допомогою підсилювачів напруги нормуємо значення отриманої напруги до прийняттого для мікроконтролера рівня –  $0...5\text{ V}$ .

З виходу підсилювача на мікроконтролер надходить ( $0...5\text{ V}$ ). При розробці схеми електричної структурної було проведено попередній розрахунок розрядності АЦП, з якого отримали мінімальне значення розрядів - 10.

Нормований сигнал приймається мікроконтролером.

У своєму складі мікроконтролер має вбудований аналого-цифровий перетворювач і мультиплексор.[7] Через аналоговий вхід мультиплексора РАО відбувається підключення до мікроконтролера. Сигнал передається на аналого-цифровий перетворювач, де він перетворюється в код і відповідне значення вимірюваної величини згідно з попередньо розрахованими пропорційними табличними еквівалентами, записаними в постійну пам'ять мікроконтролера.[4]

На ЦВП з дешифратора поступає конвертоване значення, результат вимірювання відображається на екрані. Через інтерфейс наа GSM (міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку) поступають дані з мікроконтролера, де за допомогою мобільного зв'язку передаються на РС (сервер) з необхідним програмним забезпеченням та базою необхідних галузевих знань. Там відбувається подальша обробка результатів вимірювання та прийняття рішення стосовно стану параметрів атмосферного повітря.

Живлення схеми забезпечується блоком живлення – Power supply.

Використання мікроконтролера у вимірювальній техніці має переваги перед аналоговими методами вимірювання і обробки даних:

- зменшення маси і габаритів пристроїв;
- можливість реалізації складних алгоритмів;
- зменшення енергоспоживання і як наслідок триваліша робота без заряджання батарей;
- модульна структура вимірювальних пристроїв;
- можливість створення вимірювальних систем з використанням стандартних інтерфейсів;
- можливість зміни алгоритму обробки без зміни апаратної частини, тільки програмними методами;
- програмна корекція похибок.

Вибір мікроконтролера ґрунтується на задоволенні вимогам завдання.

Оскільки на вхід АЦП подається повільно змінний аналоговий сигнал, то для реалізації операції вимірювання цілком досить невеликого об'єму пам'яті ОЗУ.[3]

Даним вимогам відповідає мікроконтролер серії MC68HC12B32 фірми Motorola. Вибір даного типу мікроконтролера обумовлений наступними причинами:

- програмований ПЗП об'ємом до 32 kbyte;
- ПЗП з можливістю стирання об'ємом до 4 kbyte;
- ОЗУ об'ємом до 8 kbyte;
- флеш-пам'ять об'ємом до 128 kbyte;
- вбудований 16-бітовий таймер з трьома функціями вимірювання тимчасових параметрів зовнішнього сигналу і п'ятьма лініями генерації імпульсних сигналів з програмованими тимчасовими параметрами;
- 8-бітовий лічильник зовнішніх імпульсів;

- пристрої стеження за наявністю тактової частоти і правильністю роботи програми;
- режими зниженого споживання енергії;
- два типи послідовних інтерфейсів (синхронний і асинхронний);
- система обробки переривань від зовнішнього пристрою, таймера і послідовних інтерфейсів;
- восьмиканальний 8- та 10-розрядний АЦП;
- лінії вводу/виводу загального призначення;
- вбудований генератор тактової частоти;
- ефективний розширений набір команд і методів адресації.

## 7.2 Розробка алгоритму роботи схеми та часової діаграми

Розроблено алгоритм функціонування системи, який представлено на рисунку 7.3 та часову діаграму роботи окремого каналу системи - рисунок 7.2.

Алгоритм та діаграма включають роботу програмного забезпечення (ПЗ), опис наведено в 10-му розділі .

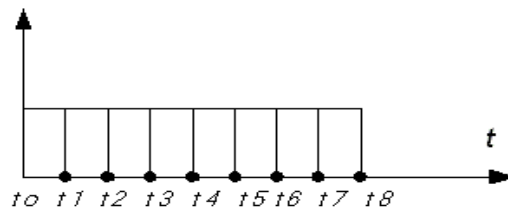


Рисунок 7.2 – Часова діаграма роботи окремого каналу системи

Де  $t_0$  – початок вимірювання;

$t_1$  – увімкнення живлення;

$t_2$  – ініціалізація системи;

$t_3$  – вибір користувачем каналу вимірювання та безпосереднє вимірювання;

$t_4$  - перетворення аналогового сигналу в код;

$t_5$  – запам'ятовування інформації мікроконтролером;

$t_6$  – передача інформації до ПЗ;

$t_7$  – отримання результатів;

$t_7$  – завершення вимірювання.

Таким чином, проміжний час вимірювання на кожному етапі без урахування часу, витраченого користувачем на вибір каналу вимірювання, становитиме:

$$t_0 - t_1 = 3 \mu\text{s};$$

$$t_1 - t_2 = 3 \mu\text{s};$$

$$t_2 - t_4 = 3 - 5 \text{ ms};$$

$$t_4 - t_5 = 1 \mu\text{s};$$

$$t_5 - t_6 = 5 \text{ ms};$$

$$t_6 - t_7 = 30 \text{ s};$$

$$t_6 - t_7 = 3 \mu\text{s};$$

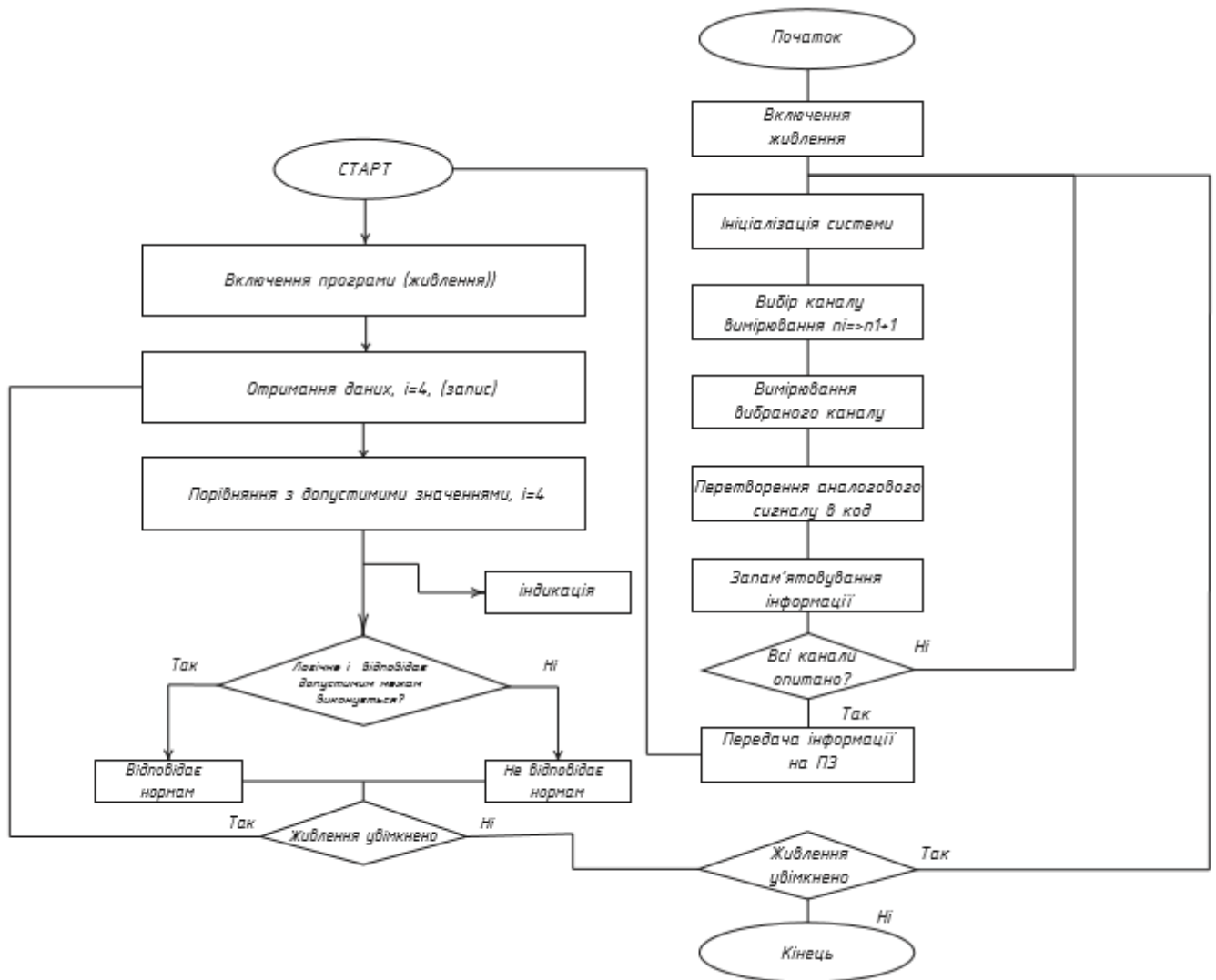


Рисунок 7.3 – Алгоритм роботи ІВС

Сумарний час вимірювання:  $t_{\Sigma} \approx 30 \text{ s}$  (без урахування часу встановлення необхідних параметрів користувачем).

## ВИСНОВОК

Схема електрична функціональна розроблена на основі схеми електричної структурної.

Алгоритм роботи ІВС (рис. 7.3) показує процедуру вимірювання і подальшу обробку в програмі. Сумарний час вимірювання  $t_{\Sigma} \approx 30$  s .

