

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ У ВІБРОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

Пропонується структура системи автоматизації керування технологічним процесом аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі для використання в системах екологічної безпеки знешкодження продуктів хлорорганічного синтезу з використанням сучасних програмно-технічних засобів. Описується функціональна і структурна організація системи, програмна реалізація, результати експериментальних досліджень програмної моделі.

Ключові слова: структура, система, технологічний процес, аерозольний нанокаталіз, програмно-технічні засоби.

ВСТУП

Ріст промислового виробництва, введення в експлуатацію нових ТП супроводжується вирішенням питань, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища. Актуальність питання екологічної безпеки зростає для регіонів, де скупчені підприємства нафтогазової, хімічної, металургійної промисловості [1].

Сучасні технологічні процеси (ТП) хлорорганічного синтезу неминуче призводять до накопичення відходів, що містять хлор, який в основній своїй масі характеризується високою токсичністю, хімічною стійкістю, важко піддається знешкодженню та є суттєвим фактором ризику для навколишнього середовища та здоров'я людини. Пріоритетним завданням промислової екології на сучасному етапі є кваліфікована переробка хлорорганічних відходів виробництва.

Пошук технології з широким спектром знешкодження відходів хлорорганічного синтезу привів до створення нової вітчизняної технології хімічних перетворень – аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі (Aerosol Nanocatalysis with Vibrating Bed – AnCVB), яка має переваги порівняно з традиційним каталізом на носіях, що забезпечує зростання швидкості реакції в 10^4 – 10^6 разів у розрахунку на масу каталізатора, зниження його кількості до 1–5 г/м³ реактора, збільшення продуктивності одиниці об'єму реактора у 3–10 разів, виключення використання газу в ТП, заощадження електроенергії за рахунок зменшення температури реакції [2].

© Рязанцев О. І., Кардашук В. С., 2010

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Екологічна безпека тісно пов'язана з безпекою функціонування складних хіміко-технологічних процесів і залежить від рівня ефективності автоматизації керування та надійності програмно-технічних засобів (ПТЗ). Більшість фаз керування ТП базується на діях оперативно-технічного персоналу, що є слабкою ланкою в системах екологічної безпеки.

Застосування ТП AnCVB в промислових масштабах стримується через відсутність ефективної системи автоматизації керування (САУ). Актуальною задачею в зв'язку з впровадженням САУ ТП AnCVB є подальший розвиток наукових досліджень в області нанокаталізу з застосуванням ПТЗ, розробка математичної моделі ТП AnCVB, методів керування, формування структури системи автоматизації керування (САУ) як складової частини системи екологічної безпеки.

Таким чином, створення ефективної САУ ТП AnCVB на основі розробки структури системи, методів керування, побудови математичної моделі, принципу параметричної адаптації, чіткої координації, динамічного програмування є науково-технічною проблемою, вирішення якої особливо актуальне в системах автоматизації керування складними хіміко-технологічними процесами.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

САУ є складовою частиною системи екологічної безпеки хімічного підприємства та призначена для підвищення ефективності автоматизації процесу зне-



Рис. 1. Структурна схема модернізації виробництва вінілхлориду

шкодження відходів хімічного виробництва в різних агрегатних станах, що містять хлор (вінілхлорид, хлорбензол, капролактамі та ін.), за технологією AnCVB, забезпечення технічного персоналу оперативною інформацією про стан ТП та технологічних систем керування в обсязі, достатнім для прийняття рішення при відхиленні параметрів від технологічного регламенту (рис. 1).

При розробці системи використано об'єктно-орієнтований підхід, що використовує структуру інструментального середовища. Розроблена система містить в собі банк даних ТП, бібліотеку алгоритмічно-програмних модулів, графічний інтерфейс, що забезпечує гнучкість при зміні алгоритмів роботи ТП.

У відповідності з загальноприйнятими концепціями побудови САУ при розробці були враховані модульність, ієрархічність, інформаційна сумісність форматів даних, що дозволяє використовувати програмно-логічні контролери (ПЛК) та робочі станції (РС) різних виробників програмно-технічних засобів (ПТЗ).

Проектування системи проходило в декілька етапів: створення моделей підсистем ТП, розробка комплексного програмного забезпечення (ПЗ) та графічного інтерфейсу користувача. В системі реалізовано автоматичне та дистанційне керування виконавчими механізмами.

