

# Застосування комп'ютерного зору для автоматичного вимірювання швидкості рідин з тонкодисперсними домішками

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2021.43>

Дмитро Реут  
кафедра автоматизації, електротехнічних і комп'ютерно-інтегрованих технологій  
Національний університет водного господарства та природокористування  
Рівне, Україна  
d.t.reut@nuwm.edu.ua

Володимир Древецький  
кафедра автоматизації, електротехнічних і комп'ютерно-інтегрованих технологій  
Національний університет водного господарства та природокористування  
Рівне, Україна  
v.v.drevetskyi@nuwm.edu.ua

Світлана Матус  
кафедра автоматизації, електротехнічних і комп'ютерно-інтегрованих технологій  
Національний університет водного господарства та природокористування  
Рівне, Україна  
s.k.matus@nuwm.edu.ua

**Abstract** — Розглянуто проблему автоматичного вимірювання швидкості прозорих рідин з тонкодисперсними домішками. Розроблено інформаційно-вимірювальну систему, що здійснює неперервне вимірювання швидкості руху мікроорганізмів та інших тонкодисперсних домішок, а з ними і рідини, за допомогою комп'ютерного зору.

**Keywords** — комп'ютерний зір; автоматичне вимірювання; швидкість рідин; тонкодисперсні домішки; мікроскоп.

## I. ВСТУП

Потреба вимірювання малих швидкостей та мікровитрат рідин виникає в аналітичній та лабораторній техніці, технологічних процесах дозування малих кількостей речовини, мікробіологічних дослідженнях [1].

Для вимірювання мікровитрат та малих швидкостей рідин може застосовуватись мітковий метод, який передбачає додаткове внесення домішки-мітки в рідину або створення теплових міток у потоці рідини локальним нагрівом у окремих точках з наступним вимірюванням часу проходження міткою контрольної відстані. Недоліком такого методу є необхідність поповнення запасу речовини, що служить джерелом міток. Використання теплових міток може бути утруднено при вимірюванні витрат рідин, що містять живі клітини або інші компоненти, чутливі до температурного режиму, оскільки може призвести до спотворення результатів мікробіологічних вимірювань і досліджень.

При вимірюванні швидкості або витрати рідин, що містять мікроорганізми розмірами 5...100 мкм,

часто водночас стоїть задача їх розпізнавання й визначення кількості.

Отже, існує потреба в способі вимірювання швидкості, який не передбачає додаткового нагріву рідини, що впливає на розвиток мікроорганізмів у ній, та введенні інших речовин, які можуть впливати на фізичні та хімічні показники якості аналізованої води.

## II. СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ

Для здійснення пропонованого способу вимірювання швидкості було використано систему підрахунку та розпізнавання мікропланктону (fig. 1) [2].

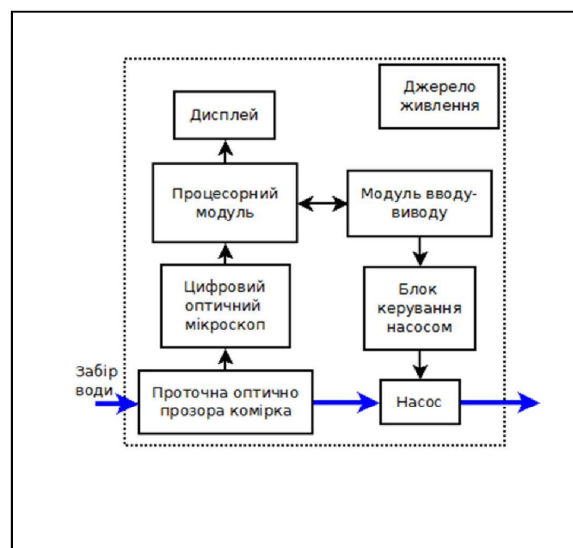


Рисунок 1. Структурна схема вимірювальної системи

Вона складається з оптично прозорої проточної комірки, через яку низькопродуктивним перистальтичним насосом прокачується аналізована вода; цифровий оптичний мікроскоп формує відеопотік і зображенням мікроскопічних частинок у воді, яка рухається в полі зору мікроскопа, та надсилає його процесорному модулю; процесорний модуль виконує програму розпізнавання об'єктів і підрахунку кількості та виводить результат на дисплей. Процесорний модуль через модуль вводу-виводу та блок керування насосом формує задане середнє значення напруги на приводі насоса, від якої залежить швидкість обертання насоса та його продуктивність.

