

УДК 536.24:628.477

Г. С. Ратушняк, к. т. н., проф.; В. В. Джеджула, асп.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПОРІВ В ОДНО- ТА БАГАТОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Розглянуто основні задачі та проблеми, що виникають в промислових реакторах без автоматизованого керування. Запропоновано принципову схему контролю та керування температурними напорами для розв'язання поставлених задач. Розраховано економічний ефект від впровадження системи.

Вступ

В сучасних технологічних процесах хімічної, мікробіологічної, харчової та переробної галузей виникає необхідність контролю дотримання меж температурних режимів в об'ємі середовища. У випадку використання малоінтенсивних вільноконвективних процесів в нижній частині технологічного резервуара утворюється холодний малорухомий шар, що призводить до коливання температур в об'ємі, які стають значними, що порушує технологічні вимоги. Вільна конвекція ускладнює процес контролю та керування технологічним процесом, що потребує вдосконалення вимірювання температурних напорів.

Результати дослідження

Для контролю над процесами інтенсифікації теплообміну, а також для регулювання та спостереження за температурними напорами $\Delta t = (t_{\text{пов}} - t_{\text{сер}})$ ($t_{\text{пов}}$ — температура нагрівальної поверхні, $t_{\text{сер}}$ — температура середовища), створено експериментальну установку, що складається: з резервуара, нагрівального елемента з навитим сталевим проводом покритим термостійкою фарбою та наплавленим шаром припою, досліджуваного середовища, приладів інтенсифікації теплообміну, термошупів для вимірювання температури середовища, пристроїв живлення та регулювання, блоку збору та обробки даних, що передає інформацію в комп'ютер.

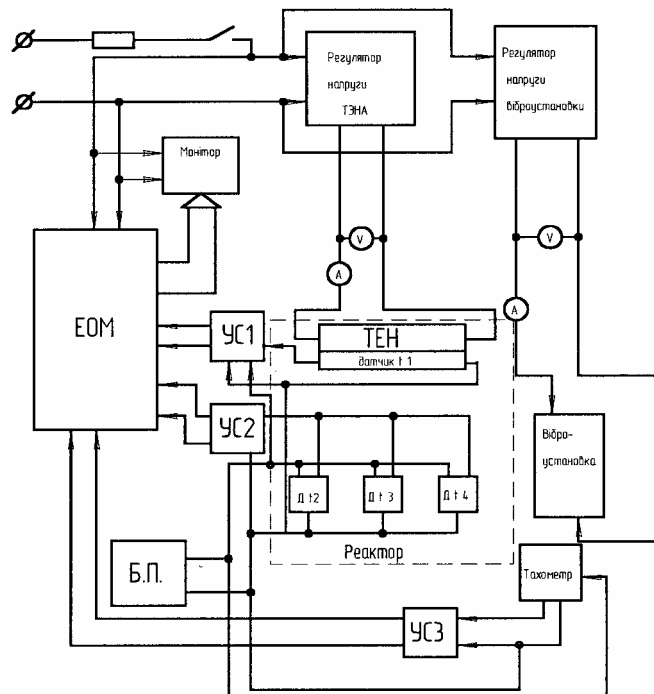


Схема керування та контролю параметрів температурних напорів в одно- та багатофазних середовищах

На рисунку зображена структурна схема керування та контролю температурних параметрів в одно- та багатофазних середовищах. 1 — регулятор напруги нагрівника, 2 — регулятор напруги віброустановки, 3 — блок живлення датчиків температури, 4 — пристрій спряження № 1, 5 — індуктивний тахометр, 6 — вібропристрій, 7, 8, 9 — датчики температури DS1626S для вимірювання температури рідини, 10 — електричний нагрівальний елемент з датчиком температури для вимірювання температури стінки нагрівника, 11, 12 — пристрої спряження № 2, № 3.

Регулятор напруги нагрівника — це автотрансформаторний блок з дискретним виходом до складу якого входять: блок плавного підстроювання напруги, що складається з керованого транзисторного опору для встановлення необхідного значення параметрів. Індукційний тахометр являє собою соленоїд, в якому генерується струм з кожним обертом вала з магнітом двигуна-збурювача вібрації. Вібропристрій складається з двигуна постійного струму, системи приводів та пристроїв регулювання частоти і амплітуди. Температура стінки труби визначається за допомогою вимірювання зміни електричного опору сталевого дроту, що попередньо ізольований термостійкою фарбою та навитий на нагрівальний елемент. Зверху над нагрівальним елементом розміщена сталева трубка. Простір між дротом та трубкою заповнений сплавом Розе. Отримана інформація перетворюється в пристроях спряження і через СОМ порт передається в комп'ютер. В комп'ютері закладена програма керування і контролю, що відслідковує покази датчиків, значення частоти вібрації, потужність нагрівального елемента, порівнює їх з необхідними, корегує в разі необхідності. В програму ЕОМ закладаються значення меж температурних режимів, що є оптимальними для даного процесу. Критерієм ефективності теплообміну є коефіцієнт тепловіддачі α , Вт/м² С

$$\alpha = \frac{q}{\Delta t} = \frac{UI}{F(t_{ст} - t_p)}, \quad (1)$$

де q — питомий тепловий потік, Вт/м²; Δt — температурний напір, який визначається як різниця температур між температурою стінки нагрівника $t_{ст}$ і середовищем t_p . У випадку коли нагрівник електричний, то питомий тепловий потік визначається як

$$q = \frac{UI}{F}, \quad (2)$$

де I , (А); U , (В) — величина сили струму і напруги на нагрівнику, F — площа теплообмінної поверхні, м² [1].

Досягнення максимального значення α при незмінному тепловому потоці q — є ще однією з задач, що розв'язується за допомогою запропонованої схеми керування технологічними процесами.

Для інтенсифікації теплообміну вибрано спосіб вібрації середовища, що в окремих випадках дозволяє збільшити тепловіддачу у десятки разів [2]. Вібрація середовища, чи нагрівального елемента, призводить до активного перемішування середовища, вирівнювання температури в об'ємі, інтенсифікації теплообміну, це в кінцевому випадку приводить до зменшення площ теплообміну, поліпшення перебігу технологічних процесів та енергозбереження.

Згідно з [2] рівняння, що узагальнює відносний коефіцієнт тепловіддачі через розмірні величини, апроксимується виразом

$$K = \frac{\alpha}{\alpha_0} = 2,67(d)^{0,25} (\Delta T)^{1/12} (\Delta A f)^{2/3}, \quad (3)$$

де K — коефіцієнт інтенсифікації, що є відношенням коефіцієнта тепловіддачі віброконвекції α до коефіцієнта тепловіддачі при вільній конвекції α_0 , d — діаметр циліндра нагрівального елемента, мм; ΔT — різниця між температурою стінки нагрівника і середовищем, С, ΔA — амплітуда коливань, мм; f — частота коливань, Гц.

Дана схема контролю над температурними напорами може бути використана при виробництві біогазу. Так, для реактора ємністю 150 м³ тепла потужність системи нагріву і термостабілізації процесу складає 80...100 кВт в зимовий період і 40...50 кВт — в літ-

ній. Існує три основних температурних режими перебігу процесу бродіння: оптимальною температурою для психрофільного штаму бактерій є 20 °С, для мезофільного процесу 32...33 °С, для термофільного процесу 52...54 °С. Будь-які різкі зміни температури впливають дуже негативно на процес. Для мезофільного режиму зброджування допустимі коливання температур ± 3 °С. Наведені вище умови теплообміну вимагають встановлення в реакторах значних теплообмінних поверхонь, а саме біля 400 м труб діаметром 0,025 м, вартість яких за ціною 3 у.о./м складе 1200 у. о.

Для інтенсифікації теплообміну і зменшення поверхні теплообмінника, а також для додаткової конвекції в об'ємі реактора доцільно створити вібрацію теплообмінної поверхні. В такому випадку довжина теплообмінної труби складе 100 м, а її вартість 300 у. о. Капітальовкладення для створення системи контролю над температурними напорами складе: привід 100 у. о., температурні датчики 10 у. о., блок автоматизації та спряження 140 у. о., програмне забезпечення 50 у. о. Річні витрати на електроенергію сягатимуть до 100 у. о. Регулювання подачі теплоносія відбувається шляхом керування приводом триходового клапана з сервоприводом.

Висновки

Таким чином, система автоматизації та контролю дозволить зменшити капітальні затрати для біореакторів до 150 м³ на 600 у. о. зі збільшенням експлуатаційних на 100 у. о. Крім того, без додаткових витрат забезпечується циркуляція середовища і вирівнюються поля температур в реакторі, що підвищує ефективність анаеробного процесу. При комплексі біореакторів економічний ефект від експлуатації системи очевидний.

Автоматизований контроль за температурними напорами дозволяє збільшити енергоефективність установки, зменшити площі теплообміну та чітко дотримуватись технологічних вимог.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. И., Степанов Д. В., Джеджула В. В. Закономірності розподілу температурних напорів за умов локального газорідного омивання поверхні // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — № 4. — 2003. — С. 58—61.
2. Галицейский Б. М., Рыжов Ю. А., Якуш Е. В. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках. — М.: Машиностроение, — 1977. — 256 с.
3. Бергс А. Интенсификация теплообмена // Теплообмен. Достижения. Проблемы. Перспективы. Избранные труды 6-й Международной конференции по теплообмену, 1981. — С. 145—192.
4. В. Н. Соколов, А. Д. Соломахин. Теплообмен между газожидкостной системой и теплообменным элементом // ЖПХ. — 1962. — № 11. — С. 2570 — 2573.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом VIII Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2005, 24—27.10.2005 р)

Надійшла до редакції 10.11.05
Рекомендована до друку 22.11.05

Ратушняк Георгій Сергійович — завідувач кафедри, **Джеджула В'ячеслав Васильович** — аспірант.

Кафедра теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет