

СИСТЕМНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОДУКТИВНОСТІ РЕЦИКЛУ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

В.І. Дмитрієв, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна

Обґрунтовано можливість технологічного контролю продуктивності рециклу на основі технологічної особливості транспортування пісків порціями, що знаходяться між лопатями двозаходової спіралі класифікатора, та впливу її на коливання моменту на валу привідного двигуна спіралі. Розглянуто побудову пристрою для автоматичного контролю продуктивності на основі оцінки амплітуди коливань споживаної потужності двигуна привода спіралі. Цей комплекс дозволяє забезпечити відносну похибку контролю не більше $\pm 10\%$

В технологічних процесах рудопідготовки при збагаченні залізної руди важливе місце посідає оцінка продуктивності рециклу в циклах подрібнення циклах подрібнення, які включають млин та спіральний класифікатор, для автоматизації та автоматичного управління. На рис.1 показана узагальнена технологічна схема замкнутого циклу подрібнення (ЗЦП), де показано включення рециклу QR.

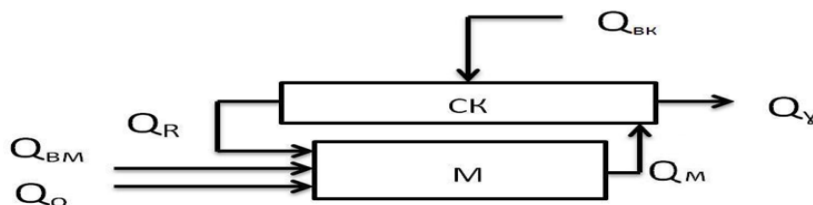


Рис.1 Узагальнена технологічна схема ЗЦП, де функціонують матеріальні потоки з витратами: QO - вихідний руди; QR - рецикла; QM - зливу «М»; QY - «готового» подрібненого до «заданої» крупності потоку руди; QBM і QBK - води в млин «М» і класифікатор «СК».

В практичній діяльності в умовах збагачувальних фабрик широке розповсюдження набули розрахункові методи технологічного контролю продуктивності спіральних класифікаторів [1,5], пов'язані з установкою та стабілізацією спеціальних режимів роботи циклів подрібнення, взяттям проб матеріальних потоків, їх обробкою та розрахунком значень продуктивності. Це потребує значних витрат часу (до 3-х годин), та отримана середньостатистична відносна похибка, яка становить не менше 20%. Це не дозволяє використовувати їх в системах автоматичного контролю та управління.

На деяких залізрудних фабриках для автоматичного контролю використовують значення повної потужності приводного електродвигуна спіралі класифікатора, що утворює рецикл. Ці пристрої та засоби також не набули широкого розповсюдження завдяки значній відносній похибці оцінки продуктивності.

Системне вивчення технологічних особливостей утворення та транспортування порцій пісків між витками спіралі класифікатора та скидання їх у пісковий жолоб порціями, що приводить до зміни значень амплітуди коливань - динаміки споживаної активної потужності привідного двигуна спіралі на частоті скидання їх у пісковий жолоб, дозволили виявити тісний зв'язок між масою порції та амплітудою коливань активної потужності. Це дозволило поєднати в їх в єдину систему для технологічного та автоматичного контролю [2] на основні оцінки порції пісків.

На цій основі розроблено методику визначення маси порції пісків та продуктивності рециклу по висоті порції пісків на площині лопаті спіралі, яка використовує значення технічних та геометричних параметрів спіралі та корита класифікатора для його конкретного типу, що дозволяє обчислити її об'єм. Оцінка вологовміст кості порції пісків при її складанні в пісковий жолоб, та питома вага руди дозволяють обчислити значення продуктивності на момент замірів.

Моделювання об'єму порції пісків [3,5] дозволило встановити закономірності їх геометричних розмірів та звести оцінку об'єму до вимірювання висоти порції пісків по лінії лопаті спіралі, з врахуванням паспортних даних розмірів спіралі класифікатора. В процесі досліджень була виведена

коригувальна функція спотворення геометричного об'єму порції при зміні об'єму. Це дозволило суттєво підвищити точність оцінки об'єму порції. Для переходу до оцінки продуктивності по піскам необхідно також оцінити щільність порції пісків і врахувати швидкість обертання спіралі. Схематичне зображення методу технологічного контролю об'єму порції пісків показано на рис.2.

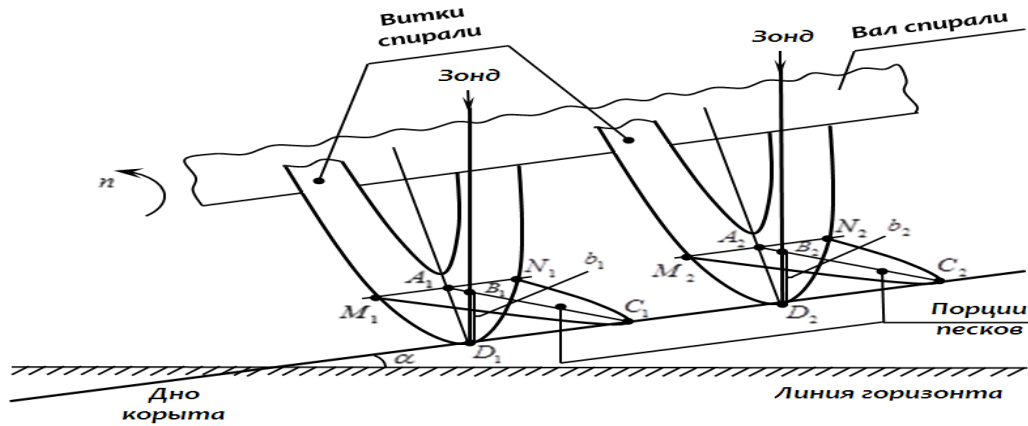


Рис.2. Схематичне зображення методу технологічного контролю об'єму порції пісків .

Об'єм порції пісків оцінюють [1] по виразу 2:

$$V_1 = 2 \left[\frac{1}{3} \left(\sqrt{\left(\frac{D^2}{4} - e^2 \right)} \right)^3 (tg \beta - tg \gamma) + \right. \\ \left. + 2 (mtg \beta - r_B tg \gamma) \left(\frac{e}{2} \sqrt{\frac{D^2}{4} - e^2} - \frac{D^2}{8} \arccos \frac{2e}{D} \right) \right] \quad (2)$$

$$e = \frac{D}{2} - b' \frac{\cos \gamma}{\cos(\alpha + \gamma)} \quad (3)$$

В підсумку можна отримати:

$$V_1 = f_1(D, r_B, \gamma, \alpha, b') \quad (4)$$

де b' - скориговане значення заміру висоти порції пісків, що обумовлено нерівномірністю поверхні порції.

Продуктивність спірального класифікатора по твердій фазі визначається за виразом:

$$Q_R = M_T \cdot Z \cdot n \cdot 60, \\ M_T = V \cdot \rho_n \cdot T, \quad (5)$$

де M_T - маса порції пісків; $Z = 2$ - кількість заходів спіралі; n - кількість оборотів спіралі; 60 - коефіцієнт приведення до годинної продуктивності; ρ_n - поточна щільність порції пісків; T - вміст твердої фази в порції пісків, що обумовлено значенням поточної щільності.

По даним проведених досліджень розроблена спеціальна програма моделювання продуктивності по піскам при вводі двох параметрів: висоти порції пісків і її щільність. Результатом роботи цієї програми є двох координатна таблиця, по осях якої розміщуються значення щільності пісків і висоти об'єму порції в заданих інтервалах значень. Можливий також варіант отримання поточного значення.

На основі цієї програми розроблені два алгоритми оцінки продуктивності спірального

класифікатора по пісках.

По першому алгоритму (МЗП) в оперативному режимі при роботі класифікатора вимірюється спеціальним вимірювальним стрижнем висота об'єму для трьох порцій пісків та їх значення осереднюються. Відбирається проба пропорції пісків при скиданні в пісковий жолоб оцінюється її щільність шляхом зважування. Виміри виконуються спеціальним стержнем (довжиною до 2,5 м) та пробовідбірною кружкою (об'ємом 1 дм³). По отриманим значенням величин по таблиці оцінюється продуктивність по піскам.

Другий алгоритм (МПВП) пов'язаний з тимчасовою зупинкою обертання спіралі (подрібнюючий агрегат продовжує працювати), прямому замірі висоти 2-х об'ємів порції пісків на відстані 1-2 витків от піскового жолоба и відборі проб пісків цих порцій. Шляхом зважування цих проб оцінюється маса та щільність порцій пісків. Результати вимірів осереднюються до визначення маси однієї порції. По отриманим значенням величин по аналогічній вище описаній, але спеціально допрацьованій програмі для ПК оцінюється продуктивність по піскам.

Перший алгоритм зручний для оперативної оцінки продуктивності по ходу технологічного процесу. Для отримання однієї оцінки продуктивності потрібно 5...10 хвилин, відносна похибка його не перевищує 7%. Другий алгоритм потребує зупинки обертання спіралі та, отже, витрати часу до 15 хвилин. Проте він більш точний: відносна похибка оцінки продуктивності не перевищує 5%. На підставі цих алгоритмів розроблені технологічні методики, котрі прийняті до використання на ряду збагачувальних залізородних фабрик: Леб ГОК, Ин ГОК, і т.д

Електропривод спіралі класифікатора має складну електромеханічну систему, яка складається з самої двозахідної спіралі, редуктора, системи валів муфти з'єднання з валом ротора електродвигуна та самого електродвигуна, приєднаного до системи електроспоживання. Ця послідовність складає інформаційний канал по оцінці зміни моменту на валу спіралі і відповідній зміні активної потужності споживаної електродвигуном привода спіралі.

Технологічно спіраль (рис.3) класифікатора Ск обертається за допомогою електромеханічної системи приводу, в складі механічного редуктора Р і приводного асинхронного електродвигуна D. Дискретний характер скидання порцій пісків в жолоб призводить до появи динамічної складової в споживаній активній потужності приводним електродвигуном D [2].