При реалізації САУ ТП AnCVB реалізуються задачі багатозв'язного керування:

- а) попередження при порушенні обмежень по вхідним та вихідним змінним;
- б) підтримка змінних та впливів в стабільному заданому стані;
- в) попередження недопустимих змін керуючих впливів;
- г) переведення технологічного режиму в найбільш вигідний стан.

Проведення операцій виміру і контролю даних в промислових умовах суттєво відрізняється від виконання таких же операцій в лабораторних умовах з визначеними зовнішніми умовами. Вплив багатьох побічних факторів в реальних промислових умовах призводить до спотворення результатів виміру.

Застосування нормалізаторів сигналів датчиків дозволили провести достовірні виміри та захистити технологічне обладнання від різного роду перешкод, які існують на промислових об'єктах і негативно впливають на параметри виміру. Застосування індивідуальної гальванічної розв'язки каналів прийому аналогової інформації дозволило ліквідувати вплив сигналів між каналами.

САУ ТП забезпечує традиційні для систем такого роду функції.

1. Автоматичний контроль та керування ТП.
2. Візуалізацію ТП AnCVB з використанням графічного інтерфейсу.
3. Автоматичний контроль стану модулів системи та виконавчих механізмів (датчики, крани) та ін.

СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

САУ ТП AnCVB є програмно-технічним продуктом, який складається з технічних засобів та ПЗ і забезпечує автоматизацію та контроль за станом вихідних параметрів ТП (концентрації CO, CO₂, HCl, Cl₂). Керування ТП на нижньому рівні здійснюється ПЛК (рис. 2) з необхідним набором апаратних та програмних модулів (табл. 1), який забезпечує збір, первинну обробку інформації, видачу сигналів керування.

Таблиця 1. Склад програмних модулів

Позначення	Характеристика
ASPIIN	Модуль ініціалізації АЦП
ASPID	Модуль АЦП з діагностикою
ASPIL	Модуль перетворення аналогового коду у фізичну величину
RAS16	Модуль розпаковки 16-розрядний
S_FILTER	Модуль фільтрації аналогового сигналу
MVDCK	Модуль МВДС з діагностикою
MFDSZD	Модуль формування стану дискретних каналів та діагностики його працездатності
RPID	Модуль ПІД-регулювання

Збір інформації з датчиків, керування виконавчими пристроями здійснюється з використанням модулів зв'язку з об'єктом. Кожна технологічна підсистема ТП AnCVB оснащена відповідними датчиками: температури, вібрації, переміщення, концентрації Cl₂, CO, CO₂, HCl. За результатами дослідження для розробки ПЗ системи визначено перелік аналогових та дискретних вхідних сигналів, дискретних та імпульсних вихідних сигналів.

Зв'язок з датчиками здійснюється через модуль нормалізації термопари/термоопору (МНТП/ТО) за допомогою стандартних рівнів сигналів. Попереднє з'єднання з МНТП/ТО, при подальшій подачі сигналів на аналогово-цифровий перетворювач інтегруючий (АЦП) забезпечує якісний прийом сигналів в умовах промислових перешкод. Виходи датчиків подаються в блок МНТП/ТО, де проводиться нормалізація сигналів, а потім в блок АЦП для перетворення аналогового значення сигналів в цифровий код. Якщо сигнал датчика нормалізований, то він безпосередньо подається на модуль АЦП.

Програмний елемент обробки аналогового сигналу ASPIL (рис. 3) забезпечує ввід цифрового коду з виходу модуля АЦП, що відповідає значенню напруги, перетворення його в фізичну величину та діагностику модуля.

