

УДК 681.5:661.2

ЧЕРНИШЕВ М.М., доцент (ДонНТУ);
ДОЛГИХ І.П., старший викладач (ДонНТУ).

Розробка структури системи робастного керування процесом отримання сірчистого ангідриду

Вступ

На коксохімічних підприємствах для виробництва сірчаної кислоти використовується сірка, яка отримуються при неповному окисленні сірководневого газу. В сучасних умовах спостерігається нерівномірність завантаження коксових батарей, часта зміна періоду коксування та марки вугілля призводить до коливань кількості сірководневого газу та порушення режимів роботи апаратів технологічного ланцюга. В ході виробництва можливі небезпечні викиди в атмосферу оксидів сірки та сірчаної кислоти більше встановлених норм, які негативно впливають на стан здоров'я людини та забруднюють навколишнє середовище. Встановлено, що в індустриальних регіонах до 60% ґрунтової кислотності визначається утворенням в атмосфері сірчаної кислоти [1,2].

Значний вплив на якість і кількість сірчаної кислоти, виконання екологічних вимог має режим ведення процесу отримання сірчистого ангідриду, який полягає в забезпеченні заданої температури та складу сірчистого газу, що надходить в контактний апарат, а також зменшенні в продуктах спалювання кількості оксидів азоту, які погіршують споживчі властивості сірчаної кислоти. Тому одним із способів вирішення екологічних проблем та підвищення якості продукції – модернізація існуючої систем керування виробництвом сірчаної кислоти в напрямку поси-

лення вимог виконання технологічного регламенту та екологічних норм.

Мета роботи

Підвищення якості системи керування виробництвом сірчаної кислоти з коксового газу шляхом вдосконалення структури системи автоматичного керування процесом отримання сірчистого ангідриду, що дозволяє виконувати обмеження технологічного регламенту та знизити кількість оксидів азоту в сірчаній кислоті.

Постановка задачі

Розробка модифікації системи автоматичного керування технологічним процесом отримання сірчистого ангідриду, яка є інваріантною до дії зовнішніх впливів в заданих межах та параметричної невизначеності об'єкта керування.

Аналіз методів побудови існуючої системи керування технологічним процесом

Основу технологічного процесу, що розглядається, складають складні фізико-хімічні та теплові процеси які проходять у трьох послідовно з'єднаних апаратах (рис. 1) [2,3]:

- піч, яка об'єднана з котлом;
- камера допалювання;
- камера змішання.

