

## МЕТОДИ ДОПЛЕРІВСЬКОЇ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

**Сосницька Н.Л.,**

доктор педагогічних наук, професор

**Морозов М.В.,**

кандидат фіз.-мат. наук, доцент

**Мовчан С.І.,**

кандидат технічних наук, доцент

Таврійський державний  
агротехнологічний університет,  
м. Мелітополь

Визначення головних гідромеханічних параметрів частинок водних розчинів є однією із важливих технічних і технологічних задач, які вирішуються в роботі систем повторно обігового використання води в промисловому виробництві. Пояснюється це тим, що оптико-механічні системи є основою для розроблення та експлуатації систем керування та оцінки якості водоочисного обладнання.

При розробці та використанні електрохімічних технологій очищення стічних вод гальванічного виробництва від іонів хрому важливе значення має визначення гідромеханічних параметрів частинок домішок, а саме швидкості, ефективного діаметра та концентрації. Лазерна доплерівська інтерферометрія є одним з найбільш точних методів вимірювання швидкості.

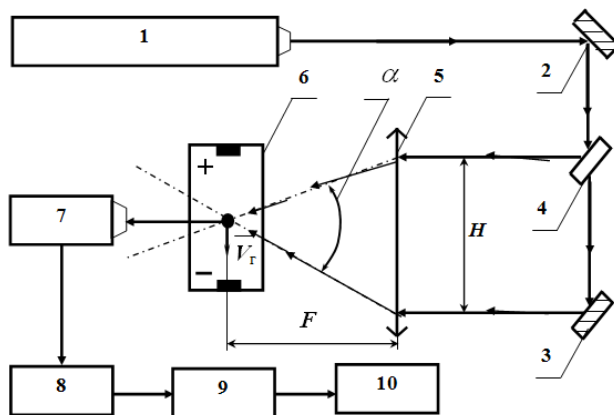


Рис. 1. Оптична схема лазерного доплерівського інтерферометра для визначення швидкості частинок домішок водних розчинів:

- 1 – джерело когерентного випромінювання гелій-неонового лазера ЛГН-222; 2,3 – дзеркала; 4 – світлоподільник; 5 – лінза; 6 – камера з розчином для досліджень; 7 – фотоприймач (ФЕП 84-5); 8 – цифровий запам'ятовуючий осцилограф; 9 – аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 10 – персональний комп'ютер (ПК)

При застосуванні цього метода досягається максимальне просторове та часове розділення. Тому подальші дослідження, які спрямовані на вдосконалення та розширення функціональних можливостей метода лазерної інтерферометрії є актуальними [1]. Застосована модифіцирована диференціальна оптична схема (рис.1) доплерівського інтерферометра [2, с. 307].

В основі вимірювання швидкості лежить ефект Доплера. Частота доплерівського сигналу дорівнює:

$$\varphi = \frac{2v}{\lambda} \sin \alpha / 2' \quad (1)$$

де  $v$  - швидкість частинки;  $\lambda$  - довжина хвилі лазерного випромінювання;  $\alpha$  - кут між двома променями, які освітлюють частинку та утворюють систему інтерференційних смуг.

В роботі [3] зроблено математичне комп'ютерне моделювання процесу вимірювання та обробки експериментальних результатів, що дозволяє оптимізувати параметри лазерної вимірювальної установки і автоматизувати визначення параметрів частинок. Величина електрокінетичного дзета-потенціалу частинок домішок визначається за формулою Смолюховського:

$$\xi = \frac{3\eta \cdot v_1}{2\varepsilon\varepsilon_0 E} \quad (2)$$

де  $\eta$  - в'язкість рідини;  $\varepsilon$  - відносна діелектрична проникність;  $\varepsilon_0$  - електрична стала;  $E$  - напруженість електричного поля;  $v_1$  - горизонтальна електрофоретична швидкість.