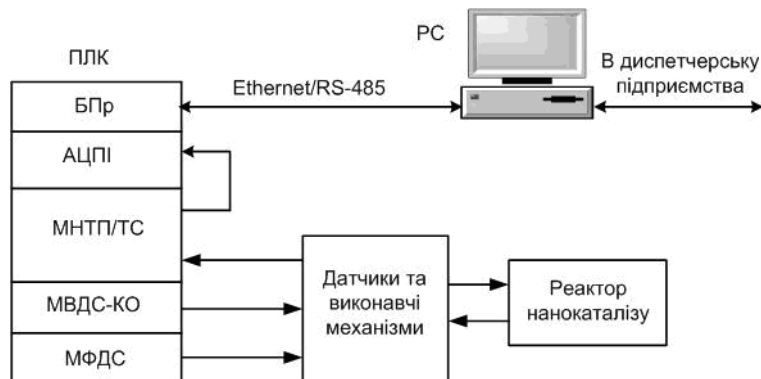


Рис. 2. Структурна схема ПЛК ТП AnCVB

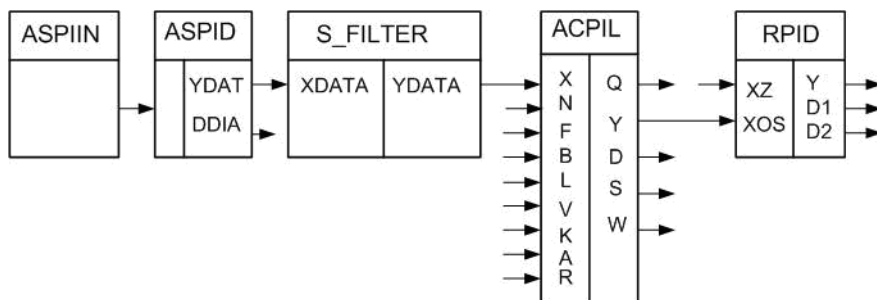


Рис. 3. Прийм аналогового сигналу та видача керування

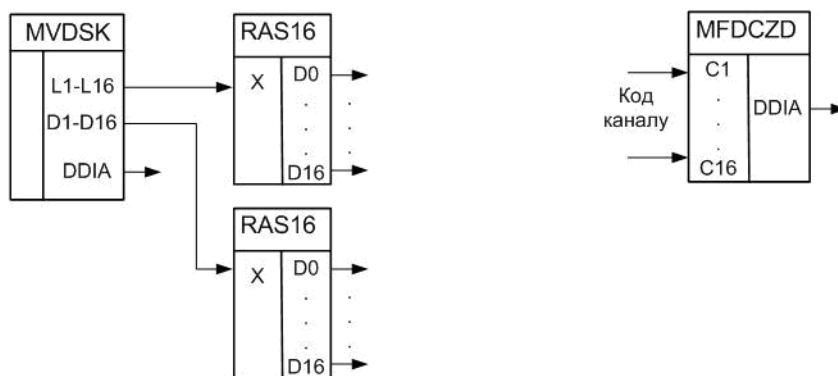


Рис. 4. Прийом та видача дискретного сигналу

Прийнятий з АЦП код перевіряється на допустимість наступним чином: якщо $x \leq 0$, то $x = 0$; якщо $x \geq 4096$, то $x = 4096$. Значення коду обчислюється за формулою

$$z = F \cdot x + (1 - F) \cdot G, \quad (1)$$

де x – значення коду після фільтра в діапазоні 0–4096, що вводиться з АЦП (12 розрядів); F – параметр фільтра (0,3–1); G – значення параметра після фільтра попереднього кроку (початкове значення $G = 1000$).

Розрахунок значення в одиницях параметра виміру виконується за формулою

$$Y = A + (R - A) \cdot \frac{z}{4096}, \quad (2)$$

де R – максимум діапазону виміру (в одиницях виміру фізичної величини), 10 В; A – мінімум діапазону виміру (в одиницях виміру фізичної величини), 0 В.

Виходи датчиків подаються в блок МНТП/ТО, де проводиться нормалізація сигналів, а потім в блок АЦП для перетворення аналогового значення сигналів в цифровий код. При розходженні сигналу від датчика та завдання ПД-регулятора виробляється відповідний вплив на керуючий орган.

Модуль MVDSK забезпечує ввід стану дискретних сигналів від виконавчих пристроїв та їх діагностику. Параметром налагодження модуля є базова адреса порту. У випадку виходу МФДС з ладу адреса порту програмно обнуляється, ввід з порту припиняється і дискретному виходу модуля MVDSK (вихід DDIA) присвоюється рівень логічної «1» (рис. 4).

Елемент RAS16 забезпечує перетворення вхідної аналогової інформації в n -розрядний позиційний код.

При прийомі дискретних сигналів вхідний сигнал відображається виразом

$$X = X_{n-1} \cdot 2^{n-1} + X_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + X_0 \cdot 2^0, \quad (3)$$

де n – кількість розрядів (1–16); $X_i \in \{0,1\}$.

Значення сигналу на виході D_i відповідає рівнянню $D_i = X_i$, $i \in 0, n-1$.

При видачі дискретного сигналу для керування виконавчими пристроями в програмний модуль MFDCZD заноситься відповідний код каналу та проводиться діагностика модуля (вихід DDIA логічна «1»).

