

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ШИХТУВАННЯ РЯДОВОГО ВУГІЛЛЯ НА ВЗФ

Гавриш О.І.

**Донбаський державний технічний університет
sanya110@mail.ru**

Principles of construction automatic control system to process of preparation coal ordinary on coal concentrating factories are considered. The structure of a control system is offered, the basic functional requirements and the purposes of her functioning are formulated

Підвищення продуктивності сучасних вуглебагачувальних фабрик (ВЗФ) вимагає впровадження комплексних автоматизованих систем управління виробництвом, що охоплюють окрім основних технологічних процесів операції підготовчого етапу. Насамперед це пов'язано зі значною трудомісткістю цих операцій, яка істотно знижує ефективність функціонування вуглепідготовчого відділення і негативно позначається на виробничій діяльності ВЗФ в цілому. Головним чином це стосується процесу підготовки шихти рядового вугілля до наступного збагачення, оскільки вихід кінцевого продукту збагачення (концентрату) заданої якості значною мірою обумовлюється незмінністю основних показників сформованої шихти.

Процес шихтування рядового вугілля передбачає змішування окремих компонентів (шахтогруп) в певних пропорціях. Частковий вміст рядового вугілля, що видається з акумулюючих бункерів ваговими дозаторами, розраховується таким чином, щоб готова суміш (рядова шихта) була не лише однорідною за якістю, але й відповідала встановленим вимогам за визначальними показниками (зольністю, вмістом сірки або виходом летючих речовин).

Операція видачі вугілля з бункерів при складанні багатомарочної шихти на більшості ВЗФ практично не автоматизована. Як правило, об'ємні витрати компонентів задаються положенням регулюючих шибєрів, тобто перетином потоку вугілля, що виходить із бункера. Таке дозування призводить до істотних похибок, обумовлених нестабільністю об'ємних видаткових характеристик шибєрів і коливаннями густини, гранулометричного складу і вологості компонентів шихти. Нестабільність витрати з бункера зумовлена також зміною тиску стовпа вугілля на живильник по мірі спорожнювання бункера [1]. Для розвантаження бункерів на деяких вуглебагачувальних фабриках застосовуються автодозатори з можливістю дозування за об'ємом і масою. На більшості ВЗФ стабілізація заданої продуктивності досягається за рахунок автоматичного регулювання тільки частини живильників. Наприклад, на два нерегульованих живильника встановлюється один регульований [2]. Це значно погіршує якість регулювання, істотно звужуючи його діапазон, і призводить до нерівномірного спорожнювання окремих бункерів. Крім того, не враховується характер розподілу по перетину бункера вугілля різного гранулометричного складу, що має різний вміст негорючих речовин. Таким чином автоматичне управління продуктивністю і координація роботи комплексу автоматичних дозаторів протягом всього технологічного циклу розвантаження акумулюючих бункерів є актуальним питанням, яке на сьогоднішній день не має прийняттого рішення.

У ролі пристроїв дозування рядового вугілля на збагачувальних фабриках України використовуються дозатори безперервної дії із пристроєм зважування. Автоматичний ваговий дозатор безперервної дії складається з робочого органа – живильника, що подає матеріал; вагового стрічкового конвеєра – вантажопідйомної частини ваг; вагового механізму – чутливого елемента об'єкта регулювання, що безпосередньо сприймає зміну регулюючого параметра; регулятора, який впливає через виконавчий механізм на регулюючий (робочий) орган дозатора, що безпосередньо підтримує сталість витрати матеріалу живильником (регульованого параметра) [1]. У ролі робочого органа дозатора застосовують тарілчасті, стрічкові, лоткові хитні і лоткові електровібраційні живильники. Найпоширенішими є вібраційні живильники, що мають істотні конструктивні та експлуатаційні переваги (простота конструкції, можливість плавного регулювання продуктивності тощо) у порівнянні з живильниками інших типів [1]. Ефективне регулювання продуктивності вібраційного дозатора досягається зміною частоти і амплітуди коливань лотка.