Розроблена схема електрична функціональна дозволила уточнити можливі алгоритми функціонування ІВС та вибрати оптимальні. Більш повно проаналізувати інструментальні похибки ІВС, і сформулювати вимоги до елементної бази реалізації кожного елементного блоку системи.

## РОЗДІЛ 8

### РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ПОХИБОК

Для аналізу похибок необхідно проаналізувати адитивні та мультиплікативні складові похибок кожного елемента з схеми.

Так як коефіцієнти підсилення операційних підсилювачів досить малі, мультиплікативна похибка буде не суттєвою. Отже, розраховуємо похибки дрейфу напруги та струму операційних підсилювачів та інші адитивні складові сумарної похибки.

Похибка датчика концентрації формальдегіду за технічними характеристиками складе  $d_0 = 2\%$ , ця похибка являється випадковою мультиплікативною і має нормальний закон розподілу. Тому, СКО данної похибки при довірчій ймовірності  $P=0,995$  складе:

$$s^2_{m0} = \frac{d_0}{3}; \quad s^2_{m0} = \frac{0,2}{3} = 0,06667\%;$$

Аналіз адитивної складової похибки

Характеристики операційного підсилювача:

$$U_{op} = 1.6 \mu V/^{\circ}C; \quad I_{op} = 4 \text{ nA} / ^{\circ}C.$$

Похибка через дрейф напруги буде дорівнювати:

$$\gamma_{U_{дрQ}} = \pm \frac{\Delta U_{др}}{U_{вих}} \cdot 100\% \cdot \Delta t = \frac{1,6 \cdot 10^{-6}}{5} \cdot 100 \cdot 15 = 4,8 \cdot 10^{-4}\%$$

(8.1)

Похибка через дрейф струму буде дорівнювати:

$$\gamma_{I_{дрQ}} = \pm \frac{\Delta I_{др} \cdot R_{BX}}{U_{вих}} \cdot 100\% \cdot \Delta t = \frac{4 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^3}{5} \cdot 100 \cdot 15 = 2,4 \cdot 10^{-3}\% ; \quad (8.2)$$

Так як похибки мають нормальний закон, СКВ даних похибок при довірчій імовірності  $P=0,995$  становить :

$$\sigma [\gamma_{U_{др\varrho}}] = \frac{\gamma_{U_{др\varrho}}}{3} = \frac{0,000032 \cdot 15}{3} = 15,9 \cdot 10^{-5} \% ;$$

(8.3)

$$\sigma [\gamma_{I_{др\varrho}}] = \frac{\gamma_{I_{др\varrho}}}{3} = \frac{0,00016 \cdot 15}{3} = 7,93 \cdot 10^{-4} \% ;$$

(8.4)

АЦП вноситиме похибку квантування :

$$\gamma_{кв} = \frac{1}{2^n} \cdot 100\% = \frac{1}{1024} \cdot 100\% = 0,1\% ,$$

(8.5)

де  $n$  – розрядність АЦП.

СКВ похибки квантування становитиме :

$$\sigma_{кв} = \frac{\gamma_{кв}}{2\sqrt{3}} = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} = 0,029\%$$

(8.6)

$$\sigma_{\gamma_{нел}} = \frac{\gamma_{нел}}{3} = \frac{0,1\%}{3} = 0,033\% ;$$

Мультиплікативна похибка складається з похибки, обумовленої неточністю виготовлення резисторів  $R_1$ ,  $R_2$  операційного підсилювача, підключеного у зворотному зв'язку.

У резисторах типу С5-42В відхилення опору відповідає нормальному закону розподілу. Якщо допуск на опір дорівнює граничному значенню відхилення значення опору від номінального значення, при довірчій імовірності  $P=0,995\%$  та при  $\varepsilon R = \pm 1\%$  СКВ даної похибки є:

$$\sigma [\varepsilon R] = \frac{\varepsilon R \cdot 15}{3} = 16,67 \cdot 10^{-4} \cdot 15 \approx 2,5 \cdot 10^{-2}\%$$

(8.7)

Похибка, обумовлена температурними змінами опорів резисторів визначається температурними опорами резисторів обраної групи:

$$\alpha R = TKO = \pm 50 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^{\circ}\text{C}.$$

Тоді СКВ даної похибки становить:

$$\sigma [\alpha R] = \frac{\alpha R}{3} = 16,67 \cdot 10^{-4} \% . \quad (8.8)$$

Сумарне СКВ адитивної похибки дорівнюватиме:

$$\begin{aligned} \sigma_{\Sigma \varrho} &= \sqrt{\sigma_{U_{ДР\varrho}}^2 + \sigma_{I_{ДР\varrho}}^2 + \sigma_{KB}^2} = \\ &= \sqrt{(15,9 \cdot 10^{-5})^2 + (79,3 \cdot 10^{-5})^2 + (288,67 \cdot 10^{-4})^2} = \\ &= \sqrt{(252,81 \cdot 10^{-10}) + (6288,49 \cdot 10^{-10}) + (8333036 \cdot 10^{-10})} = \\ &= \sqrt{8339577,3 \cdot 10^{-10}} = 2887,83 \cdot 10^{-5} = 0,00028 \approx 0,028\% \end{aligned} \quad (8.9)$$

Тоді сумарна адитивна похибка становитиме:

$$\gamma_{\Sigma \varrho} = 3 \cdot \sigma_{\Sigma \varrho} = 3 \cdot 0,028 = 0,086\% ; \quad (8.10)$$

Сумарне СКВ мультиплікативної похибки дорівнюватиме:

$$\begin{aligned} \sigma_{\Sigma M} &= \sqrt{\sigma^2 [\varepsilon R] \cdot 2 + \sigma^2 [\alpha R] \cdot 2 + \sigma_{унел}^2 + \sigma_{датч}^2} = \\ &= \sqrt{0,667^2 + 0,33^2 \cdot 2 + (2,5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 2 + 0,033^2} = 0,815\% \end{aligned} \quad (8.11)$$

Сумарна мультиплікативна похибка буде рівною (P=0,995) :

$$\delta_{\Sigma} = 3 \cdot \sigma_{\Sigma M} = 3 \cdot 0,815\% = 2,446\% = 2,5\% . \quad (8.12)$$

Похибка становитиме:

$$\gamma_{\Sigma e} = \gamma_{\Sigma e} + \delta_{\Sigma} = 0,086\% + 2,5\% = 2,532\% \approx 2,6\% ; \quad (8.13)$$

Одержані результати значень сумарної похибки вимірювальних каналів повною мірою задовільняють умовам поставленим у завданні стосовно границь зведених похибок.

## ВИСНОВОК

В даному розділі був проведений розрахунок та аналіз похибки, на прикладі параметру концентрації формальдегіду. Мультиплікативна похибка не є суттєвою, тому розраховуємо похибки дрейфу напруги та струму операційних підсилювачів та інші адитивні складові сумарної похибки.

Похибка через дрейф напруги буде дорівнювати  $\gamma_{U_{дрQ}} = 4,8 \cdot 10^{-4}\%$ .

Похибка через дрейф струму буде дорівнювати:  $\gamma_{I_{дрQ}} = 2,4 \cdot 10^{-3}\%$ .

Сумарна похибка вимірювання каналу концентрації формальдегіду становитиме 2,6%. Отримані результати похибки вимірювального каналу повністю задовільняють вимогам завдання відносно границь зведених похибок.

## РОЗДІЛ 9

### ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Програма може бути застосована як невід’ємна складова лабораторії екологічного моніторингу стану довкілля; як система оцінки стану параметрів атмосферного повітря в великих промислових центрах, населених пунктах, в сільському господарстві, метеорології та ДСНС (Державна служба з надзвичайних ситуацій).

Програмне забезпечення розроблялось в середовищі для візуальної мови програмування від компанії National Instruments (США) - LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench). В середовищі наявна велика кількість графічних елементів для реалізації зручного інтерфейсу користувача.

Характеристики атмосферного повітря представлено в таблиці 9.1

Таблиця 9.1

Характеристика	Межі SN 245-71 (для програми)
Температура	-20÷60 °С
Вологість	10÷90%
Концентрація чадного газу	3÷5мг/м <sup>3</sup>
Концентрація формальдегіду	0,012÷0,036 мг/м <sup>3</sup>
Концентрація діоксиду сірки	0.06÷0.5 мг/м <sup>3</sup>

#### 9.1 Розробка фронтальної панелі системи та блок-діаграми

Фронтальна панель складається з п’яти вполів вводу, проміжних результатів, п’ятьох індикаторів та висновку щодо стану атмосферного повітря.

Згідно оцінки можуть бути наступні висновки:

А) Відсутність вимірювань - «пусто»;

Б) Наявність значень по п'ятьох параметрах – «допустиме/не допустиме».