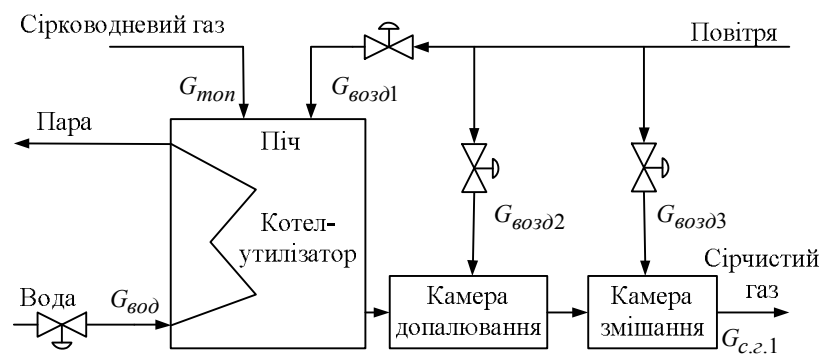


Рис.1. Схема отримання сірчистого ангідриду

На коксохімічних заводах, що працюють на території країн СНД, процес спалювання сірководневого газу в печах-котлах ведуть відповідно до режиму та під контролем системи автоматичного керування розроблених О.П. Сергєєвим. У результаті проведених досліджень О.П. Сергєєвим, С.Г. Вессельманом, Ф.Т. Беллінім, Л.П. Банніковим і Е.Т. Ковальовим встановлено, що основним джерелом утворення оксидів азоту в сірчаній кислоті є ціаністий водень (H_2CN) [1,4]. Для зменшення утворення оксидів азоту було запропоновано та впроваджено спалювання сірководневого газу в топці котла з коефіцієнтом надлишку повітря менше одиниці. При очищенні коксового газу, зазвичай, отримують концентрований сірководневий газ (до 95% об. H_2S), процес спалювання здійснюється в печах, обладнаних водяними теплообмінниками для зниження температури газів на виході з печі до $750-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ при температурі в зоні горіння до $1650\text{ }^{\circ}\text{C}$ і концентрації оксидів азоту 0,006-0,012% об. Далі відбувається допалювання продуктів неповного згорання, при цьому температура газів підвищується на $10-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, що служить індикатором процесу догорання сірки в топці котла. Відразу після камери допалювання до пічних газів додається така кількість повітря, яка забезпечує отримання сірчистого газу для контактного апарата з температурою $440-460\text{ }^{\circ}\text{C}$ і концентрацією сірчистого ангідриду 6-7% об.

Проведений аналіз показав, що застосовувана вітчизняними підприємства-

ми структура системи керування отримання сірчистого ангідриду не зазнала істотних змін з моменту її створення, а також погіршення якості функціонування установки при дії не скомпенсованих збурень і параметричної невизначеності об'єкта керування, які викликані перебоями в роботі коксових батарей. Алгоритми роботи існуючих закордонних систем керування відкрито не публікуються і є предметом комерційної таємниці. Крім того, закордонні апарати схеми виробництва сірчаної кислоти конструктивно відрізняються від тих, що використовуються в Україні.

Дослідження існуючих алгоритмів керування об'єктами даного класу показали, що на виробництві одержали широке поширення ПД - регулятори та різні їх модифікації [5,6]. Це обумовлено в першу чергу простотою побудови та промислового використання, ясністю функціонування та низькою вартістю. Однак, як показує практичний досвід, на регулятори налаштовані наближено, тому виникає задача проведення робіт по розрахунку оптимальних параметрів регулятора для покращення якості перехідних процесів системи керування.

Розробка структури робасної системи керування технологічним процесом

На підставі аналізу структури технологічного процесу отримання сірчистого ангідриду в схемі виробництва сірчаної

кислоти методом мокрого каталізу та дослідження статичних, динамічних характеристик було встановлено, що аналізований процес є багатовимірним, багатозв'язним об'єктом керування. Для вирішення поставлених завдань з урахуванням взаємозв'язку і взаємовпливу різних апаратів, а так само конструктивних особливостей об'єкта, проведена його декомпозиція на три технологічних ділянки (ТД): пічкотел, камера допалювання і камера змішування. Для кожного ТД можна сформулювати вимоги технологічного режиму та задачі керування [2].

Характерною особливістю технологічного процесу виробництва сірчаної кислоти та сірчистого ангідриду зокрема, є неможливість регулювання кількості сірководневого газу, оскільки технологією не передбачено жодних ємкостей для його тимчасового зберігання. Обсяг сірководневого газу, що надходить в цех сірководочиснення є величиною змінною та залежить від обсягів перероблюваного коксового газу цехом уловлювання, який в свою чергу залежить від кількості працюючих коксових батарей. Тому коливання кількості газів призводить до порушення режимів роботи всіх апаратів. Вихідні параметри попереднього апарата є збуренням для наступного, тому для побудови системи керування технологічним процесом виробництва сірчистого ангідриду не може бути окремо застосований принцип розімкнутого керування. Оскільки впливи можна виміряти та ввести за результатами вимірювання корективи в алгоритм керування та компенсувати відхилення, викликане даними збуреннями, тоді доцільно застосувати принцип керування по збуренню.

Необхідно відзначити, що при керуванні по збуренню компенсується лише вплив тільки того збурення, яке вимірюється. Решта неконтрольованих збурень (наприклад, зміна складу сірководневого

газу, наявність накипу та забруднення внутрішніх поверхонь тощо) призводять до некомпенсованих відхилень, внаслідок чого на виході системі спостерігається помилка. Більш ефективним є комбіноване керування на підставі компенсації і зворотного зв'язку по регульованій координаті, що дозволить об'єднати переваги обох принципів: швидкість реакції на збурення та точність регулювання незалежно від природи збурень. Таким чином, узагальнена структурна схема системи робасного керування процесом отримання сірчистого ангідриду представлена на рис. 2.

