



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40465 (13) U  
(51) МПК (2009)  
B03B 11/00  
B02C 25/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ РОЗРІДЖЕННЯ ПУЛЬПИ В МЛИНАХ З ЦИРКУЛЮЮЧИМ НАВАНТАЖЕННЯМ**

1

2

(21) u200813005

(22) 10.11.2008

(24) 10.04.2009

(46) 10.04.2009, Бюл.№ 7, 2009 р.

(72) КОНДРАТЕЦЬ ВАСИЛЬ ОЛЕКСАНДРОВИЧ,  
UA, СЕРБУЛ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ, UA

(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХ-  
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) 1. Пристрій автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням, що працюють у замкнутому циклі зі спіральним механічним класифікатором, який містить реєструючий прилад регульованої величини, витратоміри води в пісковий жолоб і пульпи, зв'язані виходами з входами обчислювального пристрою, і регулятор співвідношення твердого та рідкого, який **відрізняється** тим, що додатково встановлені витратоміри руди і води в млин, виходи яких з'єднані з входами обчислювального пристрою, до інших входів якого приєднані виходи задавачів густини руди і вмісту вологи в пісках класифікатора, причому вихід обчислювального пристрою зв'язаний з реєструючим приладом та одним із входів автоматичного регулятора, на іншому вході якого підключений задавач співвідношення твердого та рідкого, а автоматичний регулятор своїм виходом сполучений з регулювальним органом, що змінює витрату води у млин.

2. Пристрій за п.1, який **відрізняється** тим, що витратомір руди, витратоміри води в млин і пісковий жолоб мають похибку вимірювання  $\pm 1\%$ , а витратомір пульпи -  $\pm(3...5)\%$  при похибці задавачів густини руди і вмісту вологи в пісках класифікатора  $\pm 1\%$ .

3. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що обчислювальний пристрій виконано на 16-розрядному мікроконтролері з масштабуючими підсилювачами та 12-розрядними аналого-цифровими перетворювачами в кожному каналі передачі інформації, містить цифровий фільтр сигналу витрати пульпи тривалістю 30,48с та два елементи пам'яті з загальним виходом, в яких по чергово через 30,48 с розміщують інформацію про поточні значення співвідношення твердого і рідкого.

4. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що ланка "витратомір води - відрізок труби - регулювальний орган" виконана лінійною, а автоматичний регулятор - цифровим релейного типу з зоною нечутливості, що дорівнює 3% регульованої величини.

5. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що витратомір пульпи виконано без обмеження верхньої відкритої поверхні потоку.

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

Відомий пристрій автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням, що працюють в замкнутому циклі зі спіральним механічним класифікатором, містить регулятор руди і регулятор води, які подаються в млин, датчики масової витрати руди у вигляді конвеєрних вагів і кількості пісків класифікатора, що визначає циркулююче навантаження замкнутого циклу по струму або потужності двигуна класифікатора [1]. Найбільш близьким по технічній суті та

досягнутому результату до запропонованого винаходу є пристрій, обраний як прототип, який включає витратомір пульпи в пісковому жолобі класифікатора, витратомір води, що подається у пісковий жолоб, обчислювальний пристрій, входи якого з'єднані з виходами витратомірів, причому один вихід зв'язаний з входом реєструючого пристрою, а інший підключений до входу регулятора співвідношення рідкого і твердого, під'єданого до другого входу витратоміра води [2].

Недоліком відомого пристрою автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням є занадто низька точність

UA  
(13)

40465  
(11)

UA  
(19)

підтримання розрідження пульпи внаслідок сумування точного сигналу витрати руди і неточного сигналу, що характеризує витрату пісків, та неврахування вологи в пісках класифікатора.