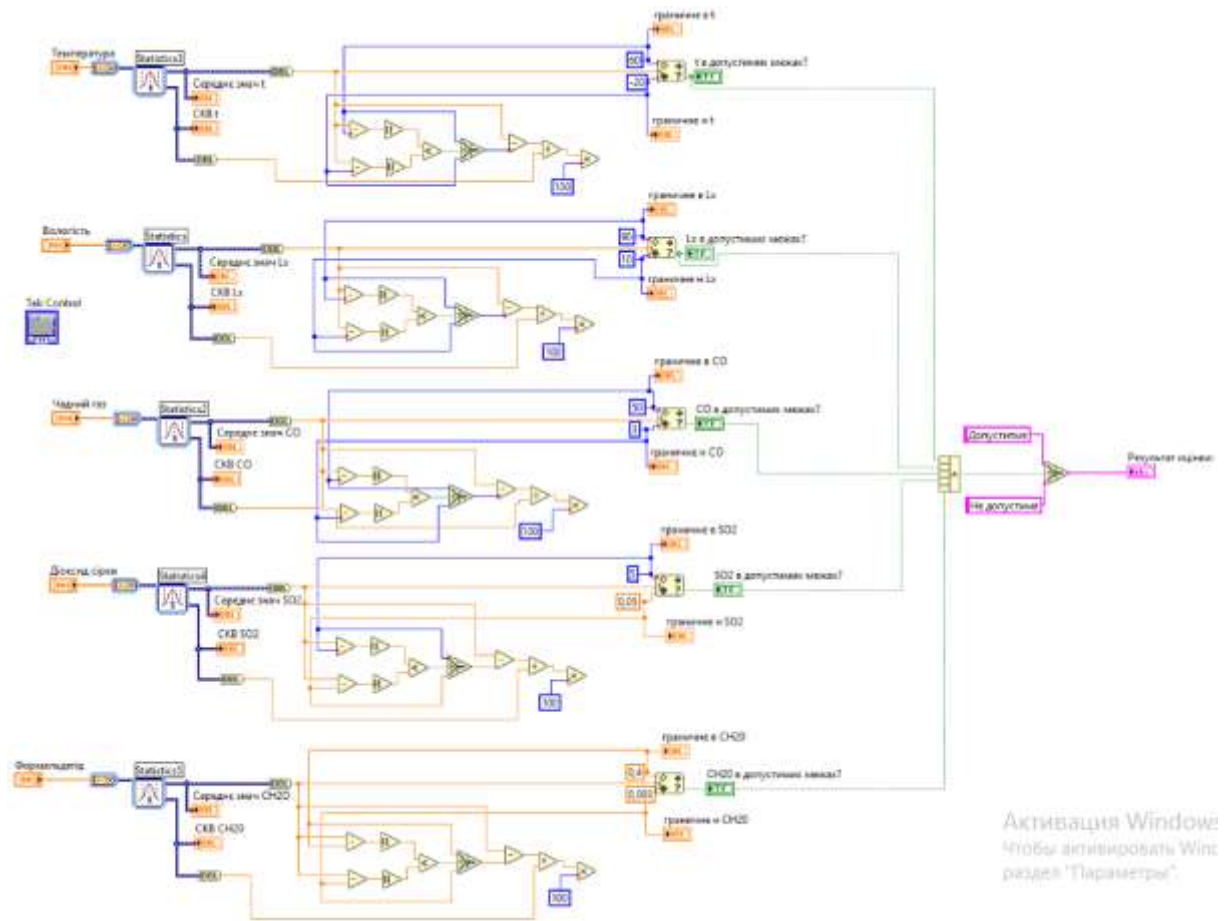

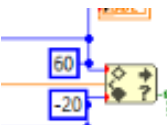


Рис. 9.1 - Блок-діаграма програмного забезпечення

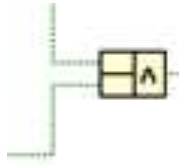
Фронтальна панель має вигляд, зображений на рисунках 9.2-9.4 .

## 9.2 Опис складових системи

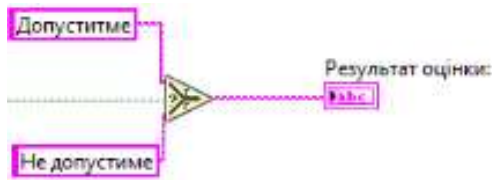
 - інформація з датчика температури ( температури, мутності)(control);

 - блок порівняння з граничними межами (in range and coerce function);

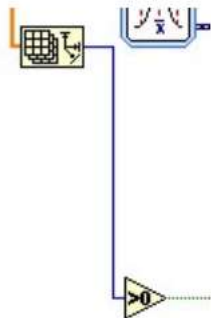
 - індикатор;



- логічне і (compound arithmetic function);



- блок формування висновку (select function, ключ 0/1);



- Розмір масиву. (Повертає кількість елементів у кожному вимірі масиву) Приймає рішення про наявність вимірювань та можливість заповнення поля «висновок»

## **ВИСНОВОК**

Програма може бути застосована як невід’ємна складова лабораторії екологічного моніторингу якості довкілля, а саме стану довкілля; як система оцінки стану атмосферного повітря в великих промислових центрах, населених пунктах, в сільському господарстві, метеорології та ДСНС (Державна служба з надзвичайних ситуацій) було розроблене програмне забезпечення в середовищі LabVIEW версії 2012 року.

Розроблений зручний блок формування висновку на основі від 1 до 50 значень отриманих вимірювань п’ятьох параметрів стану атмосферного повітря відповідно до вимог санітарних норм проектування промислових підприємств SN 245-71.

## **РОЗДІЛ 10**

### **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Дана рекомендація діє на ІВС та встановлює методику первинної повірки та калібрування.

#### **10.1 Перелік метрологічних характеристик , які підлягають повірці**

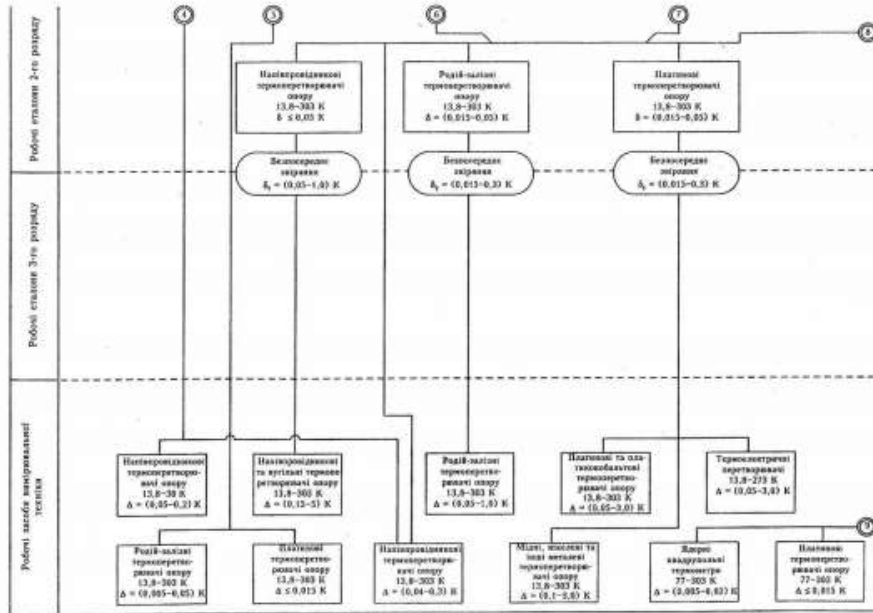
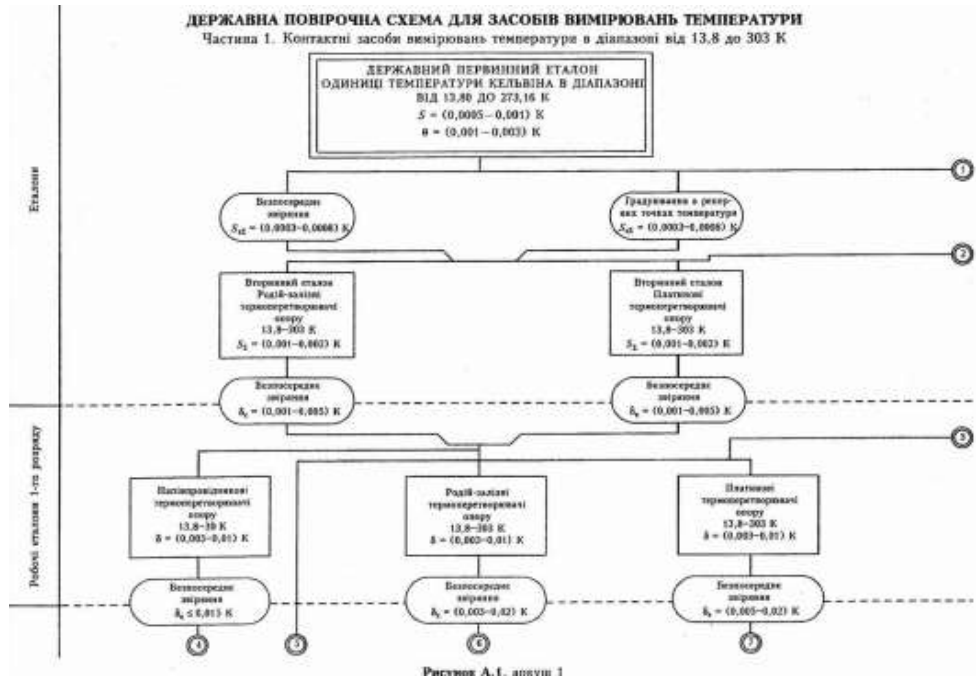
Абсолютна похибка вимірювання температури повітря підлягає повірці в каналі вимірювання температури.

#### **10.2 Перелік вимірювальних приладів необхідних для повірки приладів**

В1-30 призначений для передачі одиниці напруги постійного струму від зразкових мір вимірювальних приладів, виконує в системі передачі роль транспортної міри напруги ( технічні характеристики наведені в додатку М).

