

УДК 658.011.56

О.М. Сербул, канд. техн. наук, В.О. Кондратець, проф., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Розробка та дослідження блока ідентифікації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням

У статті приведені результати розробки та лабораторних досліджень блока ідентифікації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням. Наведені функціональна і принципова схеми блока, алгоритмічні схеми цифрового фільтрування сигналу витрати пульпи та визначення співвідношення руда/вода в кульовому млині, результати теоретичних та експериментальних досліджень. **блок, ідентифікація, розрідження пульпи, функціональна, принципова, алгоритмічна схеми, результати досліджень**

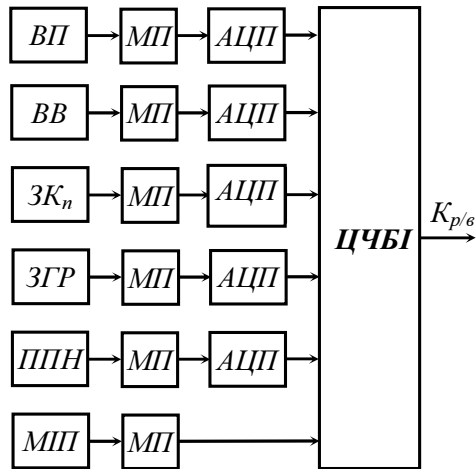
В Україні все ширше використовують збагачення залізних руд, які необхідно подрібнювати у кульових млинах з циркулюючим навантаженням. Відсутність засобів ідентифікації і керування розрідженням пульпи гальмує виконання Державної науково-технічної програми “Ресурсозберігаючі технології нового покоління в гірничо-металургійному комплексі” та вимагає розробки теми “Комп’ютерно інтегрована система автоматичного регулювання співвідношення руда/вода в кульових млинах з циркулюючим навантаженням” (0106U000981), яка входить до плану наукової тематики Кіровоградського національного технічного університету і присвячена розв’язанню даної задачі. Враховуючи, що блок ідентифікації даного параметра у керованому об’єкті займає одне з центральних місць у створюваній системі автоматичного керування, тема статті є актуальною.

Дослідженням і розробкою таких технічних засобів у різні роки в Україні і за кордоном займаються вчені А.Г. Астахов, М.В. Федоровський, О.М. Марюта, Ю.Г. Качан, Є.В. Кочура, А.С. Давидкович, В.С. Моркун, В.В. Ткачов, О.М. Тихонов, А.Є. Троп, Д. Гілберт, А. Лінч та ін. Розроблені пристрої з різних причин не отримали розповсюдження на рудозбагачувальних фабриках. Запропоновані авторами підходи ідентифікації співвідношення руда/вода у млинах з циркулюючим навантаженням та автоматичної стабілізації параметра дозволяють ефективно розв’язати дану задачу, однак розробкою блоків для реалізації запропонованих чи подібних алгоритмів ніхто не займався.

Метою даної роботи є розробка та дослідження блока ідентифікації співвідношення руда/вода у кульових млинах з циркулюючим навантаженням.

Співвідношення руда/вода $K_{p/v}$ у кульових млинах з циркулюючим навантаженням можливо ідентифікувати відповідно математичній моделі, розглянутій в [1], що залежить від шести параметрів. Необхідний результат можливо забезпечити завдяки оптимізації точнісних характеристик перетворювачів технологічних параметрів. При відносно високій похибці вимірювання об’ємної витрати пульпи в піщовому жолобі класифікатора і допустимих похибках витратомірів води і руди в технологічний агрегат у достатньо складних умовах відносна похибка ідентифікації співвідношення руда/вода доведена до 1,72 %, що нижче її граничного значення $\pm 3,0$ % [2]. З врахуванням математичної моделі і обраних типів технічних засобів функціональну схему блока

ідентифікації можна подати у вигляді, зображеному на рис. 1. Сигнал витратоміра подачі води у пісковий жолоб класифікатора $Q_{вжс} = const$ враховується у цифровій частині блока ідентифікації ЦЧБИ, інші аналогові сигнали перетворювачів і задавачів вводяться за