Недоліком пристрою-прототипу є порівняно незначна точність стабілізації розрідження пульпи, яка породжена неврахуванням витрати руди та води в млин, однозначністю впливу точності вимірювання параметрів на точність стабілізації, відсутністю осереднення пульсуючої витрати пульпи, впливом інерційності динамічних ланок. Крім того, існує значна імовірність забивання пристрою і аварійної зупинки обладнання в наслідок попадання сторонніх предметів або скрапу.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення пристрою автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням шляхом додаткового встановлення витратомірів руди і води в млин, задавачів густини руди і вмісту вологи в пісках класифікатора, з'єднання їх виходів поряд з виходами витратомірів води в пісковий жолоб і пульпи з входами обчислювального пристрою, що визначає співвідношення твердого і рідкого, зв'язування його виходу з реєструючим приладом та одним із входів автоматичного регулятора, підключення на його інший вхід задавача співвідношення твердого і рідкого та сполучення виходу з регулювальним органом, що змінює витрату води в млин, використання витратомірів руди, води і задавачів густини руди і вмісту вологи в пісках класифікатора з похибкою  $\pm 1\%$ , витратоміра пульпи -  $\pm(3...5)\%$ , виконання обчислювального пристрою на 16-розрядному мікроконтролері з масштабуючими підсилювачами та 12-розрядними аналого-цифровими перетворювачами в кожному каналі передачі інформації, розміщення в ньому цифрового фільтра сигналу витрати пульпи тривалістю 30,48с та двох елементів пам'яті з загальним виходом, в яких по чергово через 30,48с розміщують інформацію про поточні значення співвідношення твердого і рідкого, виконання ланки "витратомір води - відрізок труби - регулювальний орган" лінійною, а автоматичного регулятора цифровим релейного типу з зоною нечутливості, що дорівнює 3% регульованої величини, виконання витратоміра пульпи без обмеження верхньої поверхні потоку.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що додатково встановлені витратоміри руди і води в млин, виходи яких з'єднані з входами обчислювального пристрою, що визначає співвідношення твердого і рідкого, до інших входів якого приєднані виходи задавачів густини руди і вмісту вологи в пісках класифікатора, вихід обчислювального пристрою зв'язаний з реєструючим приладом та одним із входів автоматичного регулятора, на іншому вході якого підключений задавач співвідношення твердого та рідкого, а автоматичний регулятор своїм виходом сполучений з регулювальним органом, що змінює витрату води у млин.

Крім того, витратомір руди, витратомір води в млин і пісковий жолоб мають похибку вимірювання  $\pm 1\%$ , а витратомір пульпи -  $\pm(3...5)\%$  при похибці задавачів густини руди і вмісту вологи в пісках класифікатора  $\pm 1\%$ .

Крім того, обчислювальний пристрій виконано на 16-розрядному мікроконтролері з масштабуючими підсилювачами та 12-розрядними аналого-цифровими перетворювачами в кожному каналі передачі інформації, містить цифровий фільтр сигналу витрати пульпи тривалістю 30,48с та два елементи пам'яті з загальним виходом, в яких по чергово через 30,48с розміщують інформацію про поточні значення співвідношення твердого і рідкого.

Крім того, ланка "витратомір води - відрізок труби - регулювальний орган" виконана лінійною, а автоматичний регулятор цифровим релейного типу з зоною нечутливості, що дорівнює 3% регульованої величини.

Крім того, витратомір пульпи виконано без обмеження верхньої поверхні потоку.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням.

На Фіг. зображена блок-схема запропонованого пристрою автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням.