#### **10.3 Схема повірки**

Засоби вимірювання температури (контактні засоби) повіряються у відповідності до вимог ДСТУ 3742-98 (Державна повірочна схема для засобів вимірювань температури. Контактні засоби вимірювань температури ). Суть методики запропоновано в ДСТУ представлено в наступних схемах:



Оскільки ми беремо готовий первинний перетворювач температури, то враховуючи вимоги стандарту, канал вимірювання температури можна повірити наступним чином:

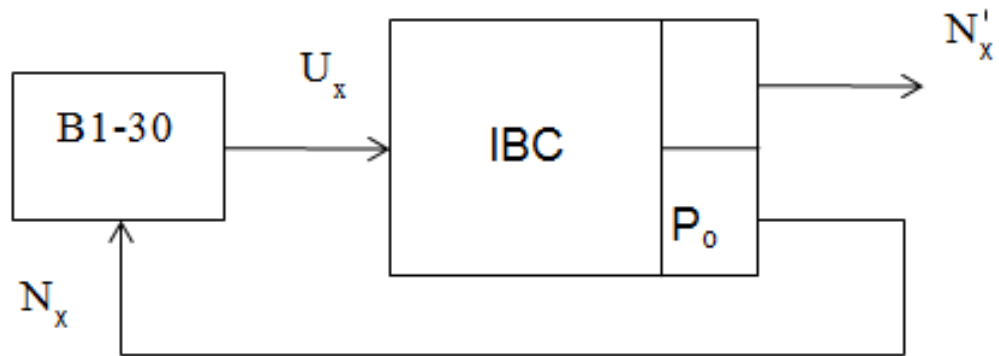


Рисунок 10.1 – Схема повірки за допомогою В1-30

## 10.4 Методика повірки

### 10.4.1. Операції повірки

Під час проведення повірки виконуються наступні операції і застосовують засоби повірки:

- Зовнішній огляд
- Випробування
- Перевірка електричної міцності і опору ізоляції
- Визначення основної похибки, варіації показань і залишкового

відхилення показчика приладів від нульової позначки:

### 10.4.2 Вимоги до кваліфікації спеціаліста, який проводить повірку

Під час проведення повірки дотримуються правил безпеки відповідно до умов експлуатації ІВС.

До проведення вимірювань допускаються особи, котрі мають досвід роботи з ІВС, атестовані в якості повірителя в області вимірювань.

### 10.4.3 Умови та підготовка до повірки

При проведенні повірки мають бути дотримані наступні вимоги:

- напруга живлення  $(220 \pm 22)$  В;
- частота промислової частоти  $(50,0 \pm 0,5)$  Гц;

кліматичні умови згідно ГОСТ ДСТУ 8.395-80

- температура навколишнього середовища  $(20 \pm 5)$  °С;
- відносна вологість повітря не більше 60 %;
- атмосферний тиск  $101,3 \pm 4$  кПа  $(760 \pm 30)$  мм рт.ст.).

## 10.5 Проведення повірки

### Зовнішній огляд

При зовнішньому огляді ІВС мають бути відсутні механічні ушкодження та інші дефекти, які мають вплив на його працездатність; наявність чіткого маркування.

Зовнішній огляд проводять візуально, і при наявності пошкоджень повірку зупиняють до усунення дефектів.

### Опробування

Для опробування ІВС необхідно включити систему та по чергово виконати операції вимірювання кожним каналом вимірювання.

Основну похибку приладів у відсотках нормуючого значення обчислюють за формулою 10.1.

При вимірюванні розбивають на 10 піддіапазонів. Спочатку рухаються від нуля від мінімального до максимального значення, а потім від максимального до мінімального.

$$\gamma = \frac{N_x - N_x'}{N_x} \cdot 100\% \quad (10.1)$$

## **10.6 Обробка результатів вимірювань**

Обробка результатів вимірювання відбувається згідно нормативно-технічній документації ДСТУ ГОСТ 8.009-84, ДСТУ ГОСТ 8.401-80.

ІВС має забезпечити задані технічні характеристики. Аналіз отриманої інформації зводиться до кількісної та якісної оцінки результатів випробування при їх порівнянні з параметрами, заданими в ТЗ.

## **10.7 Обробка результатів перевірки**

Результати перевірки виконуються у вигляді протоколу. Протокол має включати наступні розділи:

- об'єкт випробування;
- меті випробування;
- показники, що підлягають оцінці;
- операції перевірки;
- засоби та умови перевірки;
- результат випробувань;
- висновок та рекомендації.

Якщо перевірка дала негативні результати, то ВК не допускається до майбутньої експлуатації, свідоцтво анулюється. Після відновлення ВК має бути представлено на повторну перевірку.

## ВИСНОВОК

З аналітичного огляду метрологічних та технічних характеристик відомих аналогів видно, що розглянуті пристрої не відповідають вимогам поставленим у технічному завданні, так як є відмінності за критерієм функціональності, точності, вартості та діапазоном вимірювання необхідних величин. Також важливим є те, що прилади випускаються за межами нашої країни, і це є підставою для розробки українського зразка ІВС.

Проаналізувавши методи вимірювання концентрації газів у повітрі, було вирішено обрати наступні методи: принцип роботи датчика температури ґрунтується на залежності опору від температури, вологості - емнісній, концентрації чадного газу, концентрації діоксиду сірки, концентрації формальдегіду – оптичний.

Провели аналіз стандартів, та зробили висновок, що контроль стану атмосферного повітря буде здійснюватись відповідно до Директиви 2008/50/ЄС.

З розробленої схеми ІВС бачимо, що за допомогою міжнародного стандарту для мобільного цифрового стільникового зв'язку (GSM), до ПЗ може під'єднатися більше ніж одна ІВС. На прикладі каналу концентрації формальдегіду був проведений попередній розрахунок похибок, у якому сумарна похибка становитиме 3,5%, а розрядність АЦП – 10.

На оснві схеми структурної, було розроблено схему електричну функціональну. Алгоритм роботи ІВС показує процедуру вимірювання та подальшу обробку в програмі. Сумарний час вимірювання становить  $t_{\Sigma} \approx 30$  s .

Було проведено розрахунок та аналіз похибки на прикладі параметру концентрації формальдегіду. Сумарна похибка вимірювання каналу концентрації формальдегіду становить 2,6%, що задовільняє умовам поставленим у завданні.

Програмне забезпечення розроблене в середовищі LabVIEW версії 2012 року. Була розроблена п'яти канална ІВС стану параметрів атмосферного повітря та ПЗ, до якого може під'єднатися більше ніж одна ІВС.

Переваги розробленої ІВС в її швидкодії, високій точності, відносній дешевезні, зручності викорисання. Також перевагою такого рішення є невеликі затрати , і висока мобільність.

## РОЗДІЛ 11

### РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

#### 11.1 Опис ідеї проекту

Проблема забезпечення чистого довкілля, на сьогоднішній день, стає пріоритетною.

Висока концентрація чадного газу, діоксиду сірки та концентрації формальдегіду у повітрі становить небезпеку для здоров'я людини, зокрема шкодить органам дихання, слизовим оболонкам носа та очей, а також шкірі. Причиною забруднення повітря є інтенсивний автомобільний рух, близьке розташування промислових підприємств і погодні умови. Наприклад, коли вологість повітря досягає 70%, то концентрація формальдегіду зростає на 40%. Для нормалізації всіх показників, за якими вимірюється якість повітря, і потрібен постійний моніторинг. Аби жителі міст могли стежити за перевищенням норми вмісту забруднювальних часток, а міська влада — вжити необхідних заходів.

Розглянувши в попередніх розділах вплив газів на здоров'я людини та відомі аналоги, було прийнято рішення про розробку стартап проекту.

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту Інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система моніторингу стану атмосферного повітря.

Ідея проекту полягає в тому що, оцінка стану повітря необхідна для великої кількості підприємств та сфер, а розробка інформаційно вимірювальної системи моніторингу стану атмосферного повітря, забезпечить високу експресність, чутливість і точність вимірювань.

У таблиці 11.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

1. *Товар у реальному використанні*: зовні вимірювальний елемент виглядає, як простий прилад з довжиною приблизно 20-25см, шириною 10-15см та висотою 5-7см. Живитися елемент буде від батарейок, або акумулятора. Термін експлуатації – 5 роки. Вартість до 10000грн.

2. *Товар з підкріпленням*: гарантійний термін експлуатації становить 2місяців. За бажанням замовника можлива різна варіація приладу в залежності від точності, чутливості, діапазону роботи. При підписанні договору, отримується повне обслуговування приладу.

Таблиця 11.1 - Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка інтелектуальної інформаційно-вимірjuвальної системи моніторингу стану атмосферного повітря	Застосування при проведенні екологічного моніторингу, а саме проводити контроль параметрів повітря	Інструментально-методичне забезпечення просте у користуванні Швидкість виявлення більша за попередні варіанти інструментально-методичного забезпечення

Отже, пропонується новий спосіб реалізації вимірjuвальної системи. Розподілена інформаційно-вимірjuвальна система моніторингу стану атмосферного повітря з використанням спектру первинних вимірjuвальних перетворювачів – розроблена вперше.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

– проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 11.2).