ВП – витратомір пульпи;
 ВВ – витратомір води; ЗК_н – задавач
 вмісту вологи в пісках
 класифікатора; ЗГР – задавач
 густини руди; ППН – перетворювач
 погонного навантаження руди;
 МП – магнітоіндукційний
 перетворювач швидкості конвеєрної
 стрічки; МП – масштабуючий
 підсилювач; АЦП – аналого-
 цифровий перетворювач;
 ЦЧБИ – цифрова частина блока
 ідентифікації
 Рисунок 1 – Функціональна схема
 блока ідентифікації співвідношення
 руда/вода в кульовому млині

однаковою схемою: перетворювач – масштабуючий підсилювач – аналого-цифровий перетворювач.

Для вимірювання об'ємної витрати пульпи в процесі оптимізації обрано чотириканальний пасивний сканер, який дозволяє знизити похибку до $\pm (3,0 \dots 3,5) \%$. Для вимірювання витрати води в кульовий млин прийнято безконтактний індукційний витратомір. Витратомір подачі води у пісковий жолоб класифікатора розроблявся спеціально. Витрата руди у кульовий млин визначається конвеєрними вагами, які були модернізовані. Зокрема, у вагах була здійснена цифрова фільтрація сигналів рудного навантаження та швидкості конвеєрної стрічки.

Похибку визначення $K_{p/6}$ можливо значно зменшити фільтруванням сигналу витрати пульпи, застосувавши цифрову фільтрацію, реалізуючи алгоритм визначення середнього значення випадкового сигналу витратоміра. Сигнал витратоміра пульпи необхідно фільтрувати впродовж 10 с або 20 с, 30 с і т.д. [3]. Початок фільтрування сигналу витрати пульпи розпочинається з мінімального значення в циклі, дані враховуються через 2×10^{-2} с, що відповідає запам'ятовуванню 762 точок за один повний цикл – 30,48 с. Алгоритмічна схема цифрового фільтрування сигналу витратоміра пульпи наведена на рис. 2.

Напруга на виході вимірювальних і задаючих пристроїв при найбільших фактичних значеннях технологічних параметрів дорівнює 5 В,

вхідний сигнал АЦП – $0 \dots 3,3$ В, тому перед входом АЦП встановлені масштабуючі підсилювачі. Похибка при визначенні співвідношення руда/вода може виникнути і в наслідок обмеженості розрядності при перетворенні аналогової інформації в дискретну. Моделювання даного процесу на персональному комп'ютері показало, що при чотирьох розрядах АЦП отримуємо великі похибки перетворення. Восьмирозрядний АЦП дозволяє значно підвищити точність визначення співвідношення руда/вода, однак помилки перетворення окремих технологічних параметрів залишаються суттєвими. Вони відповідно складають: 0,13 %; 0,13 %; - 0,22 %; - 0,04 %; - 0,04 %; - 0,17 % для руди, пульпи, води в млин, води в жолоб, густини руди, вмісту вологи в пісках класифікатора. 12-розрядні АЦП практично не мають відчутних помилок перетворення, а 10-розрядні – незначні. У 10-розрядних АЦП помилки перетворення сигналів склали наступні значення: 0,031 %; 0,032 %; - 0,057 %; - 0,013 %; 0,021 %; - 0,044 %. Отже, для перетворення аналогових сигналів у цифрові достатньо використовувати АЦП, розпочинаючи з 10-розрядних, однак вище 16-розрядних дані пристрої застосовувати недоцільно.

За даними, що відповідають реалізації сигналів тривалістю 30,48 с блок ідентифікації визначає співвідношення руда/вода в кульовому млині, яке запам'ятовується на тривалість циклу управління 30,48 с. Після цього цикл цифрового

фільтрування сигналів і визначення $K_{p/v}$ повторюється. Алгоритмічна схема визначення співвідношення руда/вода в кульовому млині наведена рис. 3.

Відповідно викладеному, здійснено вибір принципів елементів цифрової частини блока ідентифікації співвідношення руда/вода в кульовому млині. Принципова схема блока ідентифікації співвідношення руда/вода в кульовому млині показана на рис. 4.