Якщо визначити вертикальну складову швидкості  $v_2$  для процесу седиментації [4], використовуючи формулу Стокса, визначаємо ефективний діаметр частинки:

$$D = \sqrt{\frac{18 \cdot \eta \cdot v_2}{g(\rho - \rho_1)}} \quad (3)$$

де  $g=9,81 \text{ м/с}^2$  - прискорення вільного падіння;  $\rho$  - густина частинок домішок;  $\rho_1$  - густина розчину.

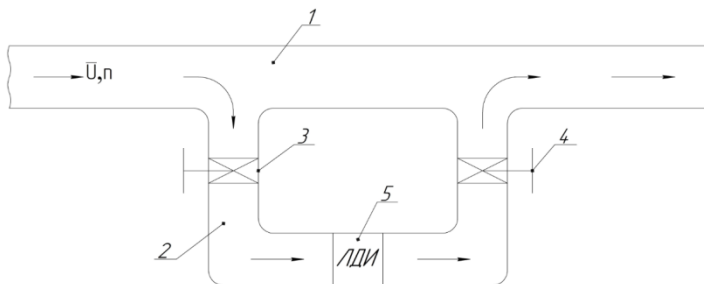


Рис. 2. Схема визначення концентрації частинок домішок та контролю якості очищення стічних вод гальванічного виробництва:  
1 - магістральний трубопровід; 2 - допоміжний вимірювальний трубопровід;  
3, 4 - крани; 5 - лазерний доплерівський інтерферометр

Для контролю якості очищення стічних вод гальванічного виробництва необхідно визначати концентрацію частинок домішок [5] до та після очищення. Вимірювальна камера розташовується на допоміжному трубопроводі (рис. 2), який приєднаний до магістрального трубопроводу системи водопостачання [6].

Використання аналого-цифрового перетворювача електричного доплерівського сигналу з виходу фотоприймача забезпечує можливість автоматизації процесу вимірювання та обробки експериментальних даних у реальному часі [7].

Таким чином, метод доплерівської інтерферометрії використовується для контролю якості очищення стічних вод гальванічного виробництва шляхом вимірювання концентрації частинок домішок.

### Література

1. Коронкевич В.П. Лазерные интерферометрические и дифракционные системы /В.П.Коронкевич [и др.]//Компьютерная оптика. - 2010. -Том 34, № 1.- с.4 – 23.
2. Байбородин Ю.В. Основы лазерной техники/Ю.В. Байбородин.- К.: Вища шк., 1988.- 383 с.
3. Морозов М. В. Моделювання процесу вимірювання гідромеханічних параметрів частинок в лазерній доплерівській інтерферометрії / М.В.Морозов, С.І.Мовчан // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наук. фах. видання / ТДАТУ. - Мелітополь, 2010. - Вип. 10, Т. 8: Моделювання технологічних процесів в АПК: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. - с. 256-264.
4. Патент на корисну модель № 89040 Україна, МПК7 (2014.01) G01 N 15/00. Спосіб вимірювання швидкості частинок у розчині [текст]: / М.В. Морозов, Л.Є. Нікіфорова, С.І. Мовчан. – Заявка № u 2013 12593; заявл. 28. 10. 2013, опубл. 10.04.2014, Бюл. №7.
5. Патент на корисну модель № 86614. Україна, МПК7 (2013.01) G01 № 15/00. Спосіб контролю якості очищення стічних вод [текст]: /С.М. Епоян, М.В. Морозов, С.І. Мовчан.- Заявка № 2013 06821; заявл. 31.05.2013, опубл. 10.01.2014, Бюл. №1.
6. Патент на корисну модель № 96828. Україна, МПК7 (2015.01) G01 N15/00. Пристрій для визначення кількості частинок домішок у воді [текст]: / С.І.Мовчан, С.С. Васюренко, М.В. Морозов. – Заявка № u 2014 06696; заявл. 16.06.2014. опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4.
7. Авторські права на твір. Свідоцтво № 70439. Комп'ютерне моделювання й вимірювання параметрів частинок домішок в прозорих рідинах за допомогою багатофункціональних оптичних систем [текст]: / М.В. Морозов, С.І. Мовчан / Заявка № 71112. Від 19.12.2016 р. Дата реєстрації 14.02.2017 р.