



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59644 (13) A

(51) 7 B03B11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ РОЗРІДЖЕННЯ ПУЛЬПИ В МЛИНАХ З ЦИРКУЛЮЮЧИМ НАВАНТАЖЕННЯМ**

1

2

(21) 2002118758

(22) 05 11 2002

(24) 15 09 2003

(46) 15 09 2003, Бюл. № 9, 2003 р.

(72) Кондратець Василь Олександрович, Сербул  
Олександр Миколайович(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1 Спосіб автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням, що працюють в замкнутому циклі зі спіральним механічним класификатором, шляхом вимірювання витрати руди, пульпи та води з наступним інтегруванням пульсуючого сигналу витрати пульпи та двоконтурним регулюванням витрати води з результатами, що визначають точністю вимірювальних засобів та засобів задання констант, який відрізняється тим, що регулювання витрати води здійснюють одноконтурним по узагальненому для млина показнику співвідношення "руда-вода" як задавального діяння та інформації про результати керування, який визначають за константами процесу та витратою руди, пульпи і води, виконуючи регулювання циклічним за витратою пульпи з осередненням узагальненого показника до заданого значення за більш тривалий відрізок часу

2 Спосіб по п 1, який відрізняється тим, що узагальнений для млина показник співвідношення "руда-вода" як задавальне діяння формують відповідно залежності

$$K_{p\text{ в}} = \frac{\gamma - \delta_{\text{в}}}{\delta_{\text{р}} - \gamma} \cdot \frac{\delta_{\text{р}}}{\delta_{\text{в}}}, \quad (4)$$

а інформацію про результати керування отримують за формулою

$$K_{p\text{ в}} = \frac{A \cdot (Q_{\text{п}} - Q_{\text{в1}}) + Q_{\text{р}}}{Q_{\text{в}} + Q_{\text{в1}} + k \cdot [A \cdot (Q_{\text{п}} - Q_{\text{в1}})]}$$

де

γ - густина пульпи в млині,

δ<sub>р</sub>, δ<sub>в</sub> - відповідно густина руди та води,Q<sub>п</sub>, Q<sub>р</sub>, Q<sub>в</sub> - змінні, що вимірюють в технологічному процесі, відповідно до витрати пульпи, руди та води в млині,

k - стала, яка визначає вміст вологи в пісках класификатора,

A - змінна константа, що залежить від густини руди, води та k,

Q<sub>в1</sub> - витрата води, яка подається в пісковий жолоб класификатора

3 Спосіб по п 1, який відрізняється тим, що точність вимірюваних засобів та засобів задання констант визначають в процесі оптимізації похибки отриманого узагальненого для млина показника співвідношення "руда-вода", що є інформацією про результати керування

4 Спосіб по п 1, який відрізняється тим, що при здійсненні циклічного регулювання знаходять середнє значення параметра Q<sub>п</sub> за встановлений фіксований відрізок часу, запам'ятовують його попереднє значення, відшукують різницю між ними, значення регульованої величини K<sub>р в</sub> на наступний цикл керування і визначення параметра встановлюють незмінним по знайденому Q<sub>п</sub>, скоригованому на різницю відхилення з врахуванням знака

5 Спосіб по п 1, який відрізняється тим, що в контурі регулювання витрати води в млині компенсують сталі часу динамічних ланок, що розташовані після вимірювальних засобів

Винахід відноситься до рудозбагачувальної галузі промисловості, а саме до автоматизації процесів подрібнення руди.

Відомий спосіб автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням, що працюють в замкнутому циклі зі спі-

ральним механічним класификатором, передбачає використання регулятора руди і регулятора води, які подаються в млин, з вимірюванням масових витрат руди конвеєрними вагами і кількості пісків класификатора датчиком, який визначає циркулююче навантаження замкнутого циклу по струму або

(19) UA (11) 59644 (13) A

потужності двигуна класифікатора [1]. Найбільш близьким по технічній суті та досягнутому результату до запропонованого винаходу є спосіб, обраний як прототип, який передбачає вимірювання витрат пульпи в пісковому жолобі класифікатора, витрат води, що подається в пісковий жолоб, виконання математичних операцій та регулювання витрат води. Паралельно здійснюються операції вимірювання витрат руди та регулювання витрат води, що подаються в млин [2]. До математичних операцій входять віднімання від об'ємних витрат пульпи витрат води і перемноження даної різниці та коефіцієнта, що враховує густину твердого і вміст вологи в пісках класифікатора [3]. Сигнал витратоміра пульпи в пісковому жолобі інтегрують [4].

Недоліком відомого способу стабілізації розрідження пульпи є занадто низька точність підтримання розрідження пульпи в млині внаслідок сумування точного сигналу витрат руди і неточного сигналу, що характеризує витрати пісків та неврахування вологи в пісках класифікатора.

Недоліком способу-прототипу є порівняно незначна точність стабілізації розрідження пульпи, яка породжена наявністю двох незалежних контурів регулювання по руді та піскам класифікатора, однозначністю впливу точності вимірювання параметрів на точність стабілізації, інтегруванням пульсуючого сигналу витрат пульпи та впливом інерційності динамічних ланок.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млині шляхом вимірювання витрат пульпи в пісковому жолобі, витрат руди, витрат води, що подається в млин, витрат води в пісковий жолоб і задання змінної константи, що залежить від густини руди та утримання вологи в пісках, з послідовним визначенням за цими показниками вихідної величини - співвідношення  $K_{p-v}$  "руда-вода", яке порівнюється із заданим значенням співвідношення, вибору точності вимірювальних засобів та засобів задання констант, а також знаходження середнього значення витрат пульпи за кілька обертів спіралей класифікатора з фіксуванням при цьому  $K_{p-v}$  і послідовною корекцією даного значення, та компенсації стапих часу динамічних ланок в контурі регулювання.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що на відміну від відомого способу автоматичної стабілізації розрідження пульпи в кульовому млині, визначають і встановлюють задаюче діяння  $K_{p-v}$  за значеннями густини пульпи в млині, густини руди та води з врахуванням властивостей подрібнюваного матеріалу, а значення регульованої величини  $K_{p-v}$  отримують розрахункове за значеннями витрат руди, пульпи в пісковому жолобі класифікатора, води в млин, стапих витрат води в пісковий жолоб класифікатора, сталой, що визначає вміст вологи в пісках класифікатора та змінної константи, яка залежить від густини руди та сталой, що характеризує вміст вологи в пісках класифікатора, точність вимірювальних засобів та засобів задання констант визначають в процесі оптимізації похибок отриманого параметру  $K_{p-v}$ , який в процесі автоматичного регулювання визначають по витратам пульпи в пісковому жолобі за

кілька обертів спіралей, підтримують за даний цикл незмінним і коректують в наступному періоді, а в контурі регулювання витрат води в кульовий млин компенсують стапі часу динамічних ланок.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням, що працює в замкнутому циклі зі спіральним механічним класифікатором, шляхом вимірювання витрати руди, пульпи та води з наступним інтегруванням пульсуючого сигналу витрати пульпи та двоконтурним регулюванням витрати води, з результатами, що визначаються точністю вимірювальних засобів та засобів задання констант, згідно з винаходом, регулювання витрати води здійснюють одно контурним по узагальненому для млина показнику співвідношення "руда-вода" як задавального діяння та інформації про результати керування, який визначають за константами процесу та витратою руди, пульпи і води, виконуючи регулювання циклічним за витратою пульпи з осередненням узагальненого показника до заданого значення за більш тривалий відрізок часу.

Крім того, узагальнений для млина показник співвідношення "руда-вода" як задавальне діяння формують відповідно залежності

$$K_{p-v} = \frac{\gamma - \delta_v \cdot \delta_p}{\delta_p - \gamma \cdot \delta_v},$$

а інформацію про результати керування отримують за формулою

$$K_{p-v} = \frac{A \cdot (Q_n - Q_{v1}) + Q_p}{Q_v + Q_{v1} + k \cdot [A \cdot (Q_n - Q_{v1})]},$$

де

$\gamma$  - густина пульпи в млині,

$\delta_p, \delta_v$  - відповідно густина руди та води,

$Q_n, Q_p, Q_v$  - змінні, що вимірюють в технологічному процесі, відповідно витрати пульпи, руди та води в млин,

$k$  - стала, яка визначає вміст вологи в пісках класифікатора,

$A$  - змінна константа, що залежить від густини руди, води та  $k$ ,

$Q_{v1}$  - витрата води, яка подається в пісковий жолоб класифікатора.

Крім того, точність вимірюваних засобів та засобів задання констант визначають в процесі оптимізації похибки отриманого узагальненого для млина показника співвідношення "руда-вода", що є інформацією про результати керування.

Крім того, при здійсненні циклічного регулювання знаходять середнє значення параметра  $Q_n$  за встановлений фіксований відрізок часу, запам'ятовують його попереднє значення, відшукують різницю між ними, значення регульованої величини  $K_{p-v}$  на наступний цикл керування і визначення параметра встановлюють незмінним по знайденому  $Q_n$ , скоригованому на різницю відхилення з врахуванням знаку.

