

УДК 681.2.082+621.6.03

Б10 в 682 + Б253, 380. 480. 221

<sup>1</sup>В.В. Матиборський, канд. техн. наук<sup>2</sup>М.Б. Смирнитська, канд. техн. наук

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СПОСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РІДИНИ В СТРУКТУРІ КОНТРОЛЮ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет, safety2002@nau.edu.ua<sup>2</sup>Українська інженерно-педагогічна академія

*Розглянуто необхідність комплектації органів екологічного контролю пристроями вимірювання параметрів контрольованих рідких середовищ. Проведено аналіз можливості розв'язання цієї задачі за допомогою пристроїв на основі електричного способу вимірювання параметрів рідини.*

Одним зі стратегічних завдань, яке стоїть перед Україною, є формування збалансованої системи природокористування, екологізація всіх видів діяльності суспільства.

У сучасних умовах за органами самоврядування закріплюється функція володіння природними ресурсами, за підприємствами недержавної форми власності – функція їх використання. Поява і зростання масової частки приватної власності в усіх галузях промисловості створює складності в питаннях контролю екологічної обстановки регіону. Виникає необхідність створення механізму вартісної оцінки для кожного підприємства об'єму використаних природних ресурсів з урахуванням їхнього залишкового стану, ступеня забруднення і впливу на загальний екологічний стан регіону.

Перешкодою для здійснення такої комплексної оцінки впливу виробничої діяльності на стан навколишнього середовища органами екологічного контролю на місцях є відсутність упорядкованого аналізу, обробки й оформлення результатів контролю. Для збереження повної і достовірної інформації про реальні обсяги забруднень внаслідок діяльності підприємств конкретного регіону необхідно сформулювати банк даних, що дозволило б підвищити рівень оцінки і прогнозування екологічної ситуації.

Неодмінна умова, що сприяє розв'язанню розглянутої задачі, є створення інформаційно-вимірювальної системи, укомплектованої достатньою кількістю простих, зручних в експлуатації, недорогих пристроїв для вимірювання параметрів контрольованих речовин (твердих, рідких, газоподібних).

Складність внутрішньої природи рідкого середовища спричиняє необхідність вимірів сукупностей величин, наприклад, витрат і концентрацій, за допомогою мінімальної кількості засобів вимірювання з інформацією у вигляді електричних сигналів із таких причин:

- обмеженість доступу до контрольованого об'єкта (рідина, що тече в трубопроводі);
- необхідність синхронного вимірювання контрольованих параметрів з метою одержання повноцінної і надійної інформації про потік;
- поліпшені умови узгодження засобів вимірювання з інформаційно-вимірювальною системою;
- менші фінансові витрати.

Отже, завдання поліпшення експлуатаційних характеристик первинних перетворювачів електричних параметрів рідин актуальне разом з електричними способами контролю витрати. Ті й інші засновані на процесі вимірювання електричних параметрів, можуть бути поєднані в одному пристрої і бути ефективніше альтернативних способів (фізико-механічних, оптичних, теплових, радіаційних) завдяки їхній точності, відносній простоті реалізації і відповідно невеликої енерго-, матеріалоемності, невисокій вартості. Розглянемо можливості електричного способу вимірювання швидкості рідини.

Докладний огляд існуючих способів вимірювання швидкості (витрати) рідини наведено в роботі [1]. Умовно електричні способи вимірювання витрати можна розбити на три групи:

- 1) вимірювання опору рідини;
- 2) вимірювання різниці потенціалів двох електродів, що контактують з рідиною;
- 3) вимірювання струму в міжелектродному просторі.

У разі першого способу вимірюється опір контрольованого середовища, що рухається з невідомою швидкістю, і зіставляється з опором "еталона". Пристрої, що реалізують спосіб вимірювання опору рідини, відрізняються залежно від якого параметра контрольованої рідини "еталон" використовується для визначення швидкості потоку. Основними труднощами цього способу є забезпечення незалежності "еталона" від зміни фізико-хімічних властивос-

тей середовища, які не використані у процесі вимірювання.

