

# МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ТЕХНІЧНИХ ГАЗІВ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*У роботі розглянуто архітектуру мікропроцесорної системи вимірювання витрат технічних газів у промислових умовах. Систему побудовано на базі мікроконтролера з використанням витратомірів та датчиків тиску і температури. Описано алгоритм обробки сигналів і методи компенсації похибок. Результати показують ефективність запропонованого рішення для точного моніторингу газових потоків у реальному часі.*

**Ключові слова:** мікроконтролер, витратомір, технічні гази, датчики, ESP32, моніторинг.

## Abstract

*The paper considers the architecture of a microprocessor-based system for measuring the flow rate of technical gases in industrial conditions. The system is built on a microcontroller using flow sensors as well as pressure and temperature sensors. Signal processing algorithms and error compensation methods are described. The results demonstrate the effectiveness of the proposed solution for accurate real-time gas flow monitoring.*

**Keywords:** microcontroller, flow meter, technical gases, sensors, ESP32, monitoring.

## Вступ

Контроль витрат технічних газів є важливою задачею в промисловості, зокрема у хімічному виробництві, енергетиці та металургії. Неточності у вимірюваннях можуть призводити до перевитрат ресурсів, зниження ефективності технологічних процесів та аварійних ситуацій. Особливо важливим є забезпечення безперервного моніторингу параметрів газового потоку - витрати, тиску та температури.

Сучасні мікропроцесорні системи дозволяють автоматизувати процес вимірювання та обробки даних, забезпечуючи високу точність і швидкодію. Використання цифрових датчиків і бездротових технологій відкриває можливості для створення інтелектуальних систем обліку та контролю газів [1].

## Результати дослідження

Ядром системи обрано мікроконтролер ESP32, який має достатню обчислювальну потужність, вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth, а також підтримує різні інтерфейси (ADC, I<sup>2</sup>C, SPI) для підключення датчиків [2]. До складу апаратної частини входять: витратомір газу (турбінного або масового типу), датчик тиску (наприклад, MPX5700), датчик температури (DS18B20), аналого-цифровий перетворювач для обробки сигналів. Сигнали з датчиків обробляються мікроконтролером, після чого здійснюється розрахунок витрати газу з урахуванням температурної та тискової компенсації.

Основна формула визначення об'ємної витрати газу:

$$Q = k \cdot N$$

(1) де  $Q$ - витрата газу;  $k$ - коефіцієнт перетворення датчика;  $N$ - кількість імпульсів від витратоміра за одиницю часу.

Для підвищення точності використовується поправка на температуру і тиск:

$$Q_{\text{кор}} = Q \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

(2) де  $P, T$ - поточні значення тиску і температури;  $P_0, T_0$ - нормальні умови. Передача даних реалізована за допомогою протоколу MQTT, що дозволяє відправляти інформацію на сервер або в хмару для подальшого аналізу. Дані можуть відображатися у веб-інтерфейсі або мобільному застосунку. Система також оснащена локальним дисплеєм для відображення поточних значень витрати та сигналізацією у разі перевищення допустимих параметрів.

На рисунку 1 зображено мікропроцесорну систему вимірювання витрат технічних газів

