

УДК 551.571

Британ А. В.<sup>1</sup>, к.ф.-м.н.,  
Іванов Б. О.<sup>2</sup>, к.т.н.,  
Осіс В. Б.<sup>3</sup>, н.с.

**Автоматизована інформаційно-  
вимірвальна система моніторингу  
характеристик атмосферного озону**

<sup>1</sup>Київський національний університет імені  
Тараса Шевченка,  
01601, м. Київ, вул. Володимирська, 64/13,  
<sup>2,3</sup>УкрГМІ ДСНС та НАН України,  
03028, м. Київ, просп. Науки, 37  
e-mail: <sup>1</sup>a\_britan@ukr.net  
<sup>2</sup>ivanov@uhmi.org.ua  
<sup>3</sup>boriva@ukr.net

A. V. Brytan<sup>1</sup>, PhD of Physics,  
B. A. Ivanov<sup>2</sup>, PhD of Technical Sciences,  
V. B. Osis<sup>3</sup>, Sc. Researcher.

**Automated information measuring system for  
monitoring characteristics of atmospheric ozone**

<sup>1</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
64/13, Volodymyrska Street, Kyiv, 01601  
<sup>2,3</sup>UkrHMI DSNS and NAS of Ukraine,  
37, ave. Science, Kyiv, 03028  
e-mail: <sup>1</sup>a\_britan@ukr.net  
<sup>2</sup>ivanov@uhmi.org.ua  
<sup>3</sup>boriva@ukr.net

*Наведено структурну схему автоматизованої інформаційно – вимірвальної системи моніторингу характеристик атмосферного озону, призначення та взаємодія основних вузлів системи. Розглянуто програмне забезпечення керування системою. Надано результати визначення загального вмісту озону (ЗВО), які отримані порівнянням одночасних даних, що визначені оператором вручну та за допомогою макету інформаційно–вимірвальної системи, при цьому відносна похибка розбіжності вимірів не перевищувала 4,3 %. Результати вимірювань із автоматичним осередненням значень, які отримані протягом доби, показали, що немає необхідності вибирати вікна безхмарного або однорідного неба. Розробку можна рекомендувати для використання за основу для створення сучасної автоматизованої інформаційно – вимірвальної системи моніторингу характеристик атмосферного озону.*

*Ключові слова:* структурна схема, загальний вміст озону, програмне забезпечення, порівняння даних, макет інформаційно–вимірвальної системи.

*The structural diagram of an automated information and measurement system for monitoring the characteristics of atmospheric ozone, the purpose and interaction of the main components of the system are presented. System management software is considered. The results of determination of the total ozone content (TOC), which were obtained by comparing simultaneous data, determined manually by the operator and using the layout of the information-measuring system, with a relative error of measurement difference did not exceed 4.3%. The results of measurements with automatic averaging of the values obtained during the day showed that there was no need to choose windows of cloudless or homogeneous sky. The development can be recommended for use as a basis for the creation of a modern automated information and measurement system for monitoring the characteristics of atmospheric ozone.*

*Key Words:* block diagram, the total ozone content, software, comparison of the data, layout information measuring system.

Статтю представив академік НАН України, д.ф.-м.н., проф. Булавін Л.А.

**Вступ**

Автоматизована інформаційно –  
вимірвальна система (ІМС) моніторингу  
характеристик атмосферного озону повинна  
забезпечувати можливість автоматизованого  
вимірювання характеристик атмосферного озону,  
обробку та архівацію даних.

ІМС (рис. 1) містить основні вузли, принципи  
роботи яких наведено нижче.

- Блок термодатчика виконує функцію визначення температури в термостаті. Аналоговий сигнал від блоку термодатчика, пропорційний температурі в термостаті, надходить на аналого–цифровий перетворювач (АЦП) блоку керування, який перетворює аналоговий сигнал у цифровий код.