Блок ідентифікації співвідношення руда/вода випробувався в лабораторних

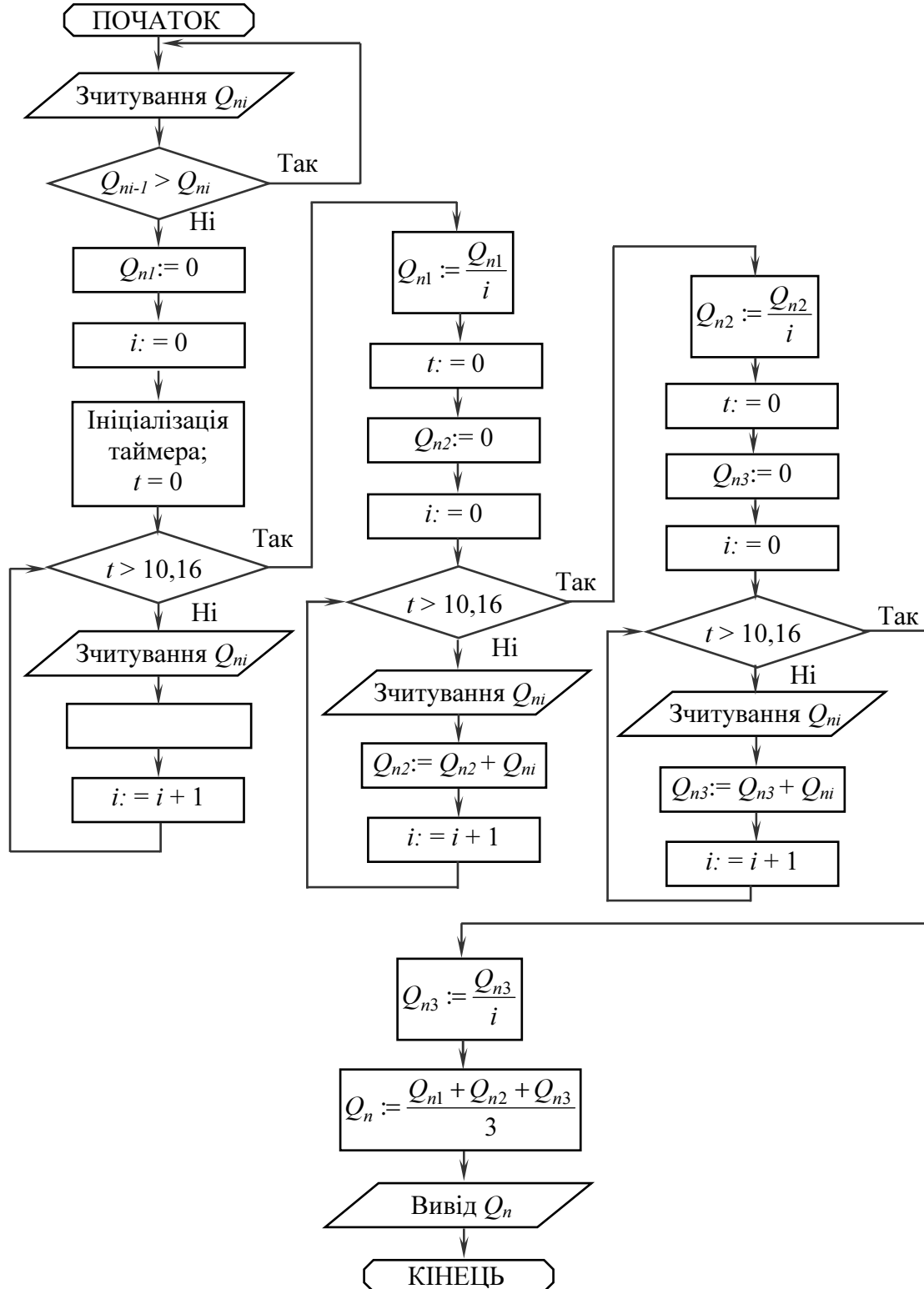


Рисунок 2 – Алгоритмічна схема цифрового фільтрування сигналу витратоміра пульпи

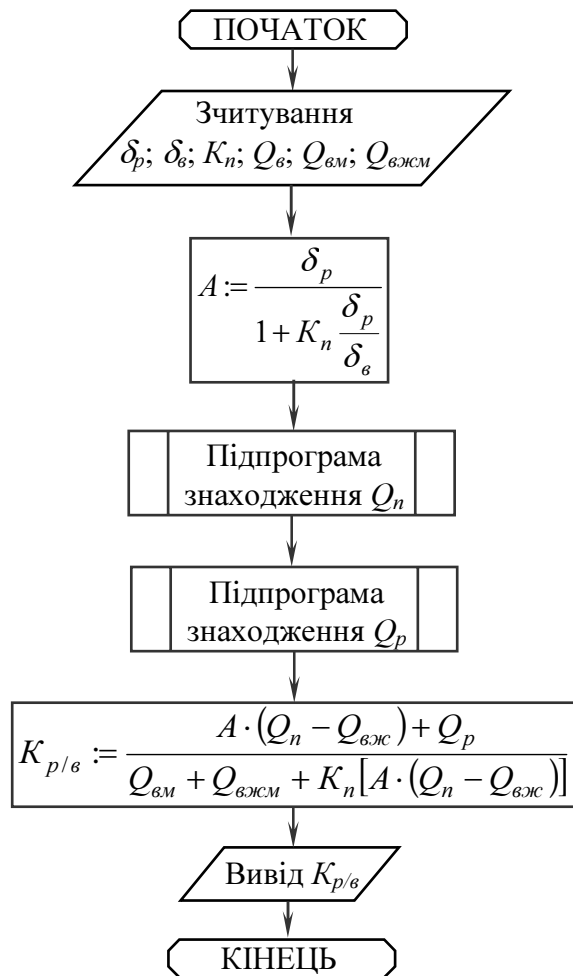


Рисунок 3 – Алгоритмічна схема визначення співвідношення руда/вода в кульовому млині

Спочатку досліджувалася система цифрового фільтрування сигналу витратоміра пульпи. Сигнал з задавача витратоміра пульпи при незмінних інших параметрах вводився на вхід блока ідентифікації. При цьому фіксувалися кінцеві значення сигналів витратоміра пульпи. Вони відповідали встановленим тривалостям циклів фільтрування, тобто, 30,48 с. Дослідами встановлено, що дані, визначені системою цифрового фільтрування сигналів, повністю співпадають з параметрами задавача витрати пульпи в пісковому жолобі класифікатора.

На другому етапі досліджень знімалися статичні характеристики блока ідентифікації співвідношення руда/вода у кульовому млині. В якості інформаційних засобів використовувалися задавачі, прийняті у принциповій схемі блока ідентифікації. У досліджах були прийняті константами $Q_v = 65,28 \text{ м}^3/\text{год}$, $\delta_p = 3,3 \text{ т/м}^3$, $K_n = 0,12$, $Q_{vжс} = 24,3 \text{ м}^3/\text{год}$. Витраті пульпи Q_n надавались постійні значення $Q_{n1} = 125,827 \text{ м}^3/\text{год}$, $Q_{n2} = 151,209 \text{ м}^3/\text{год}$, $Q_{n3} = 176,591 \text{ м}^3/\text{год}$. При кожному значенні витрати пульпи Q_{ni} задавачем конвеєрних вагів встановлювалися незмінні значення витрати руди Q_p , які в досліджах змінювалися від 180 до 260 т/год. При цьому фіксувалися значення співвідношення руда/вода, визначені блоком ідентифікації та отримані розрахунково за математичною моделлю. На рис. 5 наведені теоретичні та експериментальні залежності $K_{p/v}$ від витрати руди при різній витраті пульпи у пісковому жолобі. З рис. 5 видно, що ці залежності повністю співпадають.

умовах. Випробування базувалося на його математичній моделі, де технічні дані відповідали базовому режиму роботи подрібнювального агрегату. Змінними при дослідженні виступали витрата пульпи Q_n у пісковому жолобі та витрата руди Q_p у кульовий млин, які приводять до непостійності відшукуваного параметра.