Основними технологічними вимогам, що висуваються до процесу формування шихти, є підтримання заданої продуктивності вуглепідготовчого відділення і стабілізація визначальних показників якості шихти, що надходить на збагачення. У відповідності до існуючих технологічних схем розташування обладнання вуглепідготовчого відділення з урахуванням особливостей процесу шихтування і сучасних тенденцій управління в системі можна виділити два ієрархічних рівня: нижній рівень передбачає управління режимними параметрами, найбільш тісно корельованими з якістю продукту, що отримується, верхній рівень забезпечує управління процесом на конкретній технологічній ділянці.

Таким чином, метою даної роботи є автоматизація процесу шихтування шляхом побудови дворівневої системи управління з відповідним розподіленням функцій між підсистемами.

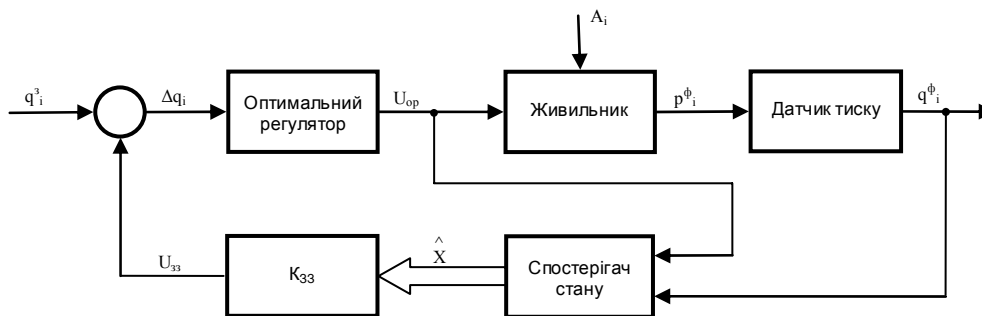
Підсистема нижнього рівня реалізує алгоритми управління окремими механізмами розвантаження акумулюючих бункерів (автодозаторами), забезпечуючи стабілізацію їхньої продуктивності з наданням відповідної інформації операторові.

В існуючих системах для управління автоматичними ваговими дозаторами використовуються безперервні регулятори продуктивності, що містять у своєму складі ПІД-регулятор [1]. Головним недоліком таких систем є низька (з похибкою більш 5%) точність дозування компонентів шихти, обумовлена впливом на процес дозування зовнішніх збурень. До основних видів збурень відносяться коливання гранулометричного і фракційного складів компонентів шихти, насипної щільності і вологості вугілля, а також зміна висоти стовпа вугілля в бункерах при їхньому спорожнюванні. Зазначені збурювання мають стохастичний нестационарний характер з перемінним часом кореляції і широкий діапазон змін параметрів (інтенсивності, спектра), що призводить до неминучих відхилень продуктивності дозувальних пристроїв від установлених значень за період виробничого циклу. Тому в більшості випадків застосування безперервного способу регулювання не дозволяє досягти необхідної точності регулювання і забезпечити прийнятний вид перехідного процесу.

Найбільш ефективним для управління продуктивністю автодозаторів є використання систем прямого цифрового управління, що можуть бути оптимізовані за допомогою методів, відомих з теорії оптимального управління [3]. Зокрема шляхом застосування в складі підсистеми управління продуктивністю цифрового регулятора, синтезованого за методом динамічного програмування [4]. Реалізація даного регулятора для управління технологічним об'єктом вимагає вимірювання всіх координат управління, тому для використання теорії простору станів виникає необхідність оцінювати невимірні стани об'єкта за його входами і виходами, що підлягають вимірюванню.

Задача оцінювання стану системи може бути вирішена за допомогою різних підходів, тому відома велика кількість робіт, у яких опубліковане розв'язання цієї задачі [5, 6]. Найбільш раціональною є рекурентна процедура виведення фільтра Калмана-Б'юсі, оскільки вона проста і являє собою природний підхід для виведення калманівських рекурентних співвідношень.