Специфіка визначення середніх і сумарних значень в задачах керування обумовлена дискретним характером вхідної інформації. З цією метою в ланцюжку прийому аналогового сигналу запропоновано використати програмний модуль S_FILTER та алгоритм фільтрації аналогового сигналу, який забезпечує обчислення середнього значення останніх n значень. Перед початком роботи значення кількості вимірів n заноситься як параметр налагодження. Початкове значення $n = 5$, тобто за 5 вимірів, що становить 1 с, інформація в системі відображення при зміні параметру змінюється.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Програмне забезпечення реалізоване на мові програмування Watcom C++ із застосуванням Photon microGUI. Для САУ ТП використана операційна система реального часу (ОС РЧ) QNX v. 4.25 фірми QSSL (QNX Software System Ltd.). САУ ТП – одна з традиційних областей застосування сімейства ОС РЧ QNX, а використання інтернет-технологій на сучасному етапі для віддаленого моніторингу та керування ТП є доповненням керування на локальному рівні.

Програмне забезпечення САУ ТП AnCVB складається з ПЗ ПЛК та ПЗ РС [3].

Зв'язок між ПЛК та РС здійснюється за допомогою мережевого інтерфейсу Ethernet (RS-485). ПЛК та РС функціонують під керуванням ОС РЧ QNX v. 4.25.

ПЗ ПЛК забезпечує:

1. Функціонування під керівництвом ОС РЧ QNX з тактом роботи 200 мс.
2. Реакцію системи на подію 200 мс.
3. Збір та первинну обробку від датчиків аналогових сигналів 0–10 В (4–20 мА).
4. Вибір середнього значення параметрів на інтервалі 5 тактів роботи системи (1 с).
5. Збір та первинну обробку від датчиків дискретних сигналів типу «сухий контакт», що містить інформацію про стан виконавчих механізмів.
6. Контроль стану технологічних параметрів та технологічного обладнання, контроль достовірності технологічних параметрів, передачу інформації системі відображення про недостовірність параметрів.
7. Регулювання температури реактора за законом ПД-регулювання, динамічне налаштування коефіцієнтів системи авторегулювання.
8. Видачу керуючих впливів 24 В в такті не більше 200 мс для виконавчих механізмів.
9. Передачу оперативної інформації по мережі Ethernet на РС для підсистеми відображення трендів, архівів, підсистеми діагностики стану ПТЗ.

ГРАФІЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ

Основним інструментом керування ТП є система відображення, в якій відображаються результати роботи і переключення між контурами керування (контур нагріву реактора, кранів подачі реагентів, вібрації і т. і.). Для розробки системи відображення використано Photon Application Builder (PhAB) фірми QSSL.

Для реалізації функцій керування в системі відображення ТП AnCVB екран оператора розділений на технологічні зони у відповідності з функціональним призначенням (рис. 5).

Графічний інтерфейс містить в собі загальну спрощену схему ТП, умовно розбиту на технологічні зв'язки. Перегляд даних здійснюється за допомогою закладок та написів на технологічній схемі. В нижній частині технологічної схеми відображається поточний стан ТП.

Журнал оперативних повідомлень про порушення технологічного процесу та несправності технологічного обладнання дозволяє відслідковувати події при ТП. Журнал (дані про хід ТП, показання приладів) заповнюється з інтервалом, обумовленим технологічним регламентом (200 мс), а по закінченню ТП або при переході дати створюється окремий файл.