Всі параметри у математичній моделі і відповідно у блоці ідентифікації встановлювалися за допомогою задавачів, які використані у принциповій схемі для густини руди і вмісту вологи в пісках класифікатора та забезпечені світловими індикаторами фактичного значення. Крім того, для введення сигналу витратоміра пульпи був виготовлений спеціальний задавач. Задавач містив синхронний двигун з редуктором, однообертове лекало, реохордний перетворювач радіального переміщення та джерело живлення постійного струму. Лекало визначало закономірність руху матеріалу в технологічному потоці. Для спрощення приймалися гармонічні залежності, що наближено відповідали умовам технологічного процесу. Лекало задавача витрати пульпи здійснювало один оберт за 10,16 с. Змінні параметри Q_n і Q_p приймалися в межах технологічних значень. Витрата руди Q_p встановлювалася задавачем і ступінчасто у досліджах змінювалася в межах від 180 до 260 т/год.

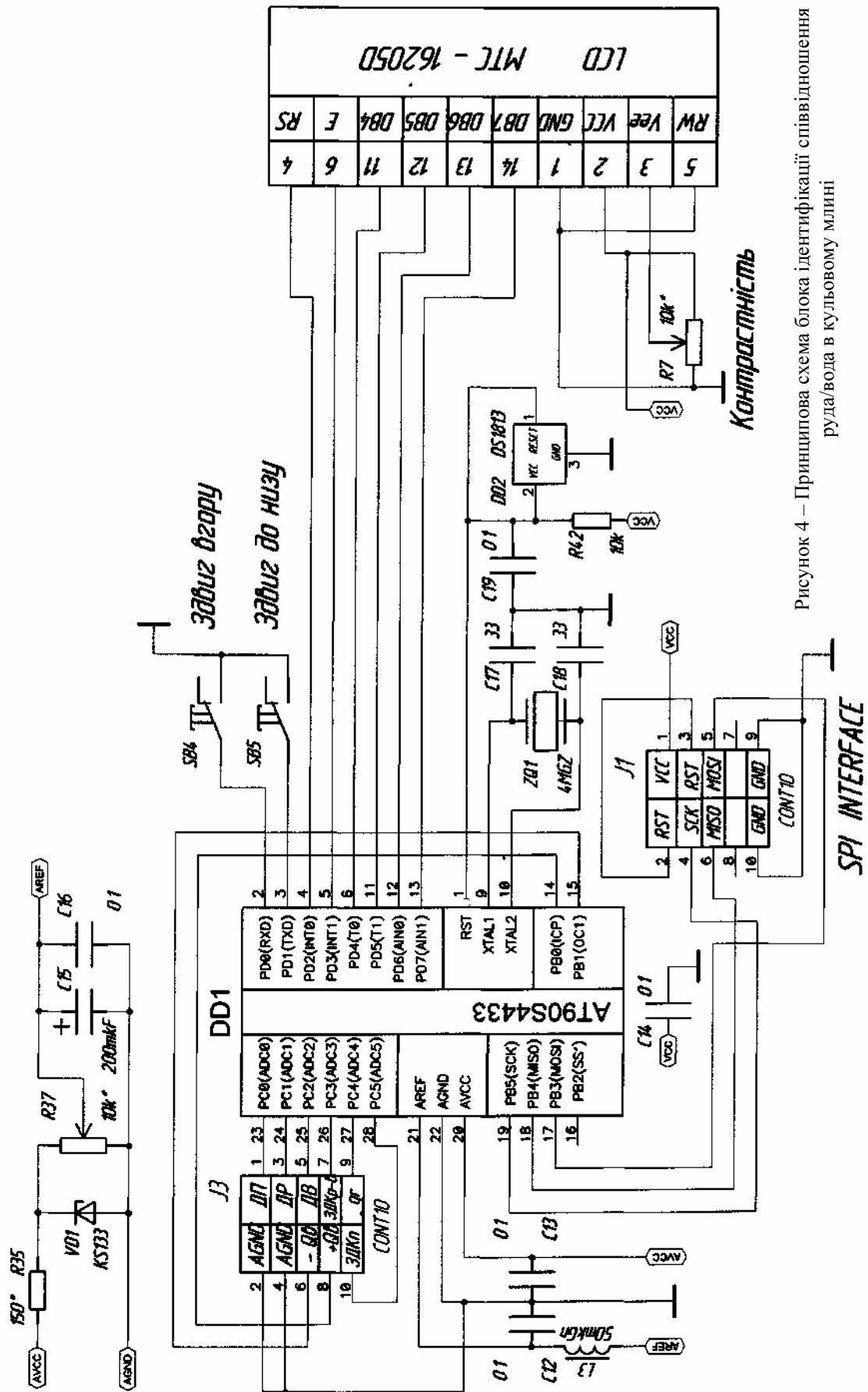


Рисунок 4 – Принципова схема блока ідентифікації співвідношення руда/вода в кульовому млині

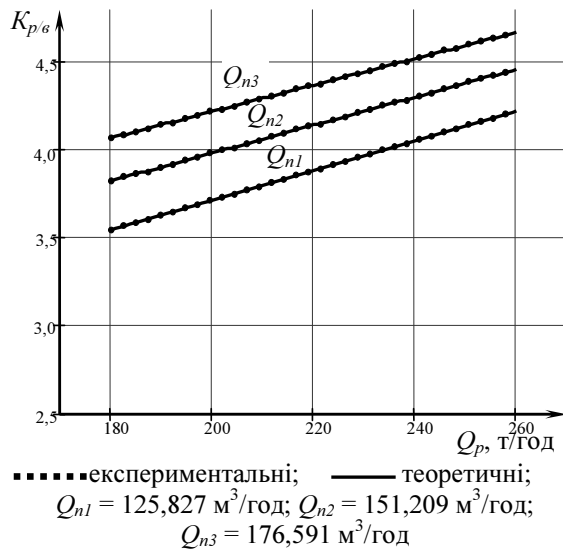


Рисунок 5 – Теоретичні та експериментальні залежності співвідношення руда/вода в кульовому млині від витрати руди

класифікаторами.

Список літератури

1. Сербул О.М. Обґрунтування підходу підвищення точності ідентифікації співвідношення руда/вода в кульових млинах з циркулюючим навантаженням /О.М. Сербул, В.О. Кондратець //Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. праць КНТУ. – 2009. – № 22. – С. 24-28.
2. Кондратець В.О. Підвищення точності ідентифікації моделей складних систем оптимізацією точнісних характеристик параметрів /В.О. Кондратець, О.М. Сербул //Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук. конф. Том. 1. – Херсон: ХНТУ, 2009. – С. 71-73.