Синтез замкнутої системи управління в калманівському розумінні вирішує завдання оптимального управління за допомогою квадратичної функції втрат для випадку, коли на об'єкт діють випадкові перемінні [3]. Ця задача є стохастичною задачею синтезу лінійного регулятора. Відповідно до принципу роздільності [3] для квадратичної функції втрат оцінка стану об'єкта і визначення оптимальних значень управляючої перемінної можуть бути проведені окремо. При цьому спочатку визначаються оцінки стану, які далі використовуються для обчислення значень управляючих перемінних. Поділ задачі лінійного стохастичного управління на задачу оцінки стану і задачу синтезу лінійного оптимального регулятора забезпечує розв'язання оптимальної стохастичної задачі в цілому. При цьому матриця регулятора не залежить від стохастичних властивостей задачі, а оптимальний фільтр для оцінки стану не залежить від матриць квадратичної функції втрат. Функціональна схема системи оптимального управління продуктивністю дозатора приведена на рисунку 1.



q_i^3 – задане значення продуктивності i -го дозатора; $q_i^φ$ – фактичне значення продуктивності i -го дозатора; Δq_i – різниця між заданим і фактичним значеннями продуктивності i -го дозатора (помилка); U_{op} – сигнал оптимального управління; U_{33} – сигнал кола зворотного зв'язку; K_{33} – коефіцієнт кола зворотного зв'язку; A_i – зольність i -го компонента шихти; $p_i^φ$ – фактичне значення навантаження на датчик ваги, що чинить вугілля на ваговимірювальній ділянці конвеєра; \hat{x} – оцінка перемінних стану об'єкта управління

Рисунок 1 – Функціональна схема системи оптимального управління продуктивністю дозатора

В результаті проведення процедури синтезу, поданої в роботі [7], було отримано цифровий регулятор для управління продуктивністю автоматичного вагового дозатора. Дослідженням математичної моделі замкнутої системи встановлено, що вид перехідного процесу в ній практично не залежить від інтенсивності і частоти зовнішніх перешкод. Якість відновлення координат управління залишається високою навіть за наявності значного рівня перешкод, при цьому забезпечується точність підтримання вихідної координати з похибкою не більшою за $\pm 0,5\%$ при відсутності перерегулювання в системі. Таким чином вирішується задача автоматизованого управління підсистемою нижнього рівня, що виконує розвантаження бункерів у відповідності із заданими значеннями продуктивностей кожного з дозаторів та інформує підсистему верхнього рівня про кількість вивантаженого вугілля.

Підсистема верхнього рівня реалізує функції оптимального завантаження вугілля по бункерах, що забезпечує найкраще усереднення; контролю кількості рядового вугілля в акумулюючих бункерах; розрахунку часткового вмісту окремих компонентів у шихті; корекції часткового вмісту шахтогруп у шихті при зміні виробничої ситуації; контролю якості сформованої шихти; стабілізації загального навантаження на збагачувальне відділення ВЗФ. Функціональна схема системи управління процесом шихтування представлена на рисунку 2.