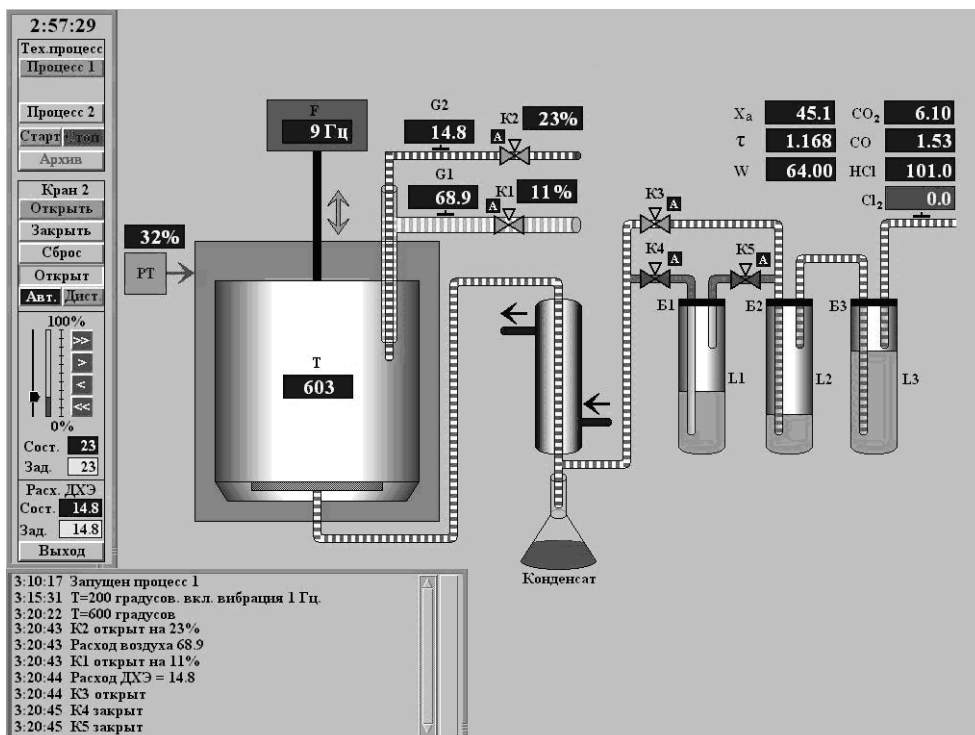


Рис. 5. Графічний інтерфейс ТП AnCVB

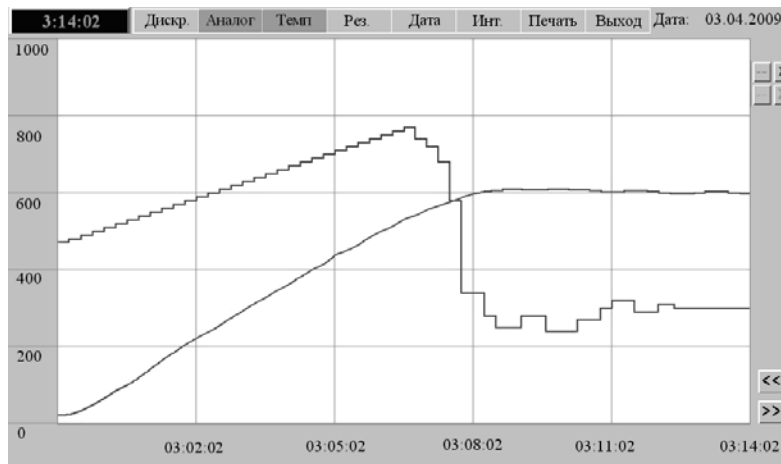


Рис. 6. Зміна температури під дією ПІД-регулятора

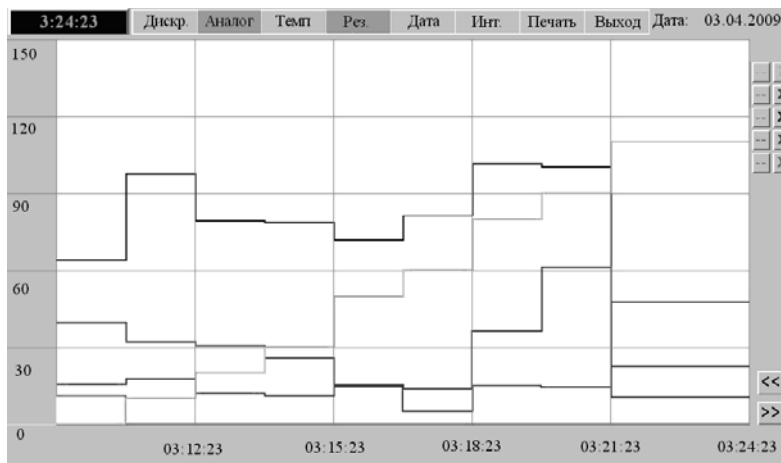


Рис. 7. Зміна вихідних продуктів ТП під дією вібрації

Для керування ТП реалізовано автономний та дистанційний режими роботи (АВТ/ДИС), а також ТП з різними вхідними продуктами, наприклад «Процес 1» – ДХЕ, «Процес 2» – хлорбензол. Передбачена можливість введення інших нових ТП.

Відображення оперативних трендів технологічних параметрів дозволяє відслідковувати динаміку ТП (рис. 6, 7).