Таблиця 11.2

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторон а)	N (нейтр а- льна сторон а)	S (сильна сторон а)
		Мій Прое кт	Конку- рент1 LM- 8010	Конку- рент2 testo 623	Конку- рент3 FLUKE CO-220			
1.	Вартість прогр заб-ня	11000	-	-	-	-	-	+
2.	Кі-сть вим-нь	40	2	2	3	-	-	+
3.	К-сть каналів вим-ня	4	2	2	1	-	-	+
4.	Похибка рН	±0.03	50ppm	±0.03	± 0.05	-	+	-
5.	Швидкодія	-	+	+	+	+	-	-
6.	Виробницт во	Украї на	Європ а	Німеч чина	USA	-	-	+
7.	Торгова марка	AIR+	Lutron	Testo	Эверетт	-	+	-

Після аналізу характеристик ідеї проекту було визначено, що сильними сторонами ідеї проекту є кількість вимірювань, кількість каналів

вимірювання, вартість програмного забезпечення, в той час, коли у конкурентів воно відсутнє. Нейтральною стороною є похибка та торгова марка. Також, швидкодія є слабкою стороною.

## 11.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту. [8]

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 11.3.

Таблиця 11.3

### Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея Проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка повноправної системи з автоматичним винесенням результату	№1 Сорбаційний метод	Наявні	Доступні
		№2 Електрохімічний метод	Наявні	Доступні
		№3 Хемілюмінесцентний метод	Наявні	Доступні
		№4 Оптичний метод	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: №4				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок щодо ідеї проекту: для кращої оцінки параметрів атмосферного повітря, доцільне використання оптичного методу. Відповідно до інформації можна стверджувати, що технологічна реалізація для здійснення ідеї проекту доступна. Технологічна реалізація проекту можлива, тому що всі технології наявні на ринку. Проаналізувавши усі доступні варіанти мов програмування можна зробити висновок що для реалізації проекту безперечно найбільше підходить середовище розробки LabVIEW. Калібрування датчиків буде проводитись допомогою реальних датчиків.

### 11.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрямки розвитку проекту із врахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та потреб потенційних конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 11.4).

Таблиця 11.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ п/ п</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Середня
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Обмежень не виявлено
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ГОСТ 17.2.1.04-77 Охорона природи. Атмосфера. Джерела і метеорологічні чинники забруднення, промислові викиди. терміни та визначення ГОСТ 17.2.3.01-86 Охорона природи.
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	74 %

В даній таблиці визначено середню норму рентабельності в галузі, він складає 74%. Порівнюючи з банківським відсотком за вкладення, робимо висновок про доцільність вкладання коштів в даний проект.

За результатами аналізу таблиці робимо висновок про привабливість ринку для входження в нього за попередньою оцінкою.

Далі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 11.5).

Таблиця 11.5

## Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Простота у використанні, правильні значення виміряних величин і миттєве отримання інформації	Промислові підприємства, заводи, бізнес-центри, міста	Фінансові можливості, річний дохід міста Особливості експлуатації	Висока якість, точність виміряних значень; швидка передача даних користувачу; оптимальне співвідношення ціни та якості

За результатами аналізу таблиці змодельовали образ потенційного клієнта, можна зробити висновок, що цільова аудиторія складається з подібних груп клієнтів, а тому відмінності в їх поведінці та різниця до вимог не становлять загрози.

Проте при застосуванні даної технології існують певні загрози. (таблиця 5.6). Тому складемо таблиці що сприяють та перешкоджають ринковому впровадженню проекту. Завдяки цьому аналізу, ми наперед зможемо уникнути цих загроз.

Таблиця 11.6  
Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Висока конкуренція	Зменшення продажу	Збільшення рекламних акцій
2.	Криза	Зменшення продажу	Зменшення ціни на товар Модифікації товару (нижчої якості і вартості)
3.	Економічні чинники	Зменшення кількості виробництва(або закупівель)	Зменшення ціни на масові закупівлі Впровадження кредитування
4.	Інфраструктура	Неможливість доставки товару	Відкриття представництва на найбільш близькому розташуванні до клієнта
5.	Інновації	Неактуальність	Адаптація товару, впровадження новітніх технологій
6.	Підприємство нове і маловідоме	Малий ринок послуг	Впровадження рекламних акцій

Зважаючи на те, що зовнішнє середовище, в якому організація здійснює свою діяльність, постійно адаптується під впливом різних чинників, аналіз зовнішнього середовища слід проводити регулярно. Це дозволить підприємству досить швидко виявляти наявні загрози та уникати їх.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 11.7).

Таблиця 11.7

## Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Високий попит на продукт	Збільшення виробництва товару та товарообігу	Збільшення одиниць товару, модифікація товару
2.	Впровадження нових технологій	Покращення основних параметрів продукту	Підвищення попиту та ціни
3.	Потреба в доступній методиці	Актуальна розробка з низькою собівартістю	Залучення іноземних інвестицій
4.	Зростання рівня доходів населення	Збільшення кількості продажів, підвищення ціни	Збільшення одиниць товару, підвищення ціни
5.	Залучення професіоналів	Підхід до кожного клієнта	Висока якість
6.	Інтерес держави	Збільшення кількості закупівель	Збільшення кількості точок продажу

Отже, різноманітність факторів, що впливають на діяльність підприємств, настільки велика, що виробники не встигають уникнути "впливу" від їхньої дії ризикують призупинити свій розвиток. Вплив будь-якого з ризиків зумовлює необхідність розвивати компенсаторні можливості, оскільки вплив таких ризиків має негативний вірогідний наслідок.

Надалі проводимо аналіз пропозиції, включаючи риси конкуренції на ринку.

Таблиця 11.8

## Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Чиста конкуренція	Окремі покупці і продавці не можуть впливати на ціну.	Діяльність підприємства зосереджена на якість товару.
2. Національна конкуренція	Між компаніями всередині країни.	Зміна об'ємів виробництва, співпраця з метрологічними службами для забезпечення високої точності товару
3. Внутрішньогалузева конкуренція	Конкурентна боротьба між підприємствами в межах однієї галузі.	Формування ринкової вартості товару.
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду.	Унікальність кожного об'єкту; створення модифікацій з розширеним функціоналом
5. Нецінова конкуренція	Вдосконалення якості продукції та умов її продажу.	Зміни у виробництві; додаткові витрати, підвищення рівня довіри клієнтів.
6. Марочна конкуренція	Конкурентні компанії пропонують подібний продукт.	Зниження цін на товар; концентрація діяльності на якісну зміну продукту. Створення власної торгової марки

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку показав, що не дивлячись конкуренцію лідерів, у запропонованого проекту є можливість розвитку на українських підприємствах з виходом на ринок. Можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною, це створення добре відомої марки та зменшення ціни на продукцію.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 11.9

## Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Склад	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
ові аналіз у	Ecosoft, Акватон, Аквилон-Техно, Укрбиотал	Низький бар'єр входження в ринок	Невелика собівартість	Невелика собівартість	Є фактори загрози з боку замінників
Висновки:	Інтенсивне	є можливості входу в ринок, є невеликі потенційні конкуренти.	Збільшення співвідношення ціни та якості	Збільшення співвідношення ціни та якості	Присутнє

Детальний аналіз конкуренції в галузі за М. Портером показав, що можлива робота на ринку України так, як конкурентна боротьба неінтенсивна і прямі конкуренти більше спеціалізуються на іншому типі обладнання, також проект повинен відповідати умовам споживачів, які в залежності від ситуації можуть змінюватись.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

На основі аналізу конкуренції, проведеного вище, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності . Аналіз оформлюється за табл. 11.10

Таблиця 11.10

## Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Точність	Достовірність результатів підтверджується входженнями отриманих значень в табличні норми
2	Швидка передача даних	Дає можливість миттєвого отримання параметрів для оцінки
3	Зручний інтерфейс	Забезпечує споживачу просте використання
4	Мобільність	Може використовуватись масштабно, на заводах, побутових приміщеннях, так і в персональних цілях
5.	Технічне обслуговування	Міжнародна технічна допомога

Таблиця 11.11

## Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	<i>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні</i>						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Наявність патентів	20					1	1	1
2	Велика кількість постачальників	13			1		1	1	1
3	Висока якість	20	1				1		2
4	Технічна підтримка	14		1			1		1
5.	Ціна	20					1	1	1

З таблиць 11.10 та 11.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нового програмного забезпечення для розрахунку концентрації пилу. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та технічна підтримка протягом всього терміну його використання споживачем.

Таблиця 11.12

## SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>Постійне вивчення та аналіз стану ринку, своєї позиції, пропозиції конкурентів, потреб споживачів; підтримка та розвиток іміджу.</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>Недовіра(до необхідності), велике використання власних свердловин, криниць. Низька швидкодія системи</p>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Збільшення продаж;</li> <li>2. Отримання державних замовлень на отримання послуг;</li> <li>3.Розширення функцій, поява нових технологій.</li> <li>4. міжнародна доставка.</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку.</li> <li>2. Політичні та економічні ризики ведення бізнесу;</li> <li>3. Втрата потенційних клієнтів через недостатню технічну підтримку;</li> <li>4. Поява іноземних конкурентів з товарами низької вартості</li> <li>5. Збій імпорту комплектуючих.</li> <li>6. Низька репутація підприємства на початку впровадження</li> <li>7. Істотна кількість браку</li> </ol>

SWOT- аналіз стартап-проекту вказав на сильні сторони, якими є отримання державних замовлень на отримання послуг, якість продукту, відповідність потребам споживачів та міжнародна доставка. А слабкими сторонами є низька репутація підприємства на початку впровадження проекту в життя та істотна кількість браку.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкового впровадження.