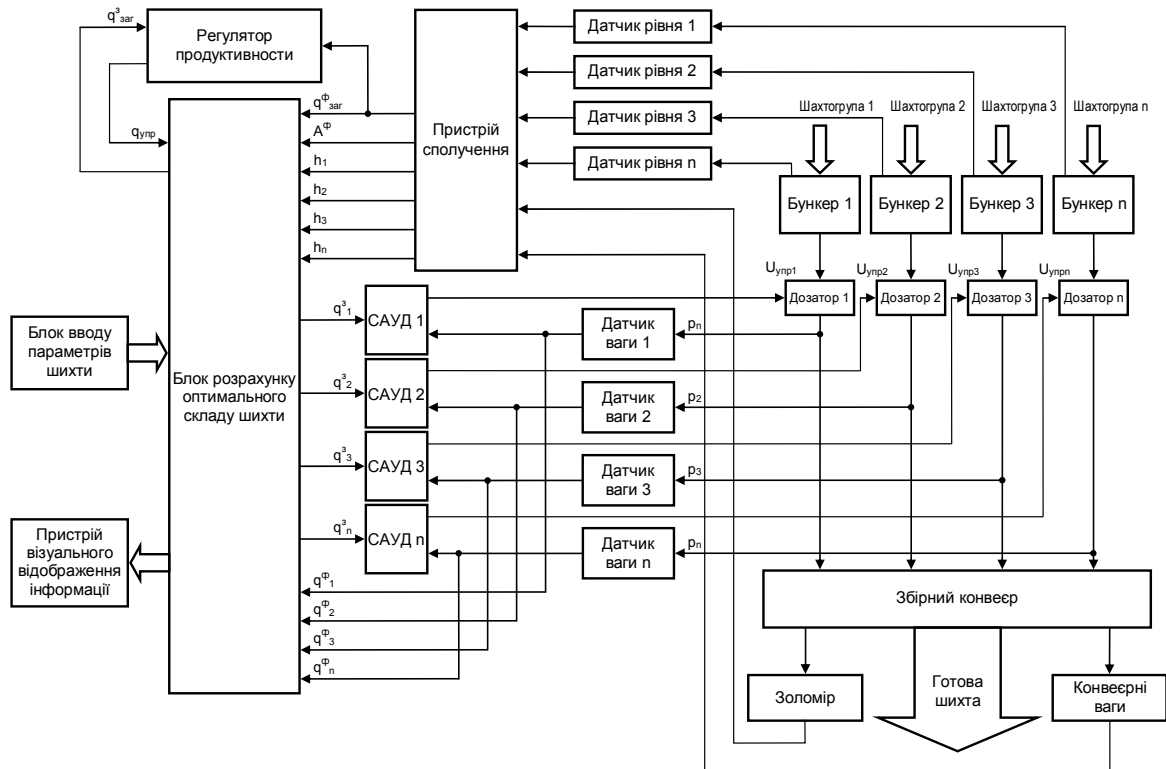


Рисунок 2 – Функціональна схема системи автоматизованого управління процесом шихтування

Автоматизована система управління процесом шихтування дозволяє автоматично підтримувати заданий режим роботи вуглепідготовчого відділення за продуктивністю і складом шихти, що готується, шляхом використання централізованого управління локальними підсистемами автоматичних вагових дозаторів (рисунок 1).

Система складається з об'єктів управління – автоматичних вагових дозаторів, джерел первинної інформації – датчиків ваги, датчиків рівня, конвеєрних ваг і золоміра, каналів передачі інформації, пристрою сполучення, локальних систем автоматичного управління дозаторами САУД₁...САУД_n, що утворюють нижній рівень управління і управляючої ЕОМ, до складу якої входять блок розрахунку оптимального складу шихти (БРОСШ), регулятор продуктивності вуглепідготовчого відділення і пристрої введення і відображення інформації про процес шихтування.

Управляюча ЕОМ у безперервному режимі з заданою частотою $f_{макт}$ опитує датчики, що контролюють кількісні і якісні показники процесу шихтування. Від датчиків до пристрою сполучення надходять сигнали, що характеризують рівні заповнення акумулюючих бункерів рядовими вугіллями різних шахтогруп $h_1...h_n$, фактичну продуктивність кожного з дозаторів $q^ф_1...q^ф_n$, фактичну продуктивність вуглепідготовчого відділення $q^ф_заг$ і зольність вихідного потоку шихти $A_ф$. Формування сигналів управління локальними системами управління продуктивністю дозаторів здійснюється управляючою ЕОМ на підставі інформаційного потоку, що надходить в неї. Цей потік включає сигнали від усіх джерел первинної інформації, а також інформацію, що вводиться оператором для завдання параметрів шихти, що готується. Виходячи з наявності у відповідних бункерах вугілля необхідних шахтогруп і їхніх якісних показників (зольності, гранулометричного складу), а також вимог до зольності готової шихти і планового навантаження на збагачувальне відділення УОФ блок розрахунку оптимального складу шихти виконує розрахунок коефіцієнтів часткового вмісту окремих шахтогруп, формуючи завдання продуктивності (уставки) $q^3_1...q^3_n$ для САУД₁...САУД_n. Останні здійснюють управління автодозаторами за допомогою сигналів $U_{упр1}...U_{упрn}$. Рядове вугілля, що вивантажується за допомогою підбункерних живильників, утворює на збірному конвеєрі вихідний потік шихти. Контроль сумарної продуктивності підсистем нижнього рівня здійснюється шляхом безперервного зважування матеріалу на збірному конвеєрі наростаючим підсумком і дистанційною передачею даних через пристрій сполучення в управляючу ЕОМ. Туди ж надходять сигнали від золоміра про зольність готової шихти.