Для регулятора температури Pt1 задаючим впливом є бажана температура $T_{п.г.1}^0$ первинних продуктів горіння, регулювання температури відбувається за рахунок зміни витрати теплоносія $G_{вод}$ системою автоматичного регулювання (САР). Регулятор Pt2 використовується в системі для керування різницею DT^t температур газу після і до камери допалювання. Зміна різниці температури газів є індикатором відхилення витрати повітря від стехіометричного, що може бути викликано, наприклад зміною складу сірководневого палива. Сигнал керування регулятора Pt2 є коригувальним для регуляторів витрати первинного Pr2 і вторинного Pr3 повітря на спалювання.

Задаючим впливом для регулятора температури Pt3 є бажана температура $T_{с.г.}^0$ продуктів змішання (сірчистого ангідриду). Стабілізація температури відбувається за рахунок зміни витрати повітря, що подається на змішання $G_{возд3}$. В системах регулювання витрати задаючи впливи $G_{вод}^0$, $G_{возд1}^0$, $G_{возд2}^0$ і $G_{возд3}^0$ для регуляторів Pr1-4 порівнюються з сигналом зворотного зв'язку. У разі наявності неузгодженості, воно надходить на регулятор витрати Pr, який формує керуючий вплив на привід Pr, той у свою чергу змінює положення регулюючого органу, тобто витрату речовини, що регулюється.

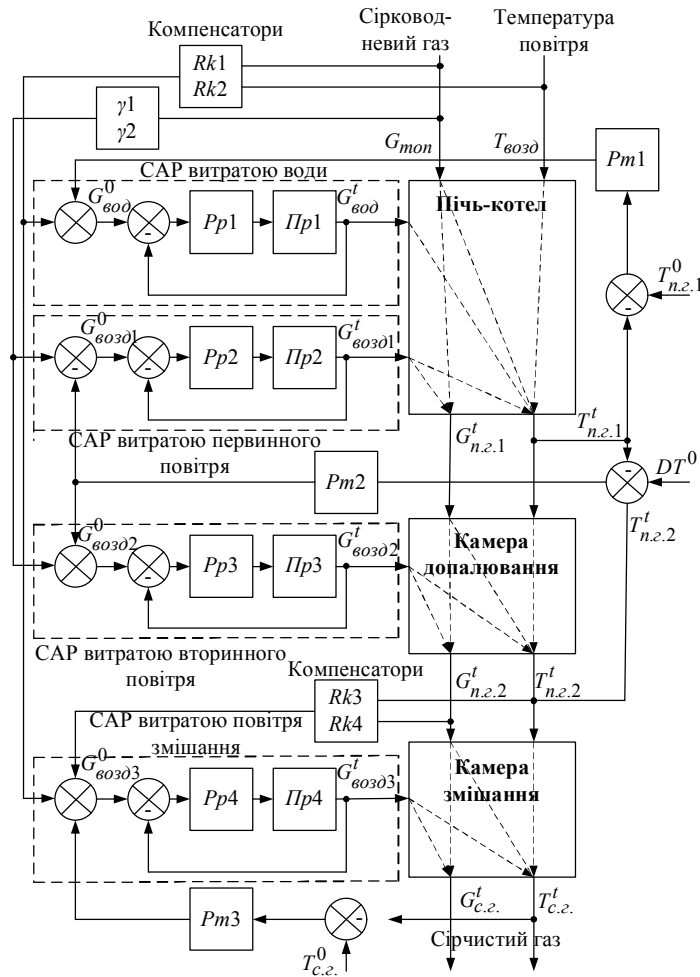


Рис. 2. Структурна схема системи робасного керування процесом отримання сірчистого ангідриду