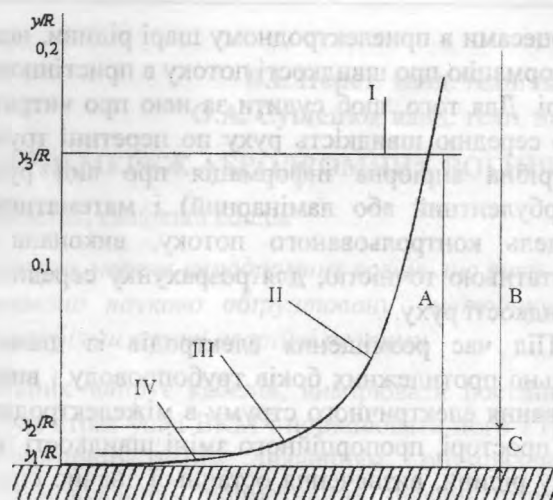
Різниця потенціалів обумовлена процесами в приелектродному шарі рідини. Який процес буде прийнятий за інформативний і відповідно яка складова вимірюваної напруги буде виділена для визначення витрати, залежить від розходження пристроїв, використовуваних у другому способі вимірювання. У дисертації [1] показано, що приелектродний шар можна застосовувати як супутній інформативний параметр. Як основний він перетворює пошук залежності вимірюваної напруги від швидкості потоку в складну дослідну задачу.

Пристрої розрізняються за способами створення електричного поля в рідині. Його причиною може бути фізичне явище або постійна напруга, подана на електроди, або високочастотний імпульс. Чим більше простір по діаметрі трубопроводу охоплює струм, що протікає в рідині, тим більше інформації несе він про потік. Якщо зменшити вплив процесів у приелектродному шарі і компенсувати залежність величини струму від зміни температури, вимірювання витрати третім способом буде найбільш достовірним. До того ж він зажадає меншої апаратної реалізації.

Перспективним напрямом дослідження є електричний спосіб вимірювання витрати, у якому вимір здійснюється в одному об'ємному вимірювальному просторі потоку рідини, утвореним електродами, розміщеними з діаметрально протилежних боків трубопроводу. Обґрунтуємо це твердження.

Розрізняють два види руху рідини по трубопроводу: ламінарний і турбулентний. Під час ламінарного режиму руху в круглих трубах швидкість розподіляється по перетині відповідно до параболічного закону [2].

У разі турбулентного режиму руху частки рідини перемішуються між собою, а швидкість у будь-якій точці потоку постійно змінюється як по напрямку, так і по величині [2]. Турбулентний рух є несталим, але введення поняття місцевої осередненої швидкості дозволяє вважати його квазіусталеним (умовно усталеним). Структура турбулентності істотно змінюється і по перетину каналу. Найбільш швидкі зміни відбуваються в безпосередній близькості до стінки. Графік профілю швидкості дозволяє виявити кілька областей, на які можна розділити течію у каналі (див. рисунок). У розглянутому випадку течії в круглій трубці швидкість переважно змінюється в області, що займає 15% радіуса труби. Розмір області, що безпосередньо прилягає до стінки, на



Зміна середньої швидкості біля гладкої стінки труби:

I – ядро течії; II – повністю турбулентний шар; III – буферний шар; IV – в'язкий підшар;  
A – пристінний шар; B – в'язкий шар; C – повністю турбулентна течія

рисунок показано у збільшеному масштабі. Насправді товщина областей IV і III складає лише дуже малу частину радіуса, наприклад,  $y_{IV}/R \approx 0,001$  і  $y_{III}/R \approx 0,01$  при  $Re_a = 10^3$ . Розглянемо послідовно області, зазначені на рисунку.

У розвитій течії область I турбулентного ядра цілком турбулентна, однак на відміну від логарифмічного шару течія тут визначається впливом усього периметру труби.

В області II цілком турбулентному шарі течія ще визначається ефектом стінки, однак турбулентність розвита вже в такому ступені, що в'язкими напругами можна знехтувати. Зміна середньої швидкості в області II практично діє за логарифмічним законом, тому область II часто називають логарифмічним шаром.

В області III проміжного (буферного) шару в'язки і турбулентні напруги порівнянні за величиною. Цей шар іноді називають прохідною областю.

В області IV в'язкого підшару турбулентна напруга дуже мала. Зміна середньої швидкості визначається коефіцієнтом молекулярної в'язкості, і вона практично лінійна, як і в ламінарному потоці. Область IV також називають лінійним або ламінарним підшаром.