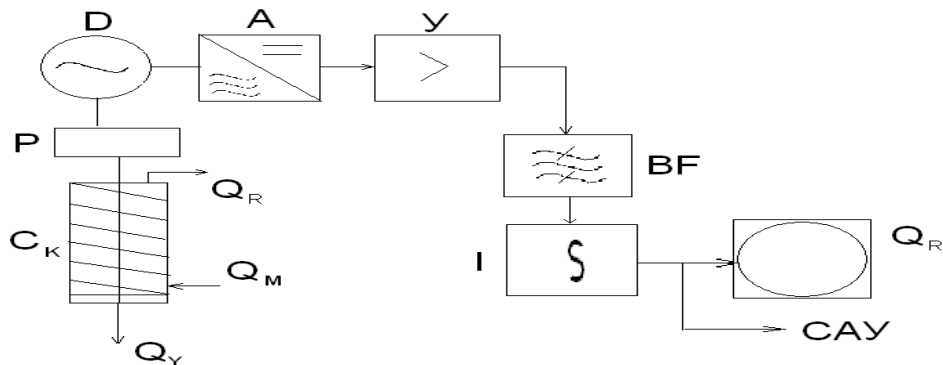


Рис.3. Структурна блок-схема реалізації системи автоматичного контролю, де :

Ск - спіральний класифікатор; QM і QR - матеріальні потоки подрібненої руди з млина і рецикла ЗЦІ; Р - редуктор; D - приводний асинхронний електродвигун; А - вимірювальний перетворювач активної потужності; У - підсилювач сигналу з виходу перетворювача А; BF - блок смугового фільтра; І - блок інтегрування сигналу; QR – показує значення продуктивності по рециклу (прилад автоматичного контролю); САУ - система автоматичного управління.

Використовуючи відоме [4] рівняння руху електроприводу:

$$M = M_c + M_d , \quad (5)$$

де М - повний момент на валу електродвигуна; Мс, Мд - статична і динамічна складові моменту.

Можна показати, що динамічна складова споживаної активної потужності

$$P_d = \pm K \cdot \Delta m \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (6)$$

де ω - швидкість обертання системи приведена до валу електродвигуна; E - коефіцієнт пропорційності; m - приведена маса системи, а Δm - її зміна з частотою (2ω), яка обумовлена двозаходною спіраллю та періодичним, дискретним скиданням порцій пісків.

Пристрій автоматичного контролю продуктивності [2] засновано на вимірі середнього значення амплітуди коливань (6), споживаної активної потужності привода спіралі на частоті скидання порцій пісків (подвійна оборотна, за рахунок двох заходів спіралі). Пристрій може бути виконано у вигляді окремого блока з установкою на пультах автоматики. Розроблений алгоритм роботи пристрою дозволяє реалізувати цього на комп'ютерній техніці та в складі автоматичної системи управління.

Математичний опис та моделювання [3] інформаційного каналу з використанням продуктивних параметрів класифікатора 2КСН-24 та технологічних умов роботи в 1-ій стадії рудопідготовки підтвердили його завадостійкість та надійність контролю на міжремонтнім інтервалі роботи.

Розроблені методика оцінки продуктивності по рециклу по висоті порції пісків та пристрої для автоматичного контролю продуктивності дозволили отримати загальну відносну оцінку похибки не більше 10%. Час отримання одного значення продуктивності для технічного контролю не перевищує 15 хвилин, що дозволяє використовувати його для оперативної оцінки градуюванні засобів автоматичного контролю, налагоджені режимів роботи циклів подрібнення та систем автоматичного управління.

Цей комплекс у складі окремого блоку автоматичного контролю типу УКПП та методики його градуювання, з використанням методів МВП та МПВП , при вимірюванні продуктивності рецикла, випробувано в умовах кількох збагачувальних залізородних фабрик ІнГЗК, ПГЗК та інших, на різного типу спіральних класифікаторах 1КСН3,0, 1КСН2,4, 2КСН2.4 , які підтвердили його працездатність та достатню відносну похибку автоматичного контролю [5].

Література

1. Дмитриев В.И. Экспериментальные методы оценки производительности по рециклу в замкнутых циклах измельчения /В.И. Дмитриев // Форум гірників-2015: матеріали міжнародної конференції, 30 вересня-3 жовтня 2015 р., м. Дніпропетровськ.- Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2015. Т.3.-С.160-169
2. Дмитриев В.И. Система авторского контроля производительности спирального классификатора / В.И.Дмитриев// Український метрологічний журнал. – Харків: МНВЦ, 2017.№1.=С.20-22.
3. Дмитриев В.И. Моделирование колебаний электромеханической системы спирального классификатора/ В.И.Дмитриев / Науковий вітник НГУ + Дніпропетровськ: НГУ, 2007.- №8 с.86-91.
4. Дементьев Ю.Н. Электрический привод: учебное пособие / Ю.Н. Дементьев, А.Ю. Чернышев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 232с.
5. Троп А.Е. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик: учебное пособие/ А.Е. Троп, В.З. Козин, Е.В. Прокофьев, - М.: Недра, 1986. – 303с.