Крім того, в контурі регулювання витрати води в млин компенсують стапі часу динамічних ланок, що розташовані після вимірювальних засобів.

На відміну від відомого способу автоматичної стабілізації розрідження пульпи в кульовому млині, регулювання здійснюють одноконтурним по уза-

гальненому для млина показнику  $K_{p-v}$  співвідношення "руда-вода", визначають і встановлюють задаваче діяння  $K_{p-v}$  за значеннями густини пульпи в млині, густини руди та води з врахуванням властивостей подрібнюваного матеріалу, а значення регульованої величини  $K_{p-v}$  отримують розрахункове за значеннями витрат руди, пульпи в пісковому жолобі класификатора, води в млин, сталих витрат води в пісковий жолоб класификатора, сталої, що визначає вміст вологи в пісках класификатора та змінної константи, яка залежить від густини руди та сталої, що характеризує вміст вологи в пісках класификатора, точність вимірювальних засобів та засобів задання констант визначають в процесі оптимізації похибок отриманого параметру  $K_{p-v}$ , який в процесі автоматичного регулювання визначають по витратам пульпи в пісковому жолобі за кілька обертів спіралей, підтримують за даний цикл незмінним і коректують в наступному періоді, а в контурі регулювання витрат води в кульовий млин компенсують сталі часу динамічних ланок

Суть винаходу пояснюється кресленнями На фіг 1 і фіг 2 зображені схеми автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млині відомим і запропонованим способом

З приведених схем видно сутність автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млині відомим і запропонованим способами В обох випадках вимірюються приладами витрати вихідної руди 1, води 2, що надходить у млин 3, витрати пульпи 4, що рухається в пісковому жолобі, витрати води 5, яка подається в пісковий жолоб, та використовують задавач 6 змінної константи, що залежить від густини руди  $\delta_p$ , води  $\delta_v$  і сталої  $k$ , яка визначає вміст вологи в пісках класификатора, і чисельно дорівнює

$$A = \frac{\delta_p}{1 + k \cdot \frac{\delta_p}{\delta_v}} \quad (1)$$

У відомому способі (фіг 1) передбачене використання регуляторів співвідношення "руда-вода" 7 і 8 із регулюючими органами 9 і 10, які змінюють витрати води в млин і пісковий жолоб Обчислювальний пристрій 11 визначає циркулююче навантаження Для покращення роботи застосований інтегратор 12 сигналу витратоміра пульпи, який є занадто нерівномірним у часі

Відомий спосіб (фіг 1) має два незалежних контури регулювання розрідження пульпи, які стосовно точності характеризуються дисперсіями  $\sigma_1^2$  і  $\sigma_2^2$  Похибка підтримання розрідження пульпи буде визначатись залежністю

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (2)$$

що для однакових похибок буде

$$\sigma = \sigma_{1,2} \sqrt{2} \quad (3)$$

Тобто, отримуємо похибку, значно більшу, ніж при одному контурі регулювання

Крім того, тут похибка вимірювання окремого параметра однозначно впливає на результати стабілізації розрідження пульпи Інтегрування сиг-

налу витратоміра пульпи не забезпечує його повної однозначності, а наявність сталих часу в контурах регулювання в перехідних режимах приводить до невідповідності витрат руди і води Все це значно зменшує точність підтримання розрідження пульпи в млині

В запропонованому способі (фіг 2) є лише один контур регулювання, що не дає додаткової похибки, збільшеної у  $\sqrt{2} = 1,41$  рази Крім того, контур регулювання виконано по більш точному принципу регулювання - за відхиленням з задавачем 7 співвідношення "руда-вода"  $K_{p-v}$ , регулятором 8 і розрахунковим визначенням отриманого параметра  $K_{p-v}$  розрідження пульпи в кульовому млині за допомогою обчислювального приладу 9, на вхід якого надходять сигнали з витратомірів руди 1, води 2, пульпи 4, води в пісковий жолоб 5 та задавачів 6 змінної константи  $A$  та 10 сталої  $k$  При невідповідності обчисленого пристроєм 9 значення розрідження пульпи  $K_{p-v}$  заданому  $K_{p-v}$  задавачем 7 регулятор 8 за допомогою регулюючого органа 11 вносить зміни у витрати води, що подається в млин, до вирівнювання отриманого і заданого значень  $K_{p-v}$  Задане значення  $K_{p-v}$  встановлюють в залежності від густини пульпи в млині, густини руди та води з врахуванням властивостей подрібнюваного матеріалу Задане значення  $K_{p-v}$  визначають за формулою

$$K_{p-v} = \frac{\gamma - \delta_v \cdot \delta_p}{\delta_p - \gamma \cdot \delta_v}, \quad (4)$$