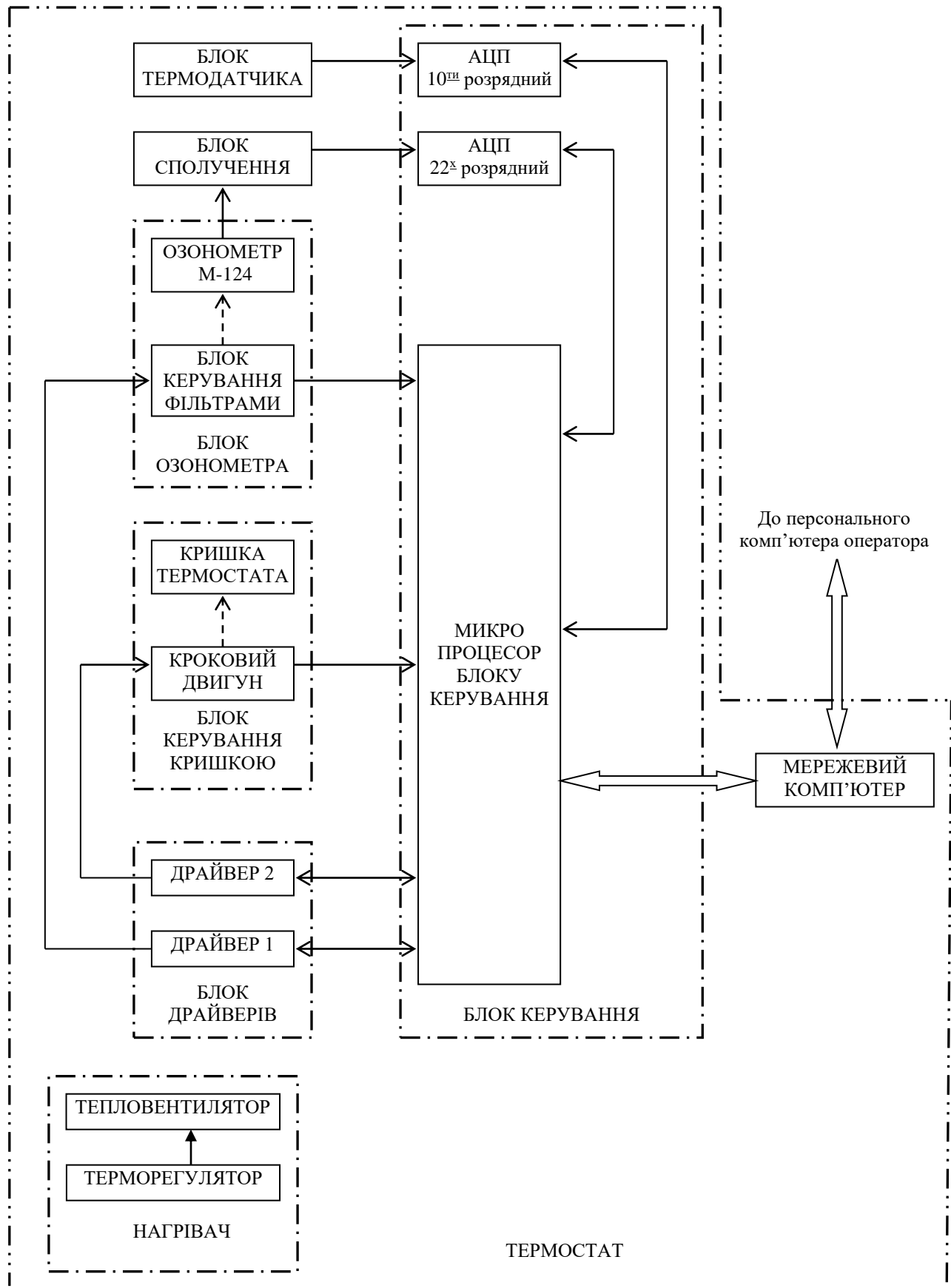


Рис. 1. Структурна схема системи

Роботою АЦП управляє мікропроцесор блоку керування по заданій програмі. Мікропроцесор запускає АЦП, знімає код сигналу температури та передає його до комп'ютеру (ПК). ПК обробляє отриману інформацію й формує файл температури, що надалі використовується для розрахунків змісту озону в атмосфері.