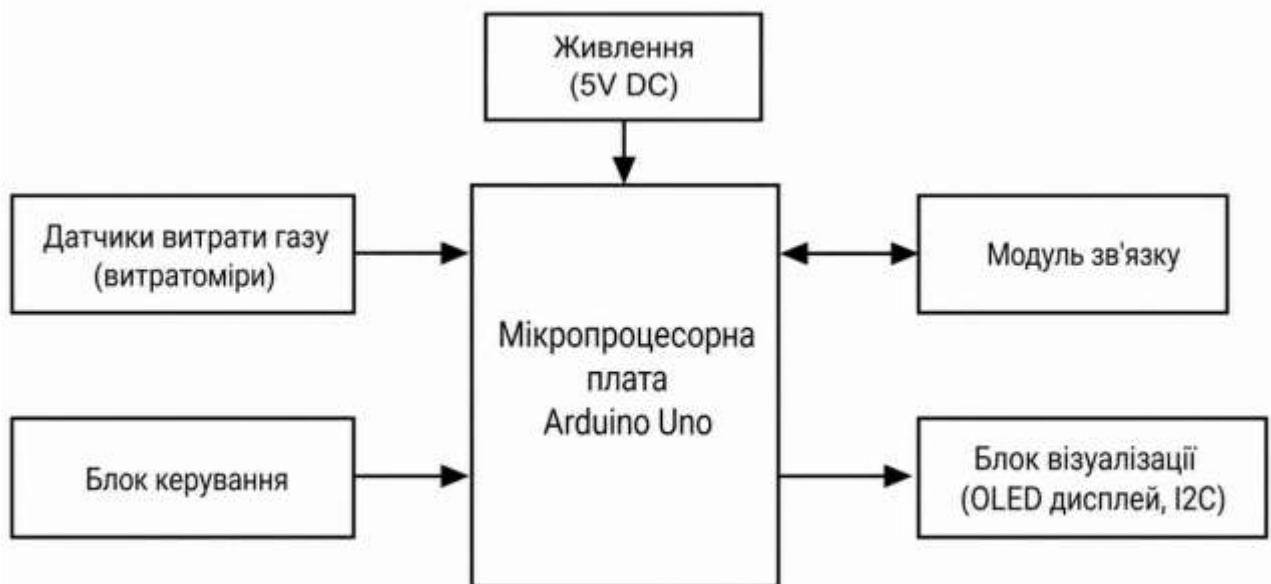


Рис. 1 – Структурна схема системи

Важливим елементом мікропроцесорної системи вимірювання витрат технічних газів є наявність блоку візуалізації у вигляді OLED-дисплея, який підключається до мікроконтролера Arduino Uno через інтерфейс I2C, а також блоку керування. Це дозволяє користувачу в режимі реального часу відстежувати поточні значення витрат газу безпосередньо на пристрої, а також керувати його роботою, наприклад, перемикаючи режими або переводити систему в режим очікування.

Крім того, у системі передбачено використання модуля зв'язку, що забезпечує можливість передачі даних на віддалені пристрої. Це створює основу для реалізації моніторингу через локальну мережу, встановлення обмежень на споживання газу, отримання сповіщень про перевищення заданих параметрів або аварійні ситуації, а також інтеграції системи до складу розумного будинку.

Для перевірки працездатності розробленої системи було використано середовище моделювання Tinkercad, у якому проведено тестування алгоритмів роботи мікроконтролера. Результати моделювання підтвердили коректність функціонування програми та адекватну реакцію системи на зміну вхідних сигналів від датчика витрати газу.

У результаті застосування запропонованого підходу забезпечується точний та зручний облік витрат технічних газів, своєчасне виявлення відхилень від норми та підвищення рівня безпеки експлуатації. Це сприяє ефективному використанню ресурсів і зменшенню економічних витрат.

## Висновки

Розроблена мікропроцесорна система забезпечує точне вимірювання витрат технічних газів у реальному часі. Використання сучасних датчиків і мікроконтролера ESP32 дозволяє зменшити похибку вимірювань та забезпечити стабільну роботу системи. Запропоноване рішення може бути використане в промислових системах обліку газів і автоматизації технологічних процесів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на впровадження алгоритмів прогнозування та оптимізації споживання газів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Системи вимірювання витрат рідин і газів: навч. посіб. - К.: Техніка, 2021. - 320 с.
2. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet v5.2. - 2025. - 78 p.
3. ISO 5167: Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices. - 2019.
4. Hillar G. C. MQTT Essentials: A Lightweight IoT Protocol. - Packt Publishing, 2017.

**Главненко Владислав Петрович** — студент групи 2КІ-22Б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (ФІТКІ), Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна e-mail: [vlad42859@gmail.com](mailto:vlad42859@gmail.com)

**Снігур Анатолій Васильович** — доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна e-mail: [algorithms530@gmail.com](mailto:algorithms530@gmail.com)

**Hlavnenko Vladyslav Petrovich** — student of group 2KI-22B, Faculty of Intellectual Information Technologies and Computer Engineering (FITKI), Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: [vlad42859@gmail.com](mailto:vlad42859@gmail.com)

**Anatoly Vasyliovych Snigur** — Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: [algorithms530@gmail.com](mailto:algorithms530@gmail.com)