а розрахункове - за залежністю

$$K_{p-v} = \frac{A \cdot (Q_p - Q_{в1}) + Q_p}{Q_v + Q_{в1} + k \cdot [A \cdot (Q_p - Q_{в1})]}, \quad (5)$$

де  $Q_p$ ,  $Q_v$ ,  $Q_{в1}$  - змінні, що вимірюються в технологічному процесі, відповідно витрати пульпи, руди та води в млин,  $Q_{в1}$  - витрати води, що подається в пісковий жолоб класификатора

Це забезпечує більш високу точність підтримання розрідження пульпи в кульовому млині порівняно з відомим способом

Взаємозв'язок між вимірюваними і заданими параметрами такий, що можна оптимізувати по точності отримване значення  $K_{p-v}$  при різних похибках сигналів вимірювальних приладів та задавачів Тобто, можливо досягти необхідної точності визначення  $K_{p-v}$  при різних похибках сигналів, які використовуються Зокрема, можливо досягти заданої точності  $K_{p-v}$  при порівняно значній похибці витратоміра пульпи в пісковому жолобі і більш точному вимірюванні і заданні інших параметрів, що технічно можливо Такий прийом дозволяє значно підвищити точність стабілізації розрідження пульпи порівняно з відомим способом

Ще одним важливим фактором забезпечення точності стабілізації розрідження пульпи в кульовому млині запропонованим способом є знаходження середнього значення витрат пульпи за встановлений фіксований відрізок часу  $t_f$  замість інтеграції сигналу витратоміра пульпи Об'ємні витрати пульпи в пісковому жолобі класификатора за встановлений фіксований відрізок часу будуть мати конкретне значення, на яке не впливають пульсації сигналу Це буде об'єм пульпи, визначений за встановлений фіксований відрізок часу По

даному значенню витрат пульпи, яке позбавлене похибки від пульсації потоку, знаходять  $K_{pв}$  і здійснюють на протязі  $t_{ф}$  регулювання витрат води в кульовий млин. Поточний час подається сумою відрізків  $t_{ф}$ , між якими відсутні проміжки. Пристрій 12 "запам'ятовує" значення  $Q_n$  за попередній фіксований відрізок часу  $t_{ф}$  і регулятор 8 здійснює регулювання витрат води за цими даними впродовж наступного відрізка часу  $t_{ф}$ , в який, у свою чергу, визначаються поточні витрати  $Q_n$ . Так як регулювання здійснюється за даними попереднього, а не поточного відрізка часу  $t_{ф}$ , передбачається компенсація невідповідності поданої води в наступному відрізку часу. Для цього в кінці поточного фіксованого часу  $t_{ф}$  порівнюються минуле і отримане значення  $Q_n$ . Якщо отримане значення  $Q_n$  більше попереднього, то на цю величину  $\Delta Q_n$  збільшується отримана величина витрат пульпи в наступному циклі регулювання  $t_{ф}$ . Навпаки, отримане значення витрат пульпи зменшується на  $\Delta Q_n$ , якщо воно менше попереднього результату вимірювання. Компенсація витрат води в наступному фіксованому проміжку часу  $t_{ф}$  не впливає на стан млина, враховуючи його занадто велику інерційність і порівняно малі відрізки  $t_{ф}$ .

Суттєво підвищує точність стабілізації розри-

дження пульпи в кульовому млині в запропонованому способі і компенсація стапих часу динамічних панок в контурі регулювання. Точність стабілізації підвищується завдяки однозначній зміні витрат води в млин при зміні збурюючих впливів в даному процесі - витрат руди, води, пульпи.

Для отримання порівняльних даних проводились вимірювання розрідження пульпи в точці розвантаження млина при автоматичній стабілізації параметра відомим і запропонованим способом. Проби пульпи відбирались в центральній точці по осі млина в різних усталених режимах роботи циклу подрібнення руди. В широких межах змінювались витрати руди, пульпи в пісковому жолобі класификатора, води в млин і пісковий жолоб, властивості вихідної руди. Проби пульпи зважувались і висушувались при постійній температурі до незмінної ваги, яка відповідала масі твердого. Маса води (рідкого) в пульпі визначалась як різниця ваги вихідної проби і сухого матеріалу. Відношення цих результатів характеризує значення  $K_{pв}$ , яке вважалось дійсним.