Запропонований пристрій автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням складається з витратоміра води у пісковий жолоб 1, витратоміра пульпи 2, витратоміра руди 3, витратоміра води в млин 4, задавача густини руди 5, задавача вмісту вологи в пісках класифікатора 6, обчислювального пристрою 7, що визначає співвідношення твердого і рідкого, реєструючого приладу 8, автоматичного регулятора 9, задавача співвідношення твердого і рідкого 10 та регулювального органа 11, що змінює витрату води у млин. Виміряти витрату пульпи у пісковому жолобі достатньо складно. Алгоритм визначення співвідношення твердого і рідкого дозволяє при допустимій похибці знаходження даного параметра  $\pm 1,74\%$  встановити витратоміри руди, води і задавачі з похибкою  $\pm 1\%$ , а витратомір пульпи з похибкою  $\pm(3...5)\%$ , що технічно можливо. Обчислювальний пристрій 7 виконано на 16-розрядному мікроконтролері з масштабуючим підсилювачем та 12-розрядними аналого-цифровими перетворювачами в кожному каналі передачі інформації. Це забезпечує високу точність перетворення інформації і знаходження співвідношення твердого і рідкого. Цифровий фільтр обчислювального пристрою 7 тривалістю 30,48с ліквідує пульсації потоку пульпи у пісковому жолобі та компенсує вплив інерційності завиткового живильника. Два елементи пам'яті обчислювального пристрою 7 з загальним виходом забезпечують "зберігання" визначеного з великою точністю співвідношення твердого і рідкого впродовж 30,48с з наступною по черговою заміною значень даного параметра і забезпеченням циклічної його зміни через 30,48с. Складові автоматичного регулятора 9 - реверсивний двофазний асинхронний виконавчий двигун, редуктор, перетворювальний механізм є лінійними динамічними ланками. Засоби формування порогового рівня, узгоджуючі ланцюги і безконтактний реверсивний пускач являють собою нелінійний елемент релейного типу. Якщо комплекс "витратомір води - відрізок труби - регулювальний орган" виконати лінійним, то всю систему

автоматичного регулювання співвідношення твердого і рідкого можливо розглядати як таку, що має один нелінійний елемент і лінійну частину. Вона завжди стійка, її якість буде найвищою при найбільшому передаточному відношенні редуктора виконавчого механізму. На перехідний процес практично не впливають сталі часу. Крім того, якість регулювання визначається зоною нечутливості релейного елемента, оскільки ввімкнення двигуна буде здійснюватися при досягненні небалансом співвідношення твердого і рідкого на вході регулятора 9 рівня зони нечутливості, а відключення - при досягненні меншого значення. Чим вужчою буде зона нечутливості релейного елемента, тим якість регулювання буде вищою. Відносна похибка визначення співвідношення твердого і рідкого складає  $\pm 1,74\%$ , а задавача -  $1,0\%$ , тому зона нечутливості повинна бути вищою цих значень. Найкраща якість регулювання і стійка робота пристрою забезпечується при зоні нечутливості  $3\%$  регульованої величини. Витратомір пульпи 2 виконано так, що він не акумулює матеріал. Потік пульпи у пісковому жолобі вільно формується з пісків і доданої води і рухається до приймального пристрою завиткового живильника. Витратомір пульпи не обмежує верхню відкриту поверхню потоку, чим гарантує вільне проходження скрапу і сторонніх предметів по пісковому жолобу.

Пристрій працює так. Задавачем співвідношення твердого і рідкого 10 вводиться на вхід автоматичного регулятора 9 сигнал, що відповідає потрібному значенню параметра. Всі матеріальні потоки в кульовому млині, крім потоку пульпи у пісковому жолобі, подаються безпосередньо в горловину і є не пульсуючими, вони в часі повільно змінюються, тому сигнали витратомірів води 1 і 4, витратоміра руди 3 та задавачів густини руди 5 і вмісту вологи в пісках класифікатора 6 через масштабуючі підсилувачі і 12-розрядні аналого-цифрові перетворювачі вводяться в обчислювальний пристрій 7 безпосередньо. Оскільки сигнал витратоміра пульпи 2 пульсує, він піддається цифровому фільтруванню. Тривалість фільтрування залежить від швидкості обертання спіралі класифікатора. При швидкості обертання 30б/хв. час фільтрування складає 10,16с, забезпечуючи точне середнє значення сигналу. Однак, у завитковому живильнику, через який на вхід млина рухається пульпа, виникає ємнісне запізнення, що в перехідних процесах по каналу пульпи може привести до невідповідності всіх вхідних потоків і потоку пульпи, і, як наслідок, - до порушення співвідношення твердого і рідкого, оскільки воно формується на вході технологічного агрегату.

