

## **Автоматизація процесу регулювання рН та Eh при очистці стічних вод від важких металів**

*Л.В.Филипчук, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне*

Регулювання величин активної реакції (рН) та окисно-відновного потенціалу (Eh) водного середовища відіграє важливу роль при очистці стічних вод від різних забруднюючих домішок, в тому числі важких металів. Величини рН та Eh змінюються внаслідок дозування хімічних реагентів або в результаті змішування різних категорій стоків. Зокрема, якщо при змішуванні сильних кислот та основ зміна рН середовища має логарифмічну залежність від концентрації іонів водню, то при очищенні стічних вод зміна цього параметру має більш складний характер. Оскільки осадження важких металів протікає в перехідній області рН, то контроль за зміною та досягненням потрібного значення рН при очистці води буде значно ускладненим. Особливо утрудненим є процес регулювання рН при зміні цієї величини від граничних областей до перехідної області. Подібні ускладнення спостерігаються також при зміні Eh середовища.

Аналіз даної проблеми показав, що особливо ускладнюється процес регулювання рН та Eh при значних коливаннях показників якості вхідної стічної води, зокрема концентрації важких металів, значень рН та Eh, її буферності, що є характерним для більшості стічних вод. Для забезпечення дозування потрібної кількості реагенту і відповідно для ефективного проходження процесу регулювання рН та Eh використовується автоматизоване управління технологічними процесами. Дана система надає можливість точного досягнення потрібного значення цих параметрів, визначає повноту осадження важких металів і подальше якісне їх вилучення з водного середовища шляхом осадження і фільтрування.

В сучасних умовах використовуються системи автоматизованого регулювання, що враховують коливання вхідних величин рН та Eh. Однак при різких змінах цих параметрів такі системи не спроможні ефективно забезпечити досягання необхідних для очищення води значень.

Метою даної роботи є створення автоматизованої системи регулювання величин рН та Eh для забезпечення ефективного очищення стічних вод від важких металів.

Для забезпечення необхідної точності у регулюванні рекомендується система автоматичного дозування реагенту із застосуванням засобів, які підтримують пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) закон регулювання із використанням принципу динамічних коефіцієнтів. На відміну від звичайного ПІД-регулятора, коефіцієнти пропорційної, інтегральної та диференціальної складової змінюються автоматично в процесі регулювання залежно від поточного за заданого значень рН. Це дозволяє більш плавно та швидко регулювати рН, суттєво зменшити перерегулювання і за рахунок цього оптимізувати витрату реагенту в залежності від вихідних показників стічної води.

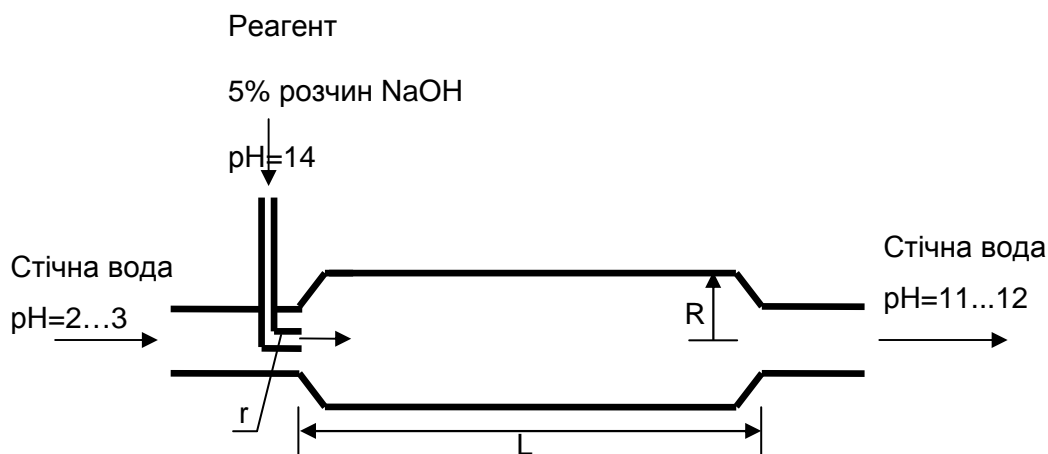
Було проведено комп'ютерне моделювання системи автоматизованого регулювання з динамічними коефіцієнтами. Дана система має досить високу

ефективність щодо стабільності та якості регулювання подачі реагенту при різких змінах значень параметрів на вході та нелінійності перехідної характеристики.