Порівняльні експериментальні показники для способів стабілізації розрідження пульпи наведені в табл.

Таблиця

Спосіб автоматичної стабілізації розрідження пульпи	Встановлене відношення "руда-вода"	Відносна похибка стабілізації розрідження пульпи
1 Відомий	3,8	$\pm 9,6\%$
2 Запропонований	3,8	$\pm 2,9\%$

Як видно з таблиці, запропонований спосіб автоматичної стабілізації розрідження пульпи в кульовому млині дозволяє значно підвищити точність підтримання параметру в умовах широких змін технологічних факторів.

Література

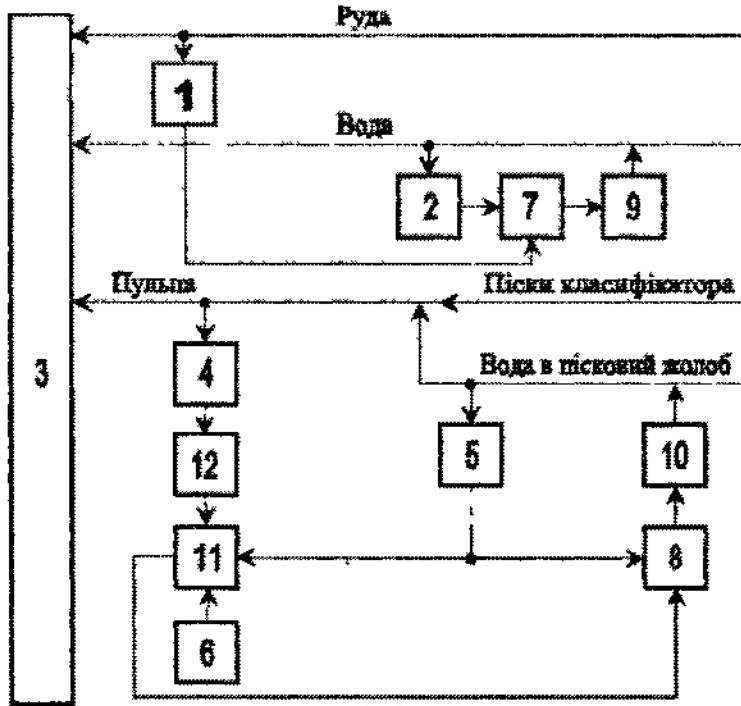
1 Нестеров Г.С., Нестерова Н.А., Батанов А.И. Управление технологическими процессами на

обогащительных фабриках — М. Недра, 1966 — 220 с

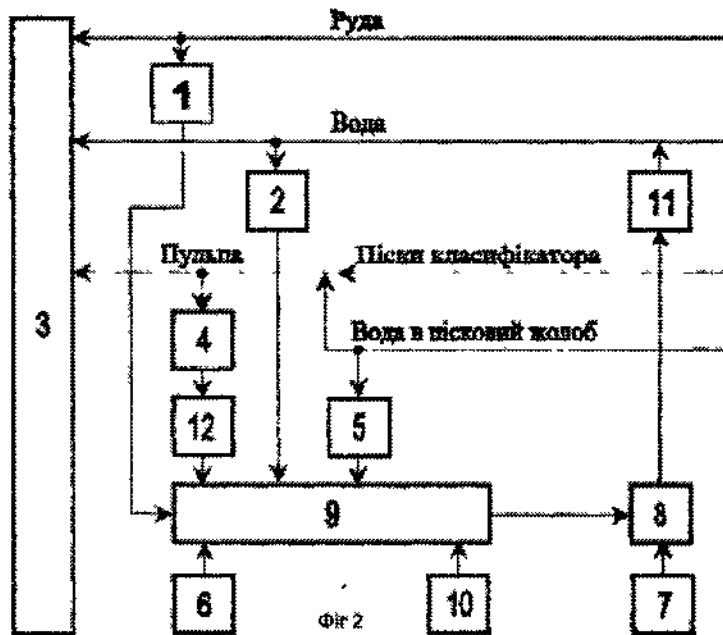
2 Авторское свидетельство СССР № 388790, кл. В03b 11/00, 1973

3 Авторское свидетельство СССР № 329905, кл. В03c 5/00, 1972

4 Авторское свидетельство СССР № 570398, кл. В03b 13/04, 1977



Фіг.1



Фіг.2