Швидкість протікання води в полі зору мікроскопа через оптично прозору проточну комірку визначає відстань, яку пройде об'єкт у воді за час витримки кадру, й відповідно чіткість отриманого відеокадру. Падіння чіткості зображення, що використовується для розпізнавання за допомогою комп'ютерного зору, має значні негативні наслідки: збільшення похибки визначення геометричних параметрів, розпізнавання одного об'єкта як декількох менших тощо.

Суть роботи системи вимірювання швидкості наступна: природи координат відстежуваних об'єктів за проміжок часу, що пройшов між сусідніми кадрами, усереднюються та групуються за діапазонами значень і при обчисленні швидкості використовується переміщення найчисленнішої групи. Оскільки нерухомі організми мікропланктону рухаються зі швидкістю течії, а організми зоопланктону можуть рухатись в будь-якому напрямку із відмінною від течії швидкістю, то швидкість руху води визначається як швидкість руху найбільшої групи, адже саме руху за течією властиві рівні вектори швидкості мікроорганізмів. Ймовірність же того, що всі організми мікрозоопланктону рухатимуться з однією швидкістю й в одному напрямку в кількості, більшій, ніж кількість фітопланктону в кадрі, є надзвичайно малою.

В якості давача швидкості води використовується той самий мікроскоп, що і для аналізу, це дозволяє вимірювати швидкість з малим порогом чутливості та високою роздільною здатністю (близько 0,5 мкм/с у використаному в системі мікроскопі) вимірювати швидкість за наступним алгоритмом:

- 1) отримання кадру з мікроскопу;
- 2) перетворення кольорового зображення в одноканальне (відтінки сірого);
- 3) перетворення зображення з відтінків сірого в бінарне (чорно-біле) застосуванням порогового фільтра;
- 4) виділення замкнутих контурів;
- 4) визначення координат центрів контурів;
- 5) пошук нових, оновлення координат існуючих та видалення зниклих контурів порівнянням з координатами об'єктів на попередньому кадрі;

6) визначення переміщення об'єктів за час між сусідніми кадрами;

7) обчислення сумарного за  $m$  кадрів переміщення;

8) градація переміщень за кількістю об'єктів з таким переміщенням (fig. 2);

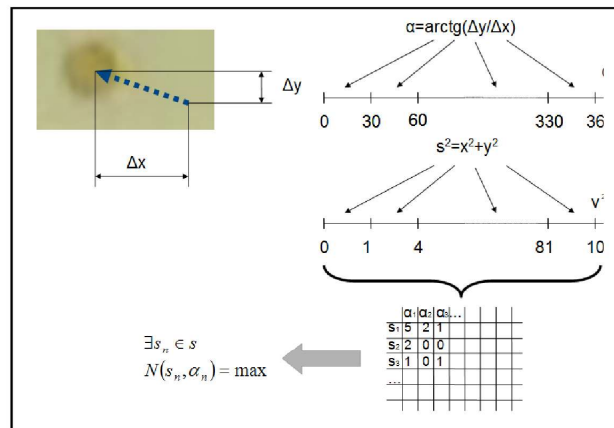


Рисунок 2. Визначення переміщення потоку води

9) вибір значення переміщення  $s_n$  з найбільшою кількістю об'єктів та обчислення відповідної йому швидкості при поточній частоті кадрів  $f$  ( $25 \text{ c}^{-1}$  у використаному в системі мікроскопі) за формулою

$$v = \frac{s_n \cdot f}{m} \quad (1)$$

Верхня межа вимірювання швидкості визначається чіткістю відеокadrів з об'єктами в рідині, яка в свою чергу залежить від часу витримки кадру. При надмірній витримці кадру об'єкти на відео мають розмиті межі, що спричиняє зменшення точності визначення координат об'єктів і їх переміщення.

### III. ВИСНОВКИ

Запропонований спосіб вимірювання швидкості рідини не потребує додаткового апаратного забезпечення для вимірювання швидкості, якщо мікроскоп і відеокамера вже використовуються з метою розпізнавання та класифікації. За наявності в потоці мікроорганізмів, що рухаються самостійно відносно потоку, запропонований спосіб дозволяє точніше, ніж мітковий, визначати швидкість потоку за швидкістю найчисельнішої групи об'єктів. Запропонована система може використовуватись для вимірювання малих швидкостей прозорих рідин з тонкодисперсними домішками розміром 5...100 мкм.

### ЛІТЕРАТУРА

[1] ISO 2975-6:1977. Measurement of water flow in closed conduits — Tracer methods — Part 6: Transit time method using non-radioactive tracers

[2] Реут Д. Т., Древецький В. В. Використання нейронних мереж при вимірюванні концентрації організмів мікропланктону у неперервному потоці води. *Вісник Інженерної академії України*. 2019. № 4. С. 96–99.