Для зняття характеристик регулювання рН та Eh було проведено експериментальні дослідження у виробничих умовах на ТзОВ «Мелітопольський завод підшипників ковзання», в технологічній схемі якого використовується гідравлічний змішувач-реактор перегородчастого типу. В ході експерименту знімалися розгінні характеристики змішувача-реактора, як об'єкта регулювання. Експерименти проводилися при знятті показань в чотирьох точках та при додаванні різної кількості реагенту. З графіків можна зробити висновок про те, що ефективність змішування залежить від геометричних розмірів складових змішувача-реактора та від дозування необхідної кількості реагенту заданої концентрації.

Однак встановлення потрібних значень рН та Eh у цих випадках при існуючих схемах автоматичного регулювання є вельми проблематичним через відсутність врахування при проектуванні системи керування особливостей характеристик вхідної стічної води.

Складність фізико-хімічних процесів, що відбуваються в змішувачах-реакторах при застосуванні систем автоматичного регулювання, вимагає їх детального аналізу та комп'ютерного моделювання. Розглянемо гідравлічний змішувач-реактор трубчастого типу, в якому рухається кисла стічна вода (рис. 1). Для нейтралізації води по центру змішувача-реактора за допомогою тонкої трубки в напрямку руху потоку води подається лужний рідкий реагент. При потраплянні реагенту в змішувачі відбувається його перемішування із забрудненою водою, ефективність якого визначається коефіцієнтом віртуальної дифузії  $D_L$ .



**Рис. 1** - Схема гідравлічного змішувача-реактора трубчастого типу.

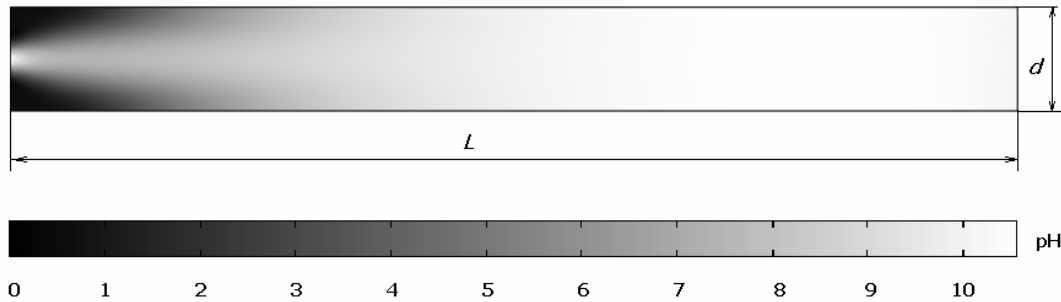
За цих умов процеси змішування води з реагентом у трубчастому реакторі описується рівнянням дифузії:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_L \nabla^2 C - U \nabla C - KC$$

де  $\frac{\partial C}{\partial t}$ ,  $D_L \nabla^2 C$ ,  $U \nabla C$ ,  $KC$  - відповідно члени, що враховують зміну концентрації реагенту з часом, перемішування, зміну концентрації в результаті переносу та швидкість протікання реакції. Оскільки витрати реагенту досить малі в порів-

нянні із витратами стоків приймаємо швидкості потоку в реакторі сталою  $U(x, r) = const$ .

Комп'ютерне моделювання процесу змішування згідно наведених рівнянь показує, що розподіл рН у потоці води має наступний вигляд (рис. 2).



**Рис. 2** - Розподіл активної реакції середовища рН в об'ємі трубчастого змішувача-реактора

Здійснюючи моделювання можна оптимізувати геометричні розміри реактора та значення режимних технологічних параметрів до заданого ступеня завершеності процесу змішування. Конкретизувати значення  $D_L$  можна шляхом вирішення оберненої задачі.

Важливе значення при розробці систем автоматичного регулюванні рН та Eh в ректорі-змішувачі відіграє динаміка процесів змішування. В рамках прийнятої моделі досліджено часові характеристики процесу. Отримано графік перехідної характеристики зміни величини рН на виході із реактора-змішувача поблизу стінки реактора, як реакцію на ступінчасту зміну витрати реагенту.

Таким чином, запропоновано систему автоматизованого регулювання, що забезпечує ефективне досягнення значень рН та Eh в умовах їх значних коливань під час очистки стічних вод від важких металів. За результатами моделювання може бути запропонована схема автоматизації, яка забезпечує значення рН та Eh стічної води, при яких досягається повне осадження важких металів і високий ступінь очищення води від важких металів в умовах значних коливань вихідних параметрів стічної води.