Таблиця 11.13

## Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів		Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	90%		2-3 роки
2	Стратегія компенсації слабких сторін наявними ринковими можливостями	60%		1-2 місяці
3	Проведення конференції для закордонних користувачів	50%		3-6 місяці

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

## 11.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 11.14

### Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Промислові компанії	70%	Зростає	Наявні	Легко
2	Лабораторії	Частично готові(50%)	Зростає	-	Складно
3	Компанії, які займаються встановленням захисту населення від МП	Готові	Зростає	Наявні	Середньо
<p>Які цільові групи обрано:</p> <p>Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення, що компанія буде працювати із промисловими компаніями.</p>					

В якості цільових груп потенційних споживачів було обрано промислові компанії та лабораторії. Обидві групи готові сприйняти продукт. Інтенсивність конкуренції в сегменті невелика в Україні та вхід у сегмент є легким, через високий попит на внутрішній ринок.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 11.15

## Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспромож ні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Проведення конференції для закордонних користувачів	Проведення конференції для закордонних користувачів	Проведення конференції для закордонних користувачів	Проведення конференції для закордонних користувачів

Для обраної альтернативи розвитку проекту було обрано ексклюзивний розподіл, а стратегію лідерства по витратах, як базову стратегію розвитку. Тому що, така стратегія передбачає, що компанія за рахунок чинників може забезпечити більшу, ніж у конкурентів маржу між собівартістю товару і середньоринковою ціною.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 11.16).

Таблиця 11.16

## Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Буде шукати нових, а також забирати існуючих у конкурентів	Буде, з удосконаленням	Стратегія заняття конкурентної ніші

При визначенні базової стратегії конкурентної поведінки до даного проекту, який не є першопрохідцем, було обрано стратегію позиціювання. Компанія показує чим відрізняється продукт від конкурентів, чим корисний, які є переваги над конкурентами, таким чином відбувається позиціювання на особливостях, які важливі споживачу.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціювання, яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект

Таблиця 11.17

## Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Точність	На основі специфічних, відчутних характеристик	Точність (величина похибка) до 1%, завдяки зміні датчика та використання нової методики 3 хар-к	Краще точно вимірювати, ніж гарно аналізувати
2	Збільшення чутливості	На основі специфічних, відчутних характеристик	за рахунок зміни датчика	Швидкодія відбирає уважність, звернути увагу на темп
3	Збільшення діапазону роботи	На основі специфічних, відчутних характеристик	за рахунок переробки конструкції приладу (правильного розташування ел. вимірювання), зміні датчиків (діапазону)	Простота–запорука якості

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

### 11.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 11.15 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 11.15

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Правильне значення вимірюваної величини	Точність	Точність (величина похибки) до 1%, завдяки зміні датчика та використання нової методики вимірювання
2	Робота з різними початковими умовами забруднення ( до очистки)	Чутливість	за рахунок зміни датчика
3	Робота з різними видами забрудників	Діапазон роботи	за рахунок переробки конструкції приладу (правильного розташування елементів вимірювання)

Після визначення ключових переваг концепції потенційного товару було обрано вигоду, яку пропонує товар – точність, ключовими перевагами перед конкурентами є відповідна ціна та довіра до бренду, також ще одна вигода це доступність новим користувачам, ключовими перевагами якого є наявність інструкції по експлуатації продукту.

Таблиця 11.19

## Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Споживач отримує готовий продукт. Його можна експлуатувати без подальшої обробки		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Точність (похибка)	Нм	Тх
	Чутливість	Нм	Тх
	Діапазон роботи	Нм	Вр
	Якість: відповідає нормам ДСТУ ISO 6879-2003		
	Пакування: програмне забезпечення записане на компакт диск.		
	Марка: AIR +		
III. Товар із підкріпленням	До продажу : гарантійний термін 2 роки; різні варіації приладу від потреб		
	Після продажу : знижка на наступні придбання; при підписанні договору повне обслуговування та оновлення приладу		

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Потенційний товар буде захищено від копіювання за рахунок патентування технології виробництва.

За задумом проект забезпечує вимірювання параметрів атмосферного повітря та передає дані з бортової апаратури на програмне забезпечення.

До отримання клієнти мають ознайомитися з роботою проекту, а після продажу буде технічна підтримка.

За рахунок патенту та комерційної таємниці товар буде захищено від копіювання. Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 11.20).

Таблиця 11.20

## Визначення меж встановлення ціни

№ з/п	Стаття витрат			Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1.	Розробка проектних матеріалів			2
2.	Робоче проектування і прив'язка проекту			3
3.	Витрати на придбання обладнання та устаткування та пристроїв			5
4.	Витрати на приймально-здавальні випробування			2
5.	Витрати на придбання нематеріальних активів			0
6.	Оплата юридичних послуг			2
7.	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі			0
8.	Витрати, пов'язані з формуванням команди			0
Разом				14
№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	10000	15000	від 100 000€ до «необмежений»(різні підприємства, лабораторії тощо)	11000-13000 (оскільки надається більш якісні показники характеристик приладу)

Аналізувавши рівень цін на товари-замінники (близько 10000\$), товари-аналоги (близько 15000\$) та рівень доходів цільової групи споживачів (близько 100 000\$), мною було встановлено нижню 11000\$ та верхню 13000\$ межі встановлення ціни на товар, що дає перевагу над конкурентами.

Таблиця 11.21

## Формування системи збуту

№ п / п	Специфіка закупівельно ї поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Клієнти купують продукт безпосередньо у компанії- розробника	1.Встановлення контакту; 2.Інформування; 3.Транспортування; 4.Продаж окремих частин; 5.Надання додаткових послуг (якщо був підписаний договір)	1.Виробник запчастин; 2.Постачальник запчастин; 3.Ми(виробники приладу); 4.Розповсюджувач нашої продукції	1. Сайт виробника 2.Договір на дострокове користування нашими технологіями

При зазначеній специфіці закупівельної поведінки цільових клієнтів, що клієнти купують продукт безпосередньо у компанії-розробника, було обрано оптимальну систему збуту - через сайт виробника так, як це найпростіший спосіб закупівлі для цільових клієнтів.

Таблиця 11.22

## Концепція маркетингових комунікацій

№ п / п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Підприємці	1.Електронна пошта; 2.Публікації (інженерні); 3.Зустрічі	Точність; Чутливість; Діапазон роботи	Показати надвисоку точність на простоту використання	Контент-маркетинг; Публікації про продукт
2	Адміністрація міста (міська рада)	1.Електронна пошта; 2. Зустрічі	1. Ціна; 2. Точність	Простота використання	Тендери

Проаналізувавши специфіку поведінки цільових клієнтів, обрали концепцію рекламного звернення: публікація даних про продукт, науково-професійний стиль. Реклама буде поширюватись через інтернет та соціальні мережі. Завданням рекламного повідомлення є зацікавлення та поширення знань про продукт новим клієнтам, та поширення інформації про випробування товару.

## Висновки

З попереднього розділу розробки стартап проекту робимо висновок що попит на продукцію є, що підтверджується позитивною динамікою ринку та потребою споживачів.

Конкуренція на українському ринку в цій області незначна, що обумовлює відносно легкий вхід на ринок України завдяки високому попиту на внутрішній ринок.

Цільова аудиторія – це компанії, які займаються безпосередньо вимірюванням параметрів атмосферного повітря, оцінкою якості повітря, компанії з аудиту, а також лабораторії та державні структури. Буде застосовуватись в сфері екології, контролю якості споживчої продукції.

Як альтернативу у впровадженні проекту доцільно провести додаткові до продукції конференції користувачів закордоном, так як данна пропозиція є і буде актуальною для потенційних клієнтів.

Перевагою данного проекту є відповідність продукту потребам споживачів, таким, як моніторингу природних ресурсів, розвитку інфраструктури міст та інших об'єктів і процесів, що розвиваються під впливом як природних так і антропогенних чинників, інструкція по експлуатації та цілодобова підтримка.

Оскільки основним джерелом, у якому цільова аудиторія дізнається про нову продукцію, є Інтернет, було прийнято рішення, що доцільним буде розповсюдження через сайт виробника.

Отже, додаткове використання метрологічного забезпечення онлайн дозволить зберігати данні стосовно стану атмосферного повітря на сайті, що сприяє здешевленню системи. Та дозволить побачити всю «картину» стану повітря на карті України. Внаслідок чого, на базі цих даних, сформується актуальна екологічна ситуація в регіоні.

