

Р.В. Федюн, В.О. Попов, Т.В. Найдюнова
Донецький національний технічний університет, м. Донецьк
кафедра автоматики й телекомунікацій
E-mail: frv76@list.ru, Tana08Naydyenova@rambler.ru

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АЕРАТОРІ СИСТЕМИ БІОХІМІЧНОГО ВОДООЧИЩЕННЯ

Анотація

Р.В. Федюн, В.О. Попов, Т.В. Найдюнова. Моделювання динамічних процесів в аераторі системи біохімічного водоочищення. Виконано аналіз технологічного процесу біохімічного водоочищення як об'єкта управління. Визначено керовані змінні технологічного модулю аератора, а також керуючі та збурюючі впливи. Виконано моделювання динамічних процесів в аеротенку.

Ключові слова: біохімічне водоочищення, технологічний модуль, аератор.

Загальна постановка проблеми.

Забруднені води у наш час є самою головною проблемою в усьому світі. Донецьк є одним з багатьох потужних індустріальних центрів України й екологічна ситуація в місті вважається однією з найбільш складних. Стічні води м. Донецька складаються зі стічних вод від промислових підприємств, побутових стічних вод і атмосферних опадів. Найчастіше стічні води являють собою складні системи, що містять суміші різних речовин.

Об'єктом дослідження є процес біохімічного водоочищення в умовах очисних споруджень м. Донецька. Донецькі очисні споруди є великим комплексом, автоматизація якого останнім часом стає актуальним питанням для підприємства «Донецькміськводоканал». Побудова ефективної системи автоматичного управління неможливо без глибокого дослідження характеристик і процесів, що протікають в об'єкті управління. Необхідно виконати аналіз процесів, що протікають у найбільш складному технологічному модулі, провести дослідження й одержати динамічну модель даного технологічного модуля.

Постановка задач дослідження.

Для розробки динамічної моделі даного технологічного модуля необхідно вирішити наступні задачі:

- 1) виконати аналіз технологічного процесу, що протікає в аераторі;
- 2) визначити математичний опис даного технологічного модуля;
- 3) розробити структуру динамічної моделі.

Рішення задач і результати досліджень.

У технологічному процесі можна виділити два контури управління - контур подачі повітря й контур подачі активного мулу. Подачу повітря забезпечує компресорна станція [1].

Компресорна станція подає повітря в аэротенк. Аэротенк є споруда, в якій постійно протікає усередині стічна вода, у всій товщині якої розвиваються аеробні мікроорганізми, що споживають субстрат, тобто "забруднення" стічної води. Для забезпечення нормального процесу біохімічного очищення (БХО) в аэротенках необхідно безупинно подавати повітря.

Найбільш важливими факторами, що впливають на розвиток і життєздатність активного мулу, а також якість біологічного очищення, є [2]: температура, наявність живильних речовин, зміст розчиненого кисню в муловій суміші, значення рН, присутність токсинів. Задовільна робота аэротенків у значній мірі визначається також технологічним режимом експлуатації, де основне значення мають:

- оптимальне співвідношення між концентрацією забруднюючих речовин, які є присутніми у стічних водах, і робочою дозою активного мулу по масі;
- необхідний час контакту забруднених стічних вод з активним мулом;
- достатня аэробність системи.

Аератор є найбільш складним технологічним модулем серед інших модулів, які беруть участь у процесі біохімічного водоочищення. Рівняння балансу маси мікроорганізмів має вигляд

$$V \cdot \frac{dc_x}{dt} = Q_{\text{мул}} \cdot c_{xr} - (Q + Q_{\text{мул}}) \cdot c_x + V \cdot (m \cdot c_x - b \cdot c_x),$$

де V – обсяг стічних вод; c_x - концентрація мікроорганізмів в аераторі;

c_{xr} - концентрація мікроорганізмів у зворотному мулі; Q – вхідний потік (витрата) стічних вод;

$Q_{\text{мул}}$ - потік (витрата) зворотного мулу; b - питомий показник загибелі мікроорганізмів; m - питомий показник росту мікроорганізмів, що залежить від концентрації забруднень:

$$m = \mu \cdot \frac{s}{K+s},$$

де μ - максимальне значення показника росту мікроорганізмів; K - постійний параметр, що залежить від конструкції аератора; s - концентрація забруднень в аераторі.