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ

Основні теоретичні положення та розроблені методи та алгоритми перевірялись з використанням програмного моделювання з застосуванням ОС РЧ QNX v. 4.25, програми побудови алгоритмічних компонентів та програмних модулів PC-CAPS v. 4.51 з пакету P-CAD фірми Altium, мови програмування та транслятора Watcom C++, графічної оболонки Photon microGUI, системи відображення Photon Application

Builder (PhAB) фірми QSSL, SCADA-системи «Квантор-М», ПЛК Fastwell на базі процесора CPU686 фірми Octagon Systems. Проміжні результати моделювання отримані з використанням мови програмування VBA в програмі Excel з пакету MS Office 2003.

Експериментальні дослідження з використання ПТЗ проводились таким чином: в реактор подавалась визначена стехіометричним (мольним) відношенням суміш діхлоретану (ДХЕ) та повітря. Газова суміш на виході охолоджувалась водою. Проби газу на виході здійснювались за допомогою датчиків (табл. 2).

При вирішенні математичної моделі ТП з використанням ПТЗ досліджувався вплив продуктивності ТП на склад вихідної газової суміші, а також залежність виходу основного продукту від температури та вібрації. Температура реакційної зони вимірювалась за допомогою термопари ХА (К) з діапазоном виміру

Таблиця 2. Датчики для визначення концентрацій вихідних продуктів

Параметр контролю	Діапазон концентрацій, ppm	Виробник, країна
Cl ₂	0... 20	Membrapor, Цюрих, Швейцарія
HCl	0...200	
CO	0...1000	
CO ₂	0...20	Figaro Engineering Inc., Осака, Японія

Таблиця 3. Вплив параметра фільтра на швидкодію та якість виміру аналогового сигналу

Значення параметра фільтра, <i>F</i>	Кількість тактів	Час, с	Похибка виміру, %
0,3	18	3,6	0,9
0,5	9	1,8	0,9
0,8	5	1	0,9
0,9	3	0,6	0,9

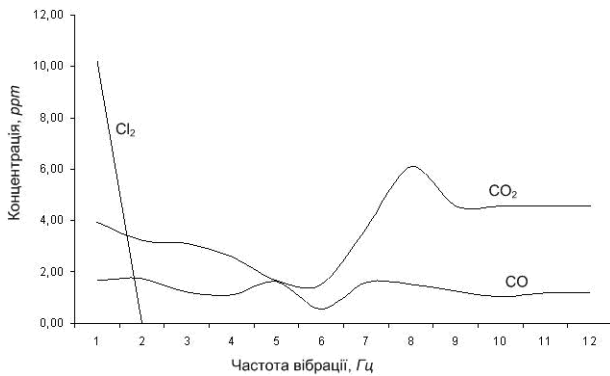


Рис. 8. Залежність концентрації вихідних продуктів від частоти коливань реактора

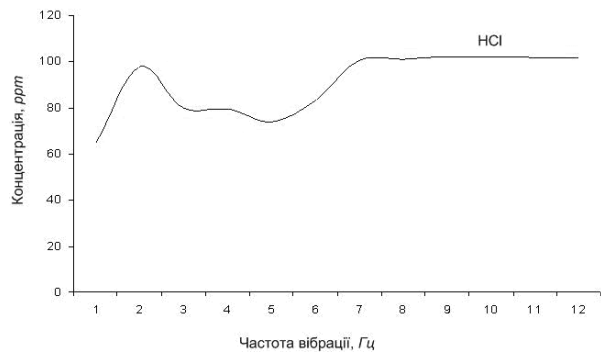


Рис. 9. Залежність концентрації HCl від частоти коливань реактора

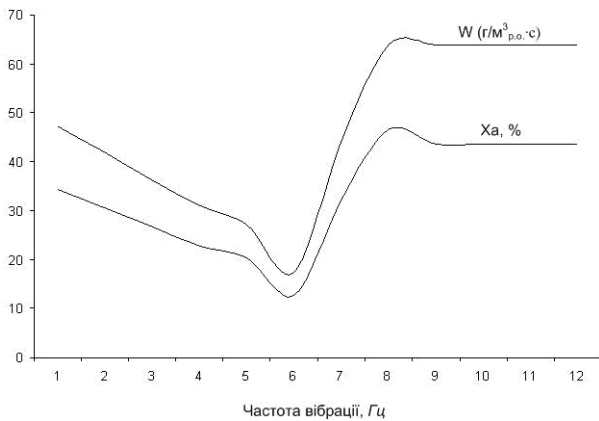


Рис. 10. Залежність ступеня перетворення (x_a) та швидкості реакції (W) від частоти коливань реактора

