

Вимірювання та контроль параметрів рН та Eh при очищенні води

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.125>

Леонід Филипчук

Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна
l.v.fylypchuk@nuwm.edu.ua

Максим Котик

Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна
kotyk.m_ak23@nuwm.edu.ua

Анотація - Досліджено існуючий стан процесів вимірювання параметрів рН та Eh при реагентному очищенні стічних вод. Досліджено залежність цих параметрів один від одного та їх вплив на даний процес. Обґрунтовано необхідність застосування систем автоматичного контролю даних параметрів для забезпечення штатного проходження технологічного процесу та запобігання негативного впливу на працівників через недопустимі відхилення даних параметрів. Запропоновано систему контролю на основі сучасних апаратних засобів. Уточнено дії щодо їх коректної роботи, правильної експлуатації та захисту в умовах високої забрудненості стічних вод.

Ключові слова - системи контролю, очищення стічних вод, автоматизація

I. ВСТУП

Величини рН та Eh є важливими комплексними показниками властивостей природних та стічних вод. Ці величини дозволяють оцінити окисно-відновний режим води у водоймах, забруднення її продуктами розкладу органічних речовин, стоками промислових підприємств, стан рідкої та твердої фаз на очисних спорудах.

Ці параметри впливають на самі різноманітні сторони фізико-хімічних і біохімічних процесів, що протікають при очистці води від різних забруднень. Так процеси окислення, відновлення, дисоціації, комплексоутворення потребують зміни рН та Eh, оскільки цим самим можна змінювати потенціал, напрямок та швидкість хімічних реакцій, окисно-відновну здатність речовин, міцність комплексних сполук [1-4].

Таким чином, параметри рН та Eh істотно впливають на самі різноманітні сторони фізико-хімічних процесів, що відбуваються в гетерогенних і гомогенних водних системах, регулювання яких дозволяє цілеспрямовано здійснювати процеси очистки стічних вод від різноманітних забруднень.

II. Існуючий стан та мета

Криві зміни рН та Eh мають виражений нелінійний характер, що обумовлюється логарифмічною залежністю такої зміни від дози реагенту. Окрім того, існує взаємовплив між рН і Eh [6] (зміна величини рН на одну одиницю призводить

до протилежної зміни величини Eh на 58 mV та навпаки, що додатково ускладнює регулювання цих параметрів). Така складна залежність обумовлює необхідність застосування відповідних автоматичних пристроїв для дозування і контролю параметрів рН та Eh, а також надійності використання датчиків, які вимірюють значення цих параметрів, в умовах високої забрудненості стічних вод.

Мета роботи полягає в аналізі існуючих систем контролю параметрів рН та Eh та виборі найбільш надійних методів забезпечення роботи датчиків в умовах високої забрудненості природних та стічних вод.

III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

З відомих способів вимірювання рН та Eh на даний час у промислових умовах використовують потенціометричний метод. Принцип його полягає в тому, що вимірюється електричний потенціал, що виникає на парі електродів, занурених в розчин. Величина потенціалу залежить від активної концентрації іонів.

При вимірюванні рН електродна пара складається з вимірювального скляного і порівнювального каломельного чи хлорсрібляного електродів. Важлива особливість скляного електрода, що вигідно відрізняє його від інших, заключається в тому, що окисно-відновні процеси, які часто протікають одночасно з контрольованими, не призводять до виникнення на ньому потенціалу. Така вибірковість дозволяє використовувати скляний електрод для вимірювання величини рН у вельми різноманітних процесах. Величина Eh вимірюється подібним чином за допомогою платинового електрода. У приладах використовують автоматичну чи ручну температурну компенсацію.

При використанні датчика з контрольним приладом необхідно провести калібрування показів вимірювання, при якому узгоджуються покази сигналу з датчика з реальним значенням показника стічної води. [5-6].

Сучасні датчики характеризуються покращеними показниками якості та надійності, а саме: пориста мембрана стійка до забруднення та дії

хімічних реагентів; подвійна мембрана базового електроду підвищує термін служби у ситуаціях, коли має місце підвищений вміст сульфідів (H_2S) та металів, таких як олово, ртуть та срібло; новий тип твердого електроліту забезпечує базовий потенціальний контакт в умовах різних тиску і температури під час вимірювань; для точної компенсації впливу температури на процес вимірювань pH та Eh використовується температурний датчик нової капілярної конструкції Pt100, який розміщується після чутливої мембрани; механічний захист рівня IP68 захищає високоімпедансний сигнал електродів від вологості, яка може генеруватися в умовах занурення електроду (конденсації).

Для захисту датчиків від механічних пошкоджень та зменшення турбулентності потоку, створеного змішуванням стоків із реагентами, використовується захисна занурена арматура. Вона також призначена для встановлення датчиків в важкодоступні глибокі точки змішувачів-реакторів на спеціальних штангах довжиною 2-4 м.