Якість процесу регулювання значно покращиться, якщо витрату води у млин при невідповідності потоків змінювати після закінчення перехідного процесу у завитковому живильнику. Перехідний процес у завитковому живильнику можна вважати закінченим впродовж чотирьох його сталих часу  $T$ , тобто, за 26с. Оскільки тривалість фільтрації сигналу витрати пульпи жорстко зв'язана з початком циклу розвантаження пісків класифікатора, а перехідний процес у завитковому живильнику за 4Т повністю не закінчується, умову фази

вмикання автоматичного регулювання співвідношення твердого і рідкого у кульовому млині доцільно скоректувати в бік збільшення і досягнення кількох повних тривалостей фільтрації сигналу витрати пульпи. Враховуючи, що сигнал витратоміра пульпи у пісковому жолобі класифікатора необхідно фільтрувати впродовж 10,16с, час вмикання регульовального пристрою і загальний час фільтрації сигналу витрати пульпи необхідно прийняти 30,48с.

Продовження тривалості фільтрування сигналу витрати пульпи до часу ємнісного запізнення завиткового живильника 30,48с приводить у тимчасову відповідність сигнали і матеріальні потоки на вході млина. Тому на кінець циклу фільтрування на вході млина з'являється відповідний потік пульпи і він буде тривати впродовж 30,48с. Йому відповідає осереднений сигнал витратоміра пульпи, який отримано в процесі фільтрування обчислювальним пристроєм 7. Цьому значенню сигналу витрати пульпи та іншим незмінним параметрам відповідає певне співвідношення твердого і рідкого, яке визначається обчислювальним пристроєм 7 і запам'ятовується одним з двох елементів пам'яті з загальним виходом.

Співвідношення твердого до рідкого в обчислювальному пристрої 7 визначається за формулою

$$K_{m/p} = \frac{A \cdot (Q_n - Q_{вж}) + Q_{рм}}{Q_{вмм} + Q_{вмж} + K \cdot A \cdot (Q_n - Q_{вж})}, \quad (1)$$

де  $K$  - стала, що характеризує вміст вологи в пісках класифікатора;  $A = \frac{\delta_m}{1 + K \frac{\delta_m}{\delta_v}}$  - стала, що

залежить від густини твердого  $\delta_m$ , води  $\delta_v$  і вмісту вологи в пісках класифікатора;  $Q_n$ ,  $Q_{вж}$  - відповідно об'ємна витрата пульпи і води в пісковий жолоб;  $Q_{рм}$ ,  $Q_{вмм}$ ,  $Q_{вмж}$  - відповідно масова витрата руди, води в млин та води в пісковий жолоб класифікатора.

Вихідний сигнал з елемента пам'яті обчислювального пристрою 7 фіксується реєструючим приладом 8 і поступає на другий вхід автоматичного регулятора 9. Якщо даний сигнал не відповідає сигналу задавача 10 на вході автоматичного регулятора 9 формується ступінчасте керуюче діяння певної величини, що викликає перехідний процес. При цьому достатньо швидко змінюється положення регульовального органа 11, і на вході млина змінюється витрата води, що відповідає заданому значенню співвідношення твердого і рідкого. Ця нова витрата фіксується витратоміром води в млин 4 і на виході обчислювального пристрою 7 формується сигнал, що відповідає сигналу задавача 10. При цьому перехідний процес закінчується, а впродовж встановленої витримки часу у елементі пам'яті спостерігається незмінне співвідношення твердого і рідкого на вході млина. В цей же час фільтр сигналу витрати пульпи продовжує на протязі наступних 30,48с підготовку нового значення витрати пульпи, яке в кінці циклу буде використано для визначення обчислювальним пристроєм 7 