

УДК 004.021:004.94

**Карпов О.В.** студент гр. 151м-21

**Науковий керівник: Бубліков А. В., д.т.н., завідувач кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем**

*(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)*

## **СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ДЕАЕРАЦІЇ ВОДИ ПРИ ХІМІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВОДИ ДЛЯ ПАРОВИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК**

**Актуальність.** В ході різних виробничих процесів дуже часто виникає необхідність нагріву води, або перетворення її в пару. Але, звичайна вода, як говорять "з-під крану", не може бути використана через високий вміст солей жорсткості, а також розчиненого повітря. Надлишковий вміст солей жорсткості може призвести до утворення накипу, а розчинене повітря – до утворення повітряних пробок. Крім того, кисень, що знаходиться в повітрі, збільшить швидкість утворення іржі [1].

З метою очищення води від солей жорсткості і повітря виконується процедура хімічної водопідготовки. Ця процедура полягає в очищенні води від дрібнодисперсних часток важких металів та заміні солей жорсткості на більш розчинні речовини в натрій-катионітових фільтрах, а також передбачає позбавлення від розчинених газів шляхом пропускання через воду перегрітої пари в деаeratorі.

Автоматизація процесу хімічної водопідготовки дозволяє збільшити ефективність роботи технологічного обладнання та терміну його експлуатації за рахунок більш якісного керування технологічними параметрами [2].

**Постановка завдання дослідження.** Мета наукової роботи полягає у підвищенні якості хімічної підготовки води в атмосферному деаeratorі за рахунок вдосконалення автоматичного керування технологічними процесами. Головними критеріями якості роботи системи автоматичного керування є величина статичної похибки при компенсації дії збурень та швидкість цієї компенсації.

Для досягнення поставленої мети сформовані такі наукові задачі:

- створити імітаційну модель системи автоматичного керування рівнем води в баку деаeratorа;
- провести модифікацію релейного регулятора положення засувки у водопроводі підживлення деаeratorа;
- запропонувати новий метод синтезу системи автоматичного керування на основі переходу до спрощеної лінеаризованої динамічної моделі технологічного об'єкта автоматизації, та на основі нього визначити регулятор рівня води у баку деаeratorа з оптимальними параметрами;
- провести дослідження режимів роботи синтезованої системи керування рівнем води в баку деаeratorа, що відповідає реальним умовам його роботи з точки зору дії збурень.

**Інструмент дослідження.** Для дослідження алгоритмів автоматичного керування рівнем води в баку деаeratorа у застосунку Simulink математичного пакету MATLAB розроблена імітаційна модель системи автоматичного керування.

**Запропоноване рішення поставленого завдання.** Для синтезу системи автоматичного керування з використанням методів синтезу, які характерні для лінійних систем керування, запропоновано імітаційну модель системи автоматичного керування положенням засувки у водопроводі підживлення деаeratorа представити одним елементом ("чорною скринькою"), властивості якого описуються лінійним диференціальним рівнянням. Для цього проводиться лінеаризація експериментальної кривої розгону, що отримана за результатом обчислювального експерименту з *Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації»*

нелінійною системою керування положенням засувки, методом найменших квадратів. Синтез системи керування проводиться на основі її лінеаризованої моделі з подальшим переносом розрахованого регулятора на вихідну нелінійну модель системи керування.

**Результати проведених досліджень.** Дослідження впливу швидкодії системи автоматичного керування (САК) на критерії якості керування дозволили вперше встановити наступні закономірності:

- залежність перерегулювання керуючого впливу на об'єкт автоматизації (положення засувки у водопроводі підживлення деаератора) від швидкодії САК є прямою й нелінійною. Після значення швидкодії САК 50% починається різке зростання перерегулювання у керуючому впливі, що є неприпустимим. Тож, за цим критерієм якості керування прийнятним є діапазон рівня швидкодії системи до 50%;

- залежність максимального відхилення фактичного рівня води у баку деаератора від заданого під час дії східчастого збурення від швидкодії САК є зворотною й нелінійною. Навіть при різкій і значній дії збурення керована величина відхиляється від уставки на відносно незначну величину – до 5 см. Оскільки допустимим для даного технологічного процесу є відхилення  $\pm 2,5$  см, можна також зробити висновок, що за цим критерієм якості керування прийнятним є діапазон рівня швидкодії системи від 25 до 100%. Аналогічний висновок можна зробити й по відношенню до наступного критерію якості керування, оскільки він тісно зв'язаний з попереднім критерієм;

- залежність кількості імпульсів в керуючому сигналі на привод засувки від швидкодії САК є параболічною з присутністю мінімального екстремуму, який відповідає мінімальній кількості імпульсних керуючих сигналів на привод засувки. Цей мінімальний екстремум залежності на рис.3.20 відповідає швидкодії САК 47%. Тож, за цим критерієм якості керування параметри ПІ-регулятора, які відповідають рівню швидкодії САК 47%, є оптимальними.

**Висновки.** Встановлено, що нелінійна модель системи автоматичного керування положенням засувки в водопроводі підживлення деаератора з достатньою для вирішення поставленої задачі точністю може бути апроксимована передаточною функцією, що має чотири полюси та два нулі. При цьому доведено, що ПІД-регулятор рівня води у баку деаератора можна ефективно налаштувати на основі спрощеної динамічної моделі об'єкта керування, яка складається з лінеаризованої моделі системи автоматичного керування положенням засувки у водопроводі підживлення деаератора та динамічної моделі бака у вигляді інтегратора.

Встановлено, що сумісне ефективне використання головної системи автоматичного керування рівнем води у баку деаератора на базі ПІ-регулятора та підпорядкованої системи автоматичного керування положенням засувки у водопроводі підживлення деаератора на базі релейного регулятора з зоною нечутливості можливе лише за умови введення процедури об'єднання короткотривалих імпульсів керуючого сигналу на привод засувки на більш тривалому інтервалі часу. Інакше мають місце послідовності з десятків тисяч імпульсів тривалістю декілька мс, що є неприпустимим для процесу керування приводом засувки.

#### Перелік посилань

1. Атмосферні деаератори серії ДА (2022). Режим доступу: <https://teplolider.ua/uk/produksiya/kotelno-dopomizhne-obladnannia/deaeratory-atmosferni-da.html> (Дата звернення: 23.11.2022 р.)

2. Анастасенко С.М. Бугрім Л.І. Білюк І.С., Гаврилов С.О., Жигуліна В.В. Семенов М.М., Шостак О.В. Основи автоматизації об'єктів теплоенергетики. Навчальний посібник для студентів спеціальності 144 "Теплоенергетика". - Миколаїв: НУК, – Львів, «Новий Світ-2000», 2020. - 111 стор.

#### Анотація

Обґрунтована актуальність дослідження алгоритмів автоматичного керування рівнем води в баку деаератора хімічної водопідготовки. Запропоновано проводити синтез системи автоматичного керування рівнем води в баку деаератора на основі лінеаризованої імітаційної моделі системи автоматичного керування положенням засувки у водопроводі підживлення деаератора.