- Блок сполучення виконує функцію сполучення озонметра М-124 з інформаційно-вимірювальною системою.

Потік випромінювання світла, що надходить на фотоелемент озонметра М-124 з фільтруючої системи, перетворюється ним в електричні сигнали, які являють собою:

- сигнал темного струму (немає потоку випромінювання світла);

- сигнал 300 нм (потік випромінювання світла, що пройшов крізь фільтр із довжиною хвилі 300 нм);

- сигнал 326 нм (потік випромінювання світла, що пройшов крізь фільтр із довжиною хвилі 326 нм).

Сигнал з фотоелемента одночасно подається на підсилювач озонметра та підсилювач сигналу 1 блока сполучення. Підсилювач озонметра виконує підсилювання сигналу до рівня, необхідного для роботи реєструючого пристрою озонметра, а також подає цей сигнал на підсилювач сигналу 2 блока сполучення.

Блок сполучення має можливість роботи у двох режимах:

- у режимі підсилювання сигналів із фотоелемента (використовується підсилювач сигналу 1);

- у режимі підсилювання сигналів із виходу підсилювача озонметра (використовується підсилювач сигналу 2).

Підсилювач сигналу 1 та підсилювач сигналу 2 виконують функції сполучення з озонметром М-124 і підсилення сигналів, які надходять від озонметра. Комутатор блока сполучення використовується для вибору режиму роботи (підсилювач сигналу 1 або підсилювач сигналу 2). Сигнал з комутатора надходить на останній підсилювач блоку сполучення, який виконує функцію підсилення сигналу до рівня, необхідного для нормальної роботи АЦП.

АЦП перетворює аналоговий сигнал з блока сполучення у цифровий вигляд і передає отримані дані до комп'ютеру. Керування роботою АЦП здійснює блок керування. Блок керування виконує також управління роботою АЦП, забезпечує обмін інформації з

комп'ютером, який, у свою чергу, виконує функцію отримання даних від АЦП, їхню обробку, зберігання та архівацію.

- Блок озонметра містить наступні основні вузли: озонметр М-124 та систему автоматичного перемикавання фільтрів, до якої входять кроковий двигун, редуктор, диск і оптопара.

Цикл вимірювання (близько 3 хвилин) виконується заданою програмою в автоматичному режимі від ПК. Після запуску програми блок керування формує необхідне число імпульсів, які надходять на блок драйверів.

Блок керування кришкою (БКК) містить систему автоматичного управління кришкою термостата, в яку входять кроковий двигун, редуктор, диск та оптопара.

- Блок драйверів складається із двох ідентичних драйверів, які виконують функцію управління кроковими двигунами блоку озонметра (драйвер 1) і блоку керування кришкою (драйвер 2).

- Блок керування повинен виконувати такі основні функції:

- 1) вимірювання 3 сигналів, що надходять з виходу блоку сполучення:

- сигнал темного струму (немає потоку випромінювання світла);

- сигнал 300 нм (потік випромінювання світла, що пройшов крізь фільтр із довжиною хвилі 300 нм);

- сигнал 326 нм (потік випромінювання світла, що пройшов крізь фільтр із довжиною хвилі 326 нм);

- 2) управління блоком керування фільтрами (перемикавання фільтрів) блоку озонметра;

- 3) управління кроковим двигуном блоку керування кришкою (відкривання та закривання прийомного вікна озонметра на час вимірювання характеристик атмосферного озону);

- 4) вимірювання сигналу з виходу блоку термодатчика (температура в термостаті);

- 5) попередня обробка отриманої інформації та передача її до комп'ютеру;

- 6) забезпечення взаємодії програмного забезпечення мікропроцесора БК із програмним забезпеченням мережевого комп'ютера.

На структурній схемі наведені всі зв'язки взаємодії БК із елементами автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи, які забезпечують виконання вказаних вище функцій блоку керування.