Якщо протягом технологічного циклу фактична продуктивність вуглепідготовчого відділення $q^ф_заг$ відхиляється від заданого значення $q^3_заг$ у будь-який бік, регулятор продуктивності формує управляючий сигнал $q_{упр}$. Цей сигнал є коригувальним для блоку розрахунку оптимального складу шихти, що відповідно до його

величини виконує перерахування коефіцієнтів часткового вмісту компонентів шихти і пропорційно змінює сигнали завдання продуктивності $q^3_1 \dots q^3_n$ для підсистем управління дозаторами. Підсистеми нижнього рівня відпрацьовують скориговані сигнали завдання, впливаючи на продуктивність дозаторів за допомогою зміни сигналів управління $U_{впр1} \dots U_{впрn}$. Зміна уставок здійснюється покроково з перевіркою поточного значення загальної продуктивності вугледіготовочного відділення після кожної ітерації. Процес регулювання триває доти, доки фактичне значення загальної продуктивності не прийде у відповідність із заданим.

У випадку неприпустимого відхилення зольності вихідного потоку шихти від заданого значення система надає оператору можливість у напівавтоматичному режимі змінити коефіцієнти часткового вмісту окремих шахтогруп, скоригувавши в такий спосіб результуюче значення зольності готової шихти.

При зниженні рівня рядового вугілля в якому-небудь бункері нижче припустимого рівня відповідний датчик посилає сигнал на блок розрахунку оптимального складу шихти. Останній блокує роботу автодозатора, що управляє розвантаженням зазначеного бункера, шляхом зняття сигналу завдання з входу відповідної САУД. Одночасно БРОСШ формує сигнал завдання для САУД дозатора, що обслуговує бункер, який містить вугілля аналогічної шахтогрупи. Таким чином, видача відсутнього компонента продовжується з резервного бункера. У випадку відсутності в резервних бункерах вугілля необхідної шахтогрупи або плановій зміні виробничої ситуації БРОСШ виконує перерахування коефіцієнтів часткового вмісту вугілля різних шахтогруп відповідно до зміненого завдання, формуючи необхідні сигнали управління для підсистем нижнього рівня.

Припинення видачі компонента з якого-небудь бункера при наявності в ньому рядового вугілля (нульове значення фактичної продуктивності дозатора q^{ϕ}_n) сигналізує про виникнення аварійної ситуації, пов'язаної з забиванням випускного отвору бункера, несправністю підбункерного живильника чи ваговимірювального конвеєра з датчиком ваги (обривання датчика). Управляюча ЕОМ знімає сигнал завдання з входу відповідної САУД, здійснюючи аварійне відключення останнього для уникнення його ушкодження і порушення процесу шихтування. Блок розрахунку оптимального складу шихти формує сигнал завдання для САУД дозатора, що подає вугілля з резервного бункера, або (при відсутності вугілля аналогічної шахтогрупи) зупиняє процес шихтування, повідомляючи оператора про причини аварійної зупинки.

Інтеграція запропонованої дворівневої системи управління процесом шихтування в комплексну автоматизовану систему управління технологічним процесом вуглезбагачувальної фабрики в ролі окремої ланки АСУТП дозволить суттєво підвищити ефективність роботи вугледіготовочного відділення і покращити якість товарних продуктів збагачення за рахунок стабілізації навантаження на апарати основного циклу, одночасно знизивши втрати горючої маси з відходами збагачення і ступінь забруднення довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматизация производства на углеобогатительных фабриках / Л.Г. Мелькумов, В.А. Ульшин, М.А. Бастунский и др. – М.: Недра, 1983. – 295 с.
2. Бриллиантов В.В. Автоматизация углеобогатительных фабрик и контрольно-измерительные приборы. М.: Недра, 1977. – 272 с.
3. Стрейц В. Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления / Пер. с англ. Под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 296 с.
4. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер с англ. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
5. S. Haykin, "Kalman filtering and Neural Network", Edited by Simon Haykin, Ontario, Canada, 2001.
6. A.T. Nelson, "Nonlinear estimation and modeling of noisy time-series by dual Kalman filtering method", PhD Thesis, Oregon Graduate Institute, 2000.
7. Ульшин В.А., Гавриш А.И., Кобец Д.В. Оптимальное управление производительностью автодозаторов на УОФ // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2007. – №12 (118). – С.232 – 236.

Рекомендовано д.т.н. Толочко О.І.