### Список літератури

1. Методичні вказівки дп для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» та критерії оцінювання дипломних проектів /робіт спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка». Спеціалізація: «Метрологія та вимірювальна техніка»
2. Сивухин Л. В. (1977). Общий курс физики. Том III. Электричество. Москва: Наука.
3. Сучков А. А «Аналоговые и цифровые измерительные устройства»;
4. Г. И. Волович «Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств»
5. Инженерная микроэлектроника А Маргелов.
6. Шашков А. Г., Терморезистори і їх застосування.
7. Папушин Ю. Л., Білецький В.С.;Основи автоматизації гірничого виробництва. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2007.
8. Гавриш, О. А., Бояринова К. О., Копішинська К. О. Розробка стартап-проектів. Конспект лекцій : навчальний посібник для студентів 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові данні (1 файл: 2,88 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 188 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/29447>.
9. LM-8010 [Електронний ресурс]. – Режимдоступу: <http://www.lutron.com.tw/>
10. Електрохімічний портативний газоаналізатор [Електронний ресурс]. – Режимдоступу: [http://www.optec.ru/produktsiya.html?c\\_dept\\_id=20&c\\_good\\_id=1](http://www.optec.ru/produktsiya.html?c_dept_id=20&c_good_id=1)
11. Термогігрометр testo 623 [Електронний ресурс]. – Режимдоступу: <https://www.testo.kiev.ua/ua/testo-623.html>

12. Високочутливі засоби контролю малих концентрацій газів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ishchenkov.vk.vntu.edu.ua/file/d91235893d1f33bb7dc549db07590d22.pdf>
13. Екологічна ситуація [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://city-adm.lviv.ua/lmr/ecology>
14. Полум'яно-іонізаційні аналізатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://stud.com.ua/28692/bzhd/polumyano\\_ionizatsiyni\\_analizatori](https://stud.com.ua/28692/bzhd/polumyano_ionizatsiyni_analizatori)
15. Чим ми дихаємо: у яких районах найбрудніше повітря? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://air.kyivsmartcity.com/>
16. Комплексний аналізатор димових газів IR100 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.novosystems.ru/produksiya/izmeriteli\\_parametrov\\_okrugay\\_ushchey\\_sredi\\_gazoanalizatori/product/ir100/](https://www.novosystems.ru/produksiya/izmeriteli_parametrov_okrugay_ushchey_sredi_gazoanalizatori/product/ir100/)
17. Аналізатор воздуха (PM2,5;PM10,НСНО, 0-50°С) BENETECH GM8804 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://carcar.com.ua/ua/p1183037423-analizator-vozduha-pm25pm10hcho.html>

## Основні характеристики testo 535



testo 300 / testo 300 LL - flue gas analyzer

Instruction manual



Feature	Value
Power supply	Energy storage unit, USB mains unit
Energy storage unit service life	10 hrs
Lifetime energy storage	> 1000 charging cycles
Protection class	IP 40
Memory	1 million measuring values
Display	5.0" touch display, HD 1280x720 pixels
Weight	Approx. 800 g
Dimensions	L: 244 mm (including probe connection) H: 59 mm W: 98 mm.
Certification	TÜV-tested according to 1st German Federal Immission Control Ordinance (BImSchV) EN 50379, Parts 1-3

## 11 Technical data

Feature	Value
Temperature measuring instrument	-40 to +1200°C
Draught measurement	-9.99 to +40 hPa
Pressure measurement	-100 to 200 hPa
O <sub>2</sub> measurement	0 to 21 vol. %
CO measurement	0 to 4000 ppm
Option: CO measurement (H <sub>2</sub> -compensated)	0 to 8000 ppm
Option: CO measurement with activated fresh air dilution/measuring range extension	0 to 15000 ppm
Option: CO measurement (H <sub>2</sub> -compensated) with activated fresh air dilution/measuring range extension	0 to 30000 ppm
NO measurement	0 to 3000 ppm
Efficiency testing (Eta)	0 to 120%
Flue gas losses	0 to 99.9%
CO <sub>2</sub> determination (calculation from O <sub>2</sub> )	Display range 0 to CO <sub>2 max.</sub>
Ambient CO measurement (internal/flue gas probe)	0 to 2000 ppm
Ambient CO measurement (external with CO probe)	0 to 500 ppm
Lifetime O <sub>2</sub> -sensor	up to 72 months, depending on the load
Lifetime CO-sensor	up to 72 months, depending on the load
Lifetime NO-sensor	up to 72 months, depending on the load

### General technical data

Feature	Value
Storage temperature	-20 to +50°C
Operating temperature	-5 to +45°C
Charging temperature	-0 to +45°C
Energy storage unit	3.6 V/3.5 Ah
Mains unit	5 V / 1 A
Humidity application range	15 to 90% RH, non-condensing

## Панель програмного забезпечення

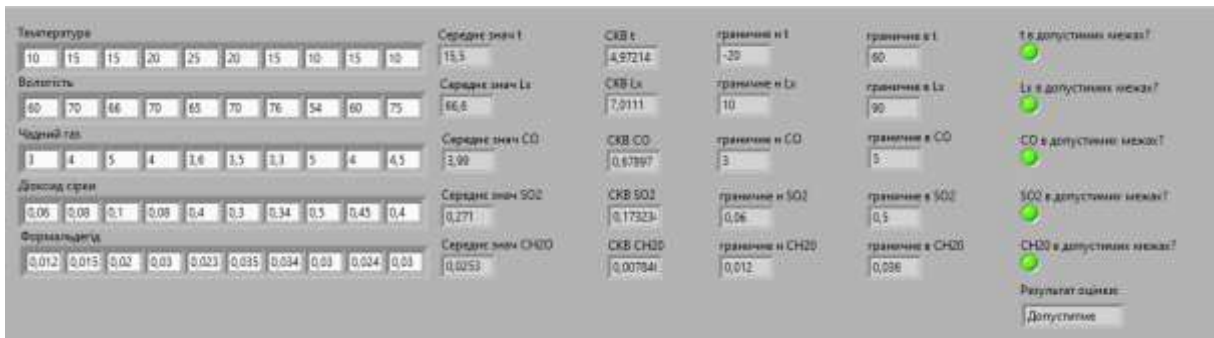


Рис 9.2 – Фронтальна панель програми з задовольняючим результатом

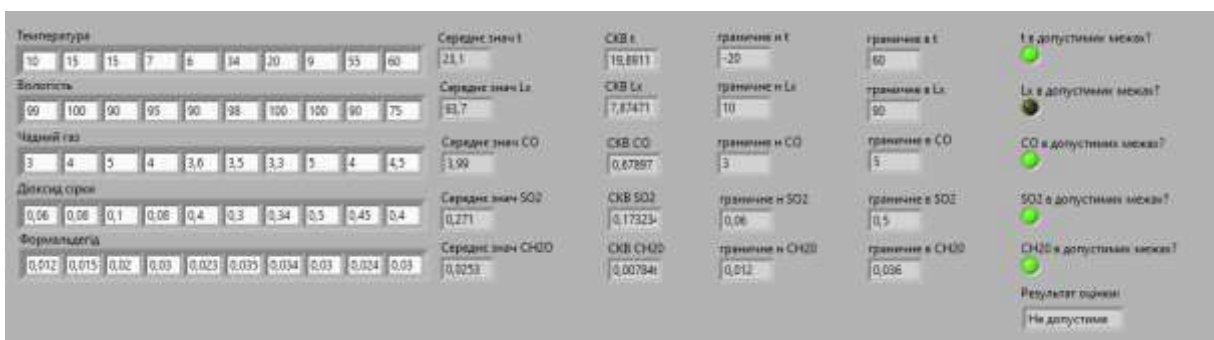


Рис 9.3 – Фронтальна панель з відхиленням допустимого значення вологості

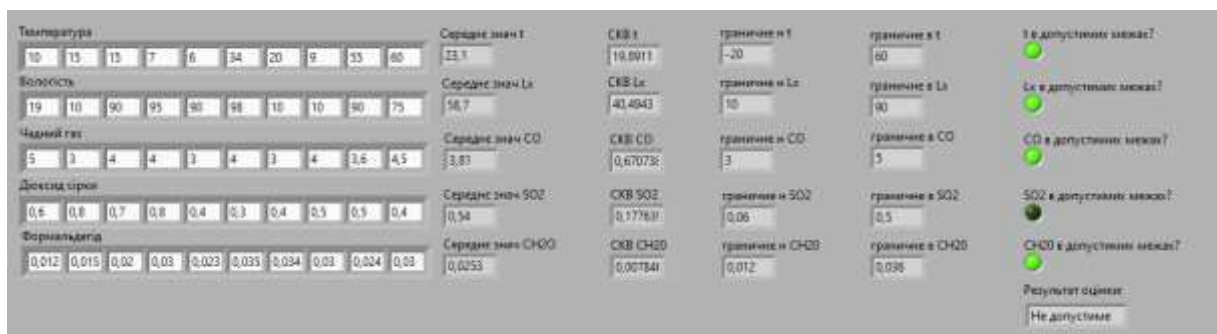


Рис 9.4 – Фронтальна панель з відхиленням допустимого значення концентрації діоксиду сірки

**УДК 502.211:631.7**

Д.Ю. Мержиєвська, студентка гр. ПВ-91мп, В.В.Калюжна, студентка гр.  
ПВ-91мп, к.т.н., доц. Павлишин М.М.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНЦЕНТРАЦІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ**

**ВСТУП**

Антропогенна діяльність людей призвела до того, що концентрація парникових газів в атмосфері за даними ООН на серпень 2019 перевищила значення 450 ppm. Як відомо що біосфера здатна самовідновлюватись при значенні парникових газів не більше 360 ppm [2] , тобто атмосфера знаходиться в незворотньому критичному стані. Сьогодні ведеться активний пошук технологій зменшення парникових газів в атмосфері та їх термінового використання але ефективність таких методів в значній мірі залежить від можливості отримання достовірної інформації про поточний стан атмосфери та прогнозуванні можливостей її змін.