БК містить такі основні елементи:

– 22<sup>х</sup> розрядний аналого-цифровий перетворювач (вимірювання величини сигналів, що надходять з виходу блоку сполучення);

– 10<sup>м</sup> розрядний аналого-цифровий перетворювач (вимірювання сигналу з виходу блоку термодатчика);

– мікропроцесор блоку керування (забезпечує керування роботою БК та всієї системи в цілому).

- Мережевий комп'ютер виконує функцію керування роботою системи та забезпечує передачу інформації споживачам.

- Термостат із нагрівачем слугує для підтримки температури у певному діапазоні при зміні температури зовнішнього повітря. Терморегулятор виконує функцію керування тепловентилятором (включає тепловентилятор на нижній границі діапазону температури та виключає нагрівання при досягненні верхньої межі діапазону).

Розроблено програмне забезпечення. Для гнучкого налаштування та керування системою було розроблено внутрішню мову команд. Послідовність команд вводиться одним рядком у вікно інтерфейсу.

Керування роботою системи здійснюється з інтерфейсу “ВИМІРЮВАЧ ЗАГАЛЬНОГО ВМІСТУ ОЗОНУ”, приклад якого наведено на рис. 2.



Рис. 2. Вигляд інтерфейсу керування системою.

Виконується вибір порту для керування через USB зв'язок “COMx” залежно від того, як блок керування визначений у WINDOWS системі ПК (у цьому випадку “COM4”). Відкривається порт кнопкою “Open Port”. Здійснюється введення коефіцієнтів корекції вимірювальних каналів кнопкою “Запис” (при першому натисканні кнопки коефіцієнти з'являються у рядку керування, при другому - заносяться у блок керування вимірювачем озону. Обирається режим уведення команд натискаючи кнопку “Ком232”. Кнопкою “Автомат” вибирається режим керування “Одиночный”. Для керування

комутацією натискається кнопка “Управл. ком” і переходимо в режим “On com”. Кнопкою “Азимут” видаляється вміст рядка керування. Вводяться необхідні команди з файлу “Ozon com.txt”, для чого копіюється обрана команда з файлу в рядок керування. Для виконання команди натискається кнопка “Send”, при цьому рядок керування автоматично зчитується в БК і команда циклічно виконується.

Наприклад, за командою “Хмарність інтенсивність” у програмне забезпечення вводиться коефіцієнт інтенсивності хмарності від 1 до 4 (у цьому випадку 1), що використовується при розрахунках загального вмісту озону. Введення коефіцієнта виконується натисканням кнопки “Коef=”. За командою “d0150eFXbd0333ур В” фільтри періодично переводяться у три положення (фільтр 1, фільтр 2, корекція нуля).

Набір можливих команд керування кроковими двигунами, їхніми режимами та комутацією каналів вимірювання розроблено для двох видів зв'язку USB та RS232.

За розробленою робочою конструкторською документацією автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи моніторингу характеристик атмосферного озону М39.00.00.00 виготовлено діючий макет системи.

Для перевірки роботи діючого макету інформаційно-вимірювальної системи він був встановлений на даху УкрГМІ. Перевірку виконано порівнянням одночасних даних ЗВО, які визначені оператором за допомогою озонметра М-124 (вимірювання вручну – ЗВО<sub>2</sub>), за даними, які визначені за допомогою макету інформаційно-вимірювальної системи (автоматизовані вимірювання – ЗВО<sub>1</sub>).

Результати, які отримані за допомогою макету системи, наведені у таблиці 1.

Розрахунок ЗВО автоматично у реальному часі виконується на ПК за моделлю [1], що враховує висоту Сонця, температуру і хмарність.

На рис. 3 для прикладу наведено графік ходу ЗВО протягом доби за даними табл. 1, які було отримано 23.02.2017 р. На основі даних табл. 1 розраховано середнє арифметичне за формулою [2]:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1)$$

де:  $\bar{X}$  – середнє арифметичне значення вимірюваної величини;  $X_i$  – отримані значення вимірювань.