Рівняння балансу забруднень в аераторі можна записати у вигляді

$$V \cdot \frac{ds}{dt} = Q \cdot s_i - Q_{\text{мул}} \cdot s - (Q + Q_{\text{мул}}) \cdot s - V \cdot \frac{m}{Y} \cdot c_x$$

де s_i - концентрація забруднень у вхідному потоці стічних вод; Y - коефіцієнт відтворення.

Рівняння балансу маси розчиненого в аэротенку кисню можна записати у вигляді

$$\frac{dc_{\text{кис}}}{dt} = a \cdot Q_{\text{Возд}} (c_{\text{кис}}^S - c_{\text{кис}}) - \frac{dQ_{\text{кис}}}{dt},$$

де $c_{\text{кис}}$ - концентрація розчиненого кисню; a - коефіцієнт розчинності кисню; $c_{\text{кис}}^S$ - рівноважна концентрація кисню у воді (концентрація насичення).

Навантаження на мул - це співвідношення кількостей поданих забруднень і маси мулу в одиницю часу [2]. За міру кількості забруднень приймають їхні кількісні еквіваленти - біохімічне споживання кисню (БСК), хімічне споживання кисню (ХСК). Навантаження на мул є головною контрольованою величиною, яка впливає, як на інші контрольовані параметри, так і регульовані величини. Це означає, що при зміні навантаження на мул виявляться різними: відношення максимальної швидкості переносу кисню до швидкості його споживання клітками, питомий приріст мулу на одиницю величини БСК, відносний приріст мулу щодо його кількості в системі й інші залежності.

Навантаження на мул оцінюється як загальна кількість органічних забруднень, що надходять у спорудження, віднесене до загальної кількості сухої маси беззольної частини мулу.

$$L_s = \frac{s_i (Q + Q_{\text{мул}})}{s(1-Z)V},$$

де Z - зольність мулу.

Забезпечення мулової суміші киснем повинне відповідати швидкості його споживання. У свою чергу, концентрація активного мулу в аэротенку спричиняється необхідною швидкістю подачі кисню в аэротенк. Швидкість споживання кисню свідчить про ступінь активності активного мулу й ступеня його регенерації. Аналітично дана залежність може бути описана наступним вираженням (для умов очисних споруджень м. Донецька):

$$\frac{dQ_{\text{кис}}}{dt} = 1,35 + 0,63 \cdot L_s^{\text{відн}} - 0,09 \cdot (L_s^{\text{відн}})^2.$$

Використання прикладних пакетів для моделювання (VisSim, MATLAB, Mathcad і т.і.) дозволяє провести дослідження динамічних процесів у складному технологічному модулі - аераторі. Дослідження показало, що процеси є нелінійними, багатомірними й багатозв'язними.

Виводи.

1. Аератор є найбільш складним технологічним модулем. Процеси, що відбуваються в аэротенку є складними, багатомірними й описуються сукупністю взаємозалежних нелінійних рівнянь.

2. Результати моделювання дозволяють одержати динамічні характеристики даного об'єкта керування по необхідних каналах взаємодії, а також формалізувати процес синтезу системи автоматичного керування процесом біохімічного водоочищення.

Література

1. Гликман, Б.Ф. Математические модели пневмогидравлических систем [Текст]/ Б.Ф. Гликман. – М.: Наука, 1996. - 368 с., ил.
2. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками [Текст]/ Н.С. Жмур. М., АКВАРОС, 2003. - 512с. – ISBN 5-901652-05-3