Для надання системі інваріантності, поліпшення динамічних властивостей системи та якості перехідних процесів, використовуються компенсатори. Сигнали від компенсаторів дозволяють скорегувати величини керуючих впливів для систем регулювання витратою води, первинного та вторинного повітря, а так само повітря, що надходить у камеру змішання, до того, як збурення проявиться на виході систем, а потім буде зафіксовано вимірювальною апаратурою та сигнал неузгодженості відпрацьований регуляторами температури Рт1-3. Використання компенсатора *Rk1* дозволить компенсувати зміни в обсязі сірководневого газу для контуру «витрата води - температура первинних продуктів горіння». Застосування компенсаторів *Rk2*, *Rk3* і *Rk4* дозволить отримати інварі-

антність температури сірчистого газу до збурюючих впливів: об'єм і температура вторинних продуктів горіння; температура повітря навколишнього середовища.

Висновки

1. Аналіз існуючих алгоритмів і методів побудови систем керування процесом отримання сірчистого ангідриду показав, що існує ряд невирішених проблем:

- на практиці застосовуються ПІ (ПІД) – регулятори, що забезпечують стабілізацію регульованих змінних, однак найчастіше параметри регуляторів налаштовані приблизно та дають незадовільну якість перехідних процесів в динамічних режимах роботи;

- відсутність компенсуючих пристроїв по каналах контрольованих збурень;

- порушення технологічних режимів роботи, що спричиняють порушення технічних умов виробництва сірчаної кислоти та невідповідність гранично допустимим концентрації шкідливих викидів при коливаннях витрати сірководневого газу.

2. Обґрунтовано доцільність використання комбінованого керування на підставі компенсації найбільш сильних контрольованих збурень і зворотного зв'язку по регульованій координаті, що дозволить збільшити швидкодію та точність регулювання.

3. Розроблено структурну схему системи робастного керування процесом отримання сірчистого ангідриду.

Список літератури

1. Гребенюк А.Ф. Особенности и принципы регулирования режима сжигания сероводородного газа в установках мокрого катализа / А.Ф. Гребенюк, М.В. Пьянков, А.В. Милютин, А.Ф. Черныш // Углехимический журнал. – 2007. – №3-4. – С. 41–44.

2. Чернышев Н.Н. Системная декомпозиция процесса производства серной кислоты как объекта автоматизации. / Н.Н. Чернышев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк: ДонНТУ. – 2010. – Вип. 19 (153). – С. 27-33.

3. Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В.В. Шувалов, Г.А. Огаджанов, В.А. Голубятников – М.: Химия, 1991. – 480 с.

4. Банников Л.П., Ковалев Е.Т. Превращения HCN в топке печи-котла утилизатора отделения мокрого катализа вакуум-карбонатной сероочистки коксового газа / Л.П. Банников, Е.Т. Ковалев // УглеХимический журнал. – 2008. – № 3-4. – С. 66-71.

5. Денисенко В.В. ПИД – регуляторы: принципы построения и модификации. Часть 2 / В.В. Денисенко // СТА. – 2007. – №1. – С. 78-88.

6. Чернышев Н.Н. Принципы построения адаптивных регуляторов для технологического процесса получения сернистого ангидрида / Н.Н. Чернышев // Сборник докладов IV Всеукраинской научно-производственной конференции «Информационные технологии и автоматизация – 2011». – Одесса: ОНАПТ, 2011. – С. 70-71.

Анотації:

На підставі аналізу існуючих алгоритмів та методів побудови системи керування процесом отримання сірчистого ангідриду розроблена структура системи робастного керування процесом на основі компенсації збурень які контролюються та зворотнього зв'язку по координаті, що регулюється.

На основании анализ существующих алгоритмов и методов построения системы управления процессом получения сернистого ангидрида разработана структура системы робастного управления рассматриваемым процессом на основании компенсации контролируемых возмущений и обратной связи по регулируемой координате.

The models of technological process of obtaining plots of sulfur dioxide in the state space. The investigation process modules as local control objects on the conditions of observability and controllability.