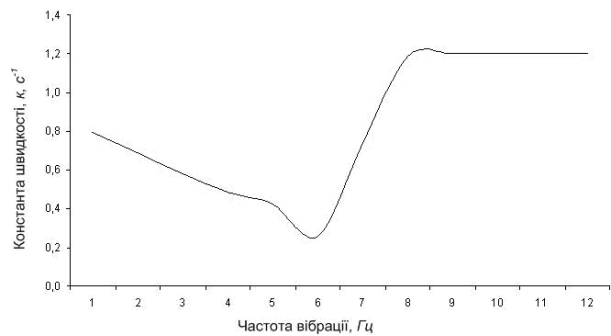


Рис. 11. Залежність константи швидкості реакції від частоти коливань реактора

температур –40...1100 °С. Тиск в реакторі приймався рівним атмосферному.

Побудовані за результатами експериментів графіки (рис. 8–11) підтвердили ефективність та адекватність використання запропонованої математичної моделі, алгоритмів та програмно-алгоритмічних модулів, що були використані під час експериментальних досліджень.

В системі керування вимір технологічних параметрів виконується дискретно. Таким чином, виникає

задача відновлення значень параметрів в моменти часу, які не співпадають з точками вимірів. Для відновлення значень параметрів в попередні моменти часу, що передують останній точці виміру, пропонується скористатись виразами (1), (2).

Діапазон виміру – 0–10 В (шкала 0–4096), такт роботи системи – 200 мс. Після перетворення в програмному модулі ASPID обчислений цифровий код для вхідного сигналу 5 В склав $x = 2048$. Обчислення фізичного значення вхідного сигналу проводилось

згідно (1), (2). Проведений аналіз швидкодії системи та похибки виміру для кожного значення F після виходу системи на оптимальний режим виміру дозволили зробити висновок, що розроблені методи та алгоритми відповідають вимогам для системи (табл. 3).

Проведені експериментальні дослідження підтверджують адекватність створеної математичної моделі, що відобразилась в застосуванні відповідних ПТЗ. За ключовим параметром ТП – константою перетворення x_a відхилення склало 1 %.

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Підвищення ефективності та безпеки ТП AnCVB в результаті впровадження засобів автоматизації забезпечить:

а) якісне покращення процесу підготовки та прийняття рішення;

б) зменшення витрати часу на обробку та використання оперативних даних ТП, пошук несправностей та причин відхилень параметрів;

в) отримання оперативної автоматизованої підтримки даних про стан ТП.

На етапі організації робіт по проектуванню системи передбачалась можливість інтеграції системи в діючу систему автоматизації підприємства, чому сприяють стандартні канали передачі інформації Ethernet (RS-485) та використання об'єктно-орієнтованого підходу, що дозволяє представити кожен рівень керування як сукупність інформаційних, програмних, організаційних та інших компонент, які беруть участь в досягненні визначеної мети – від збору даних до видачі результату.

Враховуючи концепцію відкритості розподіленої ієрархічної системи, програмні та апаратні компоненти системи автоматизації відповідають вимогам переносу та можливості узгодженої роботи з іншими віддаленими компонентами.

Програмні та апаратні засоби розраховані на тривалу експлуатацію, нарощування можливостей та модернізацію.

Таким чином, створена САУ ТП AnCVB вирішує завдання підвищення ефективності та забезпечення екологічної безпеки підприємств хлороорганічного синтезу, а реалізація автоматизації процесу проектування системи керування дозволила скоротити строки створення проміжних та дослідно-конструкторських зразків системи автоматизації.

ВИСНОВКИ

Наукові дослідження та отримані результати розвивають новий перспективний напрямок використання нанотехнологій – підвищення ефективності ТП AnCVB за рахунок впровадження автоматизації керування з метою знешкодження широкого спектру хлороорганічних відходів з використанням сучасних ПТЗ [4–6].

Методи та теоретичні дослідження, використані при розробці алгоритмів та ПТЗ САУ ТП AnCVB, випробувані в процесі дослідної експлуатації. Це дозволило отримати такі наукові результати:

1. Запропоновано функціональну організацію САУ ТП AnCVB для реалізації задачі ефективного керування на основі розглянутих методів параметричної адаптації, жорсткої координації, динамічного програмування, математичної моделі. Визначено функції системи. Згідно з загальноприйнятими концепціями побудови при розробці системи враховані модульність, ієрархічність, інформаційна сумісність форматів даних, що дозволяє використовувати ПЛК та РС різних виробників ПТЗ.