Області II, III, IV утворюють пристінний шар, структура якого майже однакова для течій у трубах і каналах, прикордонних шарах, що розвиваються і пристінних струменях. Приелектродний шар рідини має товщину порядку  $10^{-3}$ – $10^{-2}$  см, що становить для труби діаметром півдюйма 1,5% радіуса труби. Отже, вимірювання електричних параметрів, обумовлених

процесами в приелектродному шарі рідини, несе інформацію про швидкості потоку в пристінному шарі. Для того, щоб судити за нею про витрату або середню швидкість руху по перетині труби потрібна апріорна інформація про вид руху (турбулентний або ламінарний) і математична модель контрольованого потоку, виконана з достатньою точністю, для розрахунку середньої швидкості руху.

Під час розміщення електродів із діаметрально протилежних боків трубопроводу і вимірювання електричного струму в міжелектродному просторі, пропорційного зміні швидкості потоку рідини, визначення останньої значно спрощується. Якщо при цьому принцип вимірювання припускає порівняння струмів, що протікають не в одному об'ємному просторі рідини, для одержання достовірного результату епіюра швидкостей повинна бути симетричною. Різні місцеві опори (коліна, засувки, вентиля, трійники тощо) спотворюють нормальну (симетричну) епіюру швидкостей, зміщують максимальну швидкість з осі труби. Деякі місцеві опори, наприклад, просторові коліна створюють "закручення" потоку, додаючи йому обертальний рух. У потоках із перекрученою структурою розподіл швидкостей, узятий у двох різних перетинах, – не еквівалентний. Отже, порушення симетричності і обертання потоку вносять додаткову похибку в процес вимірювання. Для її усунення або обмовляється довжина ділянки стабілізації потоку, або вводяться корективи на похибку пристрою. Перша умова різко звужує сферу застосування, а друге ускладнює конструкцію пристрою. Тоді вимірювання електричних параметрів рідини в одному вимірювальному просторі є найбільш оптимальним.

В.В. Матиборский, М.Б. Смирнитская

Перспективы использования электрического способа измерения параметров жидкости в структуре контроля состояния окружающей среды

Рассмотрена необходимость комплектации органов экологического контроля устройствами измерения параметров контролируемых жидких сред. Выполнен анализ возможности решения этой задачи с помощью устройств на основе электрического способа измерения параметров жидкости.

V.V. Matiborsky, M.B. Smirnitska

The perspectives of an electrical method of liquid parameters measurement in the frames of environment control

In the article is spoken that the organs realizing ecological monitoring, feel necessity of gears for a measurement of parameters of liquids. The possibility of a solution of this problem with the help of devices, realizing an electrical method of a measurement of parameters of a liquid analyzed.

У розробленому способі електричного вимірювання швидкості потоку рідини підвищення точності результатів вимірювання [3] і незалежність показань швидкості (витрати) потоку рідини від зміни провідності досягається так: одночасно вимірюється в одному об'ємі рідини постійний струм, пропорційний провідності і швидкості руху рідини, і змінний струм, пропорційний провідності. Порівнюючи ці струми, визначають швидкість (витрату) потоку рідини.

Результати лабораторних досліджень і промислових випробувань дослідного зразка пристрою, що реалізує даний спосіб на рідких середовищах із суспензіями до 10 г/л, питній і технічній воді шляхом почергового установа перетворювача на діаметри 25, 36 і 50 мм в умовах збагачувальної фабрики ВАТ "Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат", показали достатню надійність і точність способу, можливість його використання в схемах контролю параметрів нейтральних, слабоагресивних рідких середовищ і рідин із суспензіями.

#### Список літератури

1. *Смирнитська М.Б.* Пристрій та метод електричного контролю параметрів рідини: Дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13. Харків, 1999. – 204 с.
2. *Справочник по гидравлике / В.А. Большаков. Ю.М. Константинов, В.Н. Попов, В.Ю. Даденков /* Под ред. В.А. Большакова. – К.: Вища шк., 1977. – 280 с.
3. *Пат. 30052А UA, МПК 6 G01F 1/64.* Перетворювач витрат електричного витратоміра / Б.В. Смирнитський, М.Б. Смирнитська, В.П. Себко (Україна). – № 97125979; Заявлено 10.12.97; Опубл. 15.11.2000, Бюл. № 6–II. – 6 с.

Стаття надійшла до редакції 30.06.03.