Незалежно від типу датчика, при його постійній експлуатації всередині змішувача-реактора, де протікає процес змішування води з реагентами, його поверхня забруднюється, частково покривається шаром зважених частинок, і через це частково або повністю втрачає здатність об'єктивно вимірювати необхідну величину параметру. Наприклад, в оборотних системах водопостачання підприємств швидкість відкладень карбонату кальцію є такою, що вони з'являються відразу після перших витків нагрівання і охолодження оборотної води.

Навіть при застосуванні систем автоматизованого дозування реагентів зниження чутливості датчиків внаслідок їх забруднення осадами зводить нанівець ефективність регулювання pH та Eh.

Для усунення даного недоліку чутливий елемент датчика необхідно очищати. У світовій практиці застосовують три основні способи очищення електродів. Перший спосіб полягає в періодичній подачі струменя води в нижню частину електроду для змиву відкладеного осаду. Однак цей спосіб практично не відновлює функціональний стан електроду при відкладенні липкого або кристалічного осаду. Другий спосіб полягає в механічному очищенні нижньої частини електроду за допомогою щітки, що обертається. Недоліком цього способу є те, що постійне тертя щітки змінює чутливість електроду, особливо платинового. Позитивною стороною перших двох способів є те, що вони не потребують демонтажу електродної системи. Як показує досвід, найбільш дієвим є третій спосіб, який полягає у зупинці змішувача-реактора, демонтажі і витягуванні штангу з електродами, зняття електродів і відмочування їх у розчині соляної кислоти з наступною промивкою. Однак такий спосіб є достатньо трудомістким, небезпечним і неприйнятним при відсутності резервних

змішувачів-реакторів або цілодобової роботи очисних споруд.

Найбільш дієвим способом відновлення чутливості є прокачка спеціальним насосом малої кількості води, яка обробляється у змішувачі-реакторі, через електроди, розміщені ззовні змішувача-реактора у спеціальній прозорій камері, наприклад, безпосередньо на корпусі змішувача (рис. 3). Це дозволяє спостерігати за станом електрода і швидко замінювати його на інший без зупинки роботи реактора-змішувача і використання громіздких штанг з подальшим відновленням чутливості знятого датчика в лабораторних умовах.

Зовнішня система контролю pH та Eh була впроваджена на ряді підприємств при очищенні стічних вод гальванічних виробництв від іонів важких металів. Тривала експлуатація такої системи показала її високу надійність та ефективність.

ВИСНОВКИ

Системи контролю та регулювання pH та Eh широко використовуються в технології очищення води від різноманітних забруднень. Ефективність функціонування даних систем значно залежить від ступеня забруднення електродів, які вимірюють параметри, що контролюються під час очищення води.

Найбільш дієвим з точки зору відновлення чутливості забруднених електродів pH та Eh є їх зовнішнє розміщення безпосередньо на корпусі змішувача-реактора у спеціальній прозорій камері з прокачкою спеціальним насосом малої витрати стічної води, що обробляється реагентами. Така система дозволяє відмовитись від громіздких конструкцій і періодичної зупинки змішувачів-реакторів та забезпечити надійність та ефективність експлуатації датчиків та системи контролю в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Corbella C., Garfi M., Puigagut J. Vertical redox profiles in treatment wetlands as function of hydraulic regime and macrophytes presence / C. Corbella, M. Garfi, J. Puigagut // *Science of the Total Environment*. — 2014. Vol. 470–471. — P. 754–758
- [2] Wiessner A., Kappelmeyer U., Kusch P., Kästner M. Sulphate reduction and the removal of carbon and ammonia in a laboratory-scale constructed wetland / A. Wiessner, U. Kappelmeyer, P. Kusch, M. Kästner // *Water Research*. — 2005. — Vol. 39, No. 19. — P. 4643–4650.
- [3] Sun X., Yuan W., Jin K., Zhang Y. Control of the redox potential by microcontroller technology: researching the leaching of chalcocopyrite / X. Sun, W. Yuan, K. Jin, Y. Zhang // *Minerals*. — 2021. — Vol. 11, No. 4. — Art. 382.
- [4] Koch F. A., Oldham W. K. Oxidation-reduction potential — a tool for monitoring, control and optimization of biological nutrient removal systems / F. A. Koch, W. K. Oldham // *Water Science and Technology*. — 1985. — Vol. 17, No. 2–3. — P. 259–278.
- [5] Филипчук В. Л. Очищення багатокомпонентних металомішуючих стічних вод промислових підприємств / В. Л. Филипчук. — Рівне : УДУВГП, 2004. — 232 с
- [6] Филипчук В.Л., Древецький В.В., Филипчук Л.В., Клепач М.І. Природоохоронні системи очищення металовмісних стічних вод та автоматизоване регулювання їх параметрів. Монографія. — Рівне : НУВГП, 2016. — 288 с.