**МЕТА РОБОТИ**

Метою даного дослідження є розробка інформаційно вимірювальної системи, алгоритмів її функціонування та методики застосування для вимірювання парникових газів в атмосфері, як одноразово так і реалізувати неперервний моніторинг стану атмосферного повітря.

**МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Для реалізації поставленої мети авторами розробки ІВС, структура якої представлена на рисунку 1.

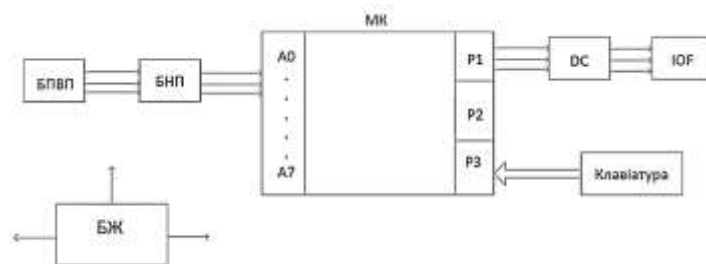


Рисунок 1. Структурна схема ІВС

БПВП - Первинні вимірювальні перетворювачі представляють собою окремі датчики, кожен із яких вимірює відповідний параметр якості повітря – температуру, вуглекислий газ, вологість. Принцип роботи датчика температури ґрунтується на залежності опору від температури, вуглекислий газ – абсорбаційний тип, вологості – ємнісний [3].

БНП – представляє собою сукупність підсилювачів постійного струму і призначений для нормування вихідного сигналу БПВП.

МК - Мікроконтролер являє собою програмно-керований пристрій, призначений для обробки та виконання логічних операцій з цифровою інформацією, яку перетворює вбудований аналого-цифровий перетворювач. Мікроконтролер також має в своєму складі комутатор, який виконує функцію почергового підключення вихідних сигналів первинних вимірювальних перетворювачів до вимірювального каналу інформаційно-вимірювальної системи [1].

БЖ - Блок живлення застосовується для живлення елементів схеми відповідними напругами [4].

Алгоритм функціонування наведено на рисунку 2.



Рисунок 2. Алгоритм функціонування ІВС

Методика виконання ІВС: первиний вимірювальний перетворювач розміщується на висоті 2м над поверхнею землі. Почергово вимірюються значення всіх параметрів які заносяться в спеціальний інформаційний фрейм. Даний фрейм є основою для створення бази знань про стан атмосфери.

Дана база знань використовується:

1. Для прийняття організаційно управлінських рішень по очищенню атмосферного повітря.
2. Для прогнозування можливих змін стану атмосферного повітря в коротко- та середньо- строковій перспективі з метою недопущення критичного, небезпечного його стану.

## ВИСНОВКИ

Результати приведенних досліджень дозволяють реалізувати процеси вимірювання концентрації парникових газів в атмосфері, оцінити динаміку змін стану атмосфери та запропонувати організаційно технологічні заходи по стану атмосфери НДІ цивільного захисту Державна служба надзвичайних ситуацій. Потреба в таких інформаційно вимірювальних системах – 500 од. на рік.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Инженерная микроэлектроника А Маргелов.

Влажность воздуха // Метеорологический словарь.

Усольцев В. А. Измерение влажности воздуха. — Л.: Гидрометеиздат, 1959.

Г. И. Волович «Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств»

Сивухин Л. В. (1977). Общий курс физики. Том III. Электричество. Москва: Наука.

Білоруський енциклопедія: В 18 т. Т.13: Проміле - Релаксін / Редкол.: Г. П. Пашков та ін - М.: БелЕн, 2001. - Т. 13. - С. 105. - 576 с. - 10 000 прим. - ISBN 985-11-0216-4 (Т. 13).

*Наук. керівник – к.т.н.,доц, Павлишин М.М.*

**УДК 502.211:631.5**

В.В. Калюжна, студентка гр. ПВ-91мп, Д.Ю. Мержиєвська, к.т.н., доц.

Павлишин М.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ  
СТАНУ ҐРУНТІВ.****ВСТУП**

Ефективність сільськогосподарських виробництв в значній мірі залежить від правильності планування технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур. Таке планування може бути ефективним лише при наявності інформації про стан всіх видів агресурсів. Оскільки ґрунт є основним видом агресурсів, то максимальна кількість інформації про його поточний стан є важлива та актуальна.

Традиційні методи аналізу ґрунтів вимагають відбору проб ґрунту, перевезення їх до стаціонарної агрохімічної лабораторії, виконання вимірювання необхідних параметрів ґрунту. Все це вимагає часових та матеріальних затрат. Це призводить до того, що інформація отримана в результаті такого аналізу є запізнілою. Тому вчені та інженери ведуть пошуки методів та розробку засобів для експрес-аналізу поточного стану ґрунтів. Саме на вирішення цих завдань направлені дослідження, результати яких наведені нижче.

**МЕТА РОБОТИ**

1. Підвищити метрологічні характеристики вимірювань основних параметрів ґрунту.
2. Зменшити часові та матеріальні затрати на реалізацію таких вимірювань.
3. Підвищити ефективність реалізації завдань оцінки стану ґрунту.

## **МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Авторами запропоновано інформаційно-вимірювальна система для експрес-аналізу стану ґрунтів, структурна схема якої представлена на Рис.1.

## **МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ**

Система працює наступним чином: Одразу після підключення системи до живлення відбувається автоматичне включення, система готова до роботи. На дисплеї відображається температура та вологість[2] атмосферного повітря. Датчики занурюємо у ґрунт на глибину 3-5 см. При натисканні на кнопку виконуються почергове вимірювання та відображення параметрів. Індикатор горить червоним, що означає низьку вологість. Після повторного натискання на кнопку система вимірює температуру на датчиках та відображає її. При наступних натисканнях на дисплеї відображається рН та електропровідність та світяться відповідні до поточних значень індикатори.

В програмному забезпеченні є можливість вибору системи, якщо їх декілька, та додавання ІВС, якщо придбали нову. Наступний рядок відображає поточний стан атмосферного повітря, а саме його температуру та вологість[3]. Наступна частина інтерфейсу поділяється на праву та ліву. Права частина - це робота, безпосередньо, з самою системою. Користувач має можливість задати діапазон вимірювальних параметрів та натиснути кнопку "Set", з метою відправити зміни на саму систему, для того, щоб при виході з цього діапазону користувач був сповіщений про це. Ліва частина програми відповідає за інтелектуальний аналіз даних. Користувач може задати норми для параметрів, які вважає припустимими, та натиснути кнопку "Apply" для проведення аналізу. Після чого в нижній частині програми можна побачити до якої групи віднесли стан аналізованого параметра ґрунту в даний момент часу: 1 група - за нижньою межею - якщо параметр ґрунту[5] менший за мінімум, який ввів користувач.

2 група - менше 10% - якщо параметр знаходиться в межі діапазону заданого користувачем, але близько до її мінімального значення.

3 група - 10 ... 25% - якщо параметр знаходиться в робочому діапазоні, що відповідає від 10% до 25% всіх допустимих значень

4 група - 25...75% - якщо параметр ґрунту відповідає найоптимальнішим значенням для подальшого функціонування.

5 група - 75 ... 90% - відповідає 3 групі, але з іншої сторони діапазону (це потрібно для подальшого аналізу стану ґрунту, та вирішення проблем вчасно.

6 група - більше 90% - відповідає 2 групі, але з кінцевого значення заданого діапазону.

Данні зберігаються у внутрішній пам'яті пристрою, та при необхідності користувач може зберігати їх на зовнішній носій. При цьому треба звернути увагу в яку саме групу потрапив параметр при аналізі та прийняти потрібні рішення для усунення небезпечної ситуації[7]. При потраплянні до груп 1,2,6,7 діоди стають червоними в середній частині програми з'являються попереджувальні надписи для привернення уваги користувача та швидшої реакції на ситуацію.

## **ВИСНОВКИ**

Використання розробленої авторами інформаційно-вимірювальну систему дозволяє оперативно отримувати результати про поточний стан ґрунтів, а саме:

температури ґрунту, вологості ґрунту, рН показника та електропровідності на необхідних глибинах. Часові затрати на отримання такої інтегральної характеристики складає максимум 5 хвилин, що надає суттєві переваги перед традиційними методиками аналізу параметрів ґрунту, суттєво підвищує ефективність процесів вимірювання і робить

доступним вимірювання параметрів безпосередньо на полі агрономами або технологами.

Інформаційно-вимірювальна система може використовуватись сільськогосподарськими підприємствами та регіональними екологічними підрозділами. Потреба в таких ІВС до 1000 штук на рік.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Шметер С. М. Влажность земли [Физическая энциклопедия} Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1. — С. 285—286. — 704 с. — 100 000 экз.
- [2] Влажность земли // Метеорологический словарь
- [3] Усольцев В. А. Измерение влажности земли — Л.: Гидрометеиздат, 1959 с.
- [4] Берлинер М. А. Измерения влажности. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Энергия, 1973.
- [5] Сивухин Л. В. (1977). Общий курс физики. Том III. Электричество. Москва: Наука.
- [6] Білоруський енциклопедія: В 18 т. Т.13: Проміле - Релаксін / Редкол.: Г. П. Пашков та ін - М.: БелЕн, 2001. - Т. 13. - С. 105. - 576 с. - 10 000 прим. - ISBN 985-11-0216-4 (Т. 13).

*Наук. керівник – к.т.н., доц. Павлишин М.М.*