3. Кондратець В.О. Підвищення точності стохастичної САР розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням фільтруванням сигналів /В.О. Кондратець, О.М. Сербул //Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. праць КНТУ. – 2010. – № 23. – С. 78-84.

А. Сербул, В. Кондратець

Разработка и исследование блока идентификации разжижения пульпы в мельницах с циркулирующей нагрузкой

В статье приведены результаты разработки и лабораторных исследований блока идентификации разжижения пульпы в мельницах с циркулирующей нагрузкой. Приведены функциональная и принципиальная схемы блока, алгоритмические схемы цифрового фильтрации сигнала расхода пульпы и определения соотношения руда/вода в шаровой мельнице, результаты теоретических и экспериментальных исследований.

A. Serbul, V. Kondratets

Development and research block of authentication of dilution of mash in mills with the circulatory loading

In the article results over of development and laboratory researches block of authentication of dilution of pulp in mills with the circulatory loading are presented. The functional and fundamental charts of block, algorithmic charts of digital filtration of signal of expense of pulp and determination of correlation water/ore in a ball mill, results of theoretical and experimental researches are presented.

Одержано 01.03.12

Таким чином, проведені дослідження показали, що розроблений блок з високою точністю ідентифікує співвідношення руда/вода у кульовому млині з циркулюючим навантаженням в широких межах зміни технологічних параметрів, результати, отримані теоретично і експериментально, повністю співпадають. За допомогою розробленого блока ідентифікації можливо ефективно в автоматичному режимі визначати співвідношення руда/вода на вході кульового млина.

Проведені дослідження відкривають перспективу розробки комп'ютеризованої системи автоматичного регулювання співвідношення руда/вода на вході кульових млинів, що працюють у замкнутому циклі з спіральними