Визначено значення перевідного множника  $K=350/254=1,38$  та розраховано приведені значення середньодобового ЗВО, що визначені автоматизованою системою ( $ZVO_{1i}$ ). Результати розрахунків занесені у табл. 2.

На рис. 4 наведено графіки зміни середньодобового ЗВО за датами вимірювань, які визначені діючим макетом автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи (крива 1 –  $ZVO_{1i}$ ) та оператором вручну (крива 2 –  $ZVO_{2i}$ ).

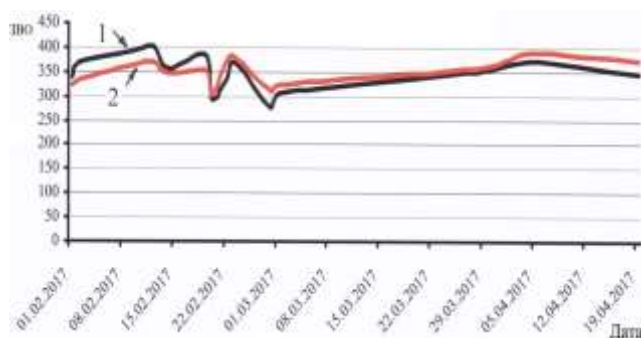


Рис. 4. Середньодобове ЗВО, що визначено автоматизованою системою (1) та оператором вручну (2).

За даними табл. 2 розраховано середнє квадратичне відхилення та відносна похибка вимірювань за формулами [2] (результати розрахунку занесено у табл. 2):

$$\delta = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{t}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n(n-1)}} \cdot 100,$$

де:  $\bar{X}$  – середнє арифметичне значення вимірюваної величини;  $X_i$  – отримані значення вимірювань;  $n = 14$  – кількість вимірювань;  $t = 2,1$  – коефіцієнт Стюдента при  $P = 0,95$  і  $n = 14$ ;  $\delta$  – середнє квадратичне відхилення;  $\gamma$  – відносна похибка вимірювань.

За розрахунками встановлено, що відносна похибка розбіжності вимірів середньодобового ЗВО не перевищує: автоматизованою системою – 6,1 %, оператором вручну – 4,6 % та двома методами (вручну та автоматизований) – 4,3 %.

### Висновки

За розробленою робочою конструкторською документацією автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи моніторингу характеристик атмосферного озону МЗ9.00.00.00 виготовлено діючий макет системи.

Проведено перевірку роботи діючого макету інформаційно-вимірювальної системи порівнянням одночасних даних середньодобового ЗВО, які визначені оператором (вимірювання вручну –  $ZVO_2$ ), із даними, які отримано за допомогою макету інформаційно-вимірювальної системи (автоматизовані вимірювання –  $ZVO_1$ ), при цьому відносна похибка розбіжності вимірів не перевищує 4,3 %.

Результати вимірювань із автоматичним осередненням значень, які отримані протягом доби, показали, що немає необхідності вибирати вікна безхмарного або однорідного неба.

Розробку можна рекомендувати як основу для створення сучасної автоматизованої інформаційно – вимірювальної системи моніторингу характеристик атмосферного озону.

### Список використаних джерел

1. Савенець М.В. Перехід від номограми до аналітичного розрахунку загального вмісту озону, вимірюного приладом М-124 // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2014. – Вип. 266. – С. 94-98.
2. Бурдун Г.Д Основы метрологии / Г. Д. Бурдун, Б. Н. Марков. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – С. 336

### References

1. SAVENETS, M.V. (2014) *Crossing of nomograms to an analitic rosette of the igneous ozone, vimiry appendix M-124* Scientific works of UkrNDGMI. Vol. 266., p. 94-98.
2. BURDUN, G.D., MARKOV., B.N. (1975) *Fundamentals of Metrology*. М., Standart Publishing, p. 336.

Надійшла до редколегії 04.10.18