2. Розроблено структурну організацію САУ ТП AnCVB, визначено склад модулів ПЛК, програмних модулів, необхідних для реалізації задач автоматизації керування та програмного моделювання. Визначено перелік сигналів від датчиків та виконавчих пристроїв. Для реалізації методів параметричної адаптації, жорсткої координації розроблено алгоритми та ПЗ модулів, ланцюжок виміру аналогових сигналів з видачею сигналу керування при відхиленні параметрів.

3. Розроблено графічний інтерфейс ТП AnCVB, що дозволяє спостерігати за перебігом ТП та реалізовувати задачі керування в режимі реального часу в автоматичному або в дистанційному режимі з внесенням необхідних налагоджень. Керування ТП виконавчими пристроями здійснюється безпосереднім викликом відповідного елемента графічного інтерфейсу.

4. Отримані за результатами експериментальних досліджень з використанням ПТЗ дані підтвердили адекватність та ефективність розроблених методів, математичної моделі, алгоритмів та програмно-алгоритмічних модулів згідно з вимогами до ТП AnCVB.

5. Запропоновано структуру та функції системи моделювання та налагодження з метою автоматизації процесу проектування САУ ТП AnCVB.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Рязанцев А. И.* Система экологического мониторинга окружающей среды / А. И. Рязанцев, В. С. Кардашук //

- Радіоелектроніка, інформатика, керування. – 2006. – № 2(16). – С. 128–132.
2. *Гликин М. А.* Оксидегидрохлорирование отходов. Аэрозольный нанокатализ с утилизацией хлора / М. А. Гликин, Л. А. Баранова, И. Н. Сологуб // Хімічна промисловість України. – 2006. – № 2. – С. 19–25.
 3. *Рязанцев А. И.* Программная реализация системы экологического мониторинга / А. И. Рязанцев, В. С. Кардашук // Информационные технологии в научных исследованиях и учебном процессе : II междунар. науч.-практ. конф., 14–16 ноября 2006 г. : сб. науч. трудов Донбасского государственного технического университета : спецвыпуск. – Алчевск : ДонГТУ ; Луганск : ЛНПУ, 2006. – С. 182–187.
 4. *Кардашук В. С.* Керування технологічним процесом аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі в умовах стохастичної невизначеності / В. С. Кардашук // Стратегія якості в промисловості і освіті : матеріали V міжнародної конф., 6–13 червня 2009 р., Варна, Болгарія. У 2 т. Т. 2. – Дніпропетровськ, 2009. – С. 567–569.
 5. *Рязанцев А. И.* Система управления на базе современных программно-технических средств процессами утилизации отходов химических производств по технологии нанокатализа / А. И. Рязанцев, В. С. Кардашук // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2008. – № 8(126). – Ч. 1. – С. 318–326.
 6. *Рязанцев А. И.* Математические методы исследования экспериментальных данных в системах управления процессами утилизации отходов химических производств по технологии нанокатализа / А. И. Рязанцев, В. С. Кардашук // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2009. – Ч. 1. – № 12(130). – С. 10–16.

Надійшла 23.09.2009

Рязанцев А. И., Кардашук В. С.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧЕСКИМ ПРОЦЕСОМ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗА В ВИБРОСЖИЖЕНОМУ СЛОЕ

Предлагается структура системы автоматизации управления технологическим процессом аэрозольного нанокатализа в вибросжиженном слое для использования в системах экологически безопасного обезвреживания продуктов хлорорганического синтеза с использованием современных программно-технических средств. Приведены функциональная и структурная организация системы, программная реализация, результаты экспериментальных исследований программной модели.

Ключевые слова: структура, система, технологический процесс, аэрозольный нанокатализ, программно-технические средства.

Ryazantsev A. I., Kardashuk V. S.

SYSTEM OF AUTOMATIZATION OF TECHNOLOGY PROCESS CONTROL OF AEROSOL NANOCATALYSIS WITH VIBRATING BED

The author proposes an automatic control system for the process of aerosol nanocatalysis with vibrating bed to be used in environmentally appropriate systems of organic-chlorine synthesis products neutralization using modern program-technical means. Functional and structural organization of the system, its software support and results of software model experimental investigation are described.

Key words: structure, system, technological process, aerosol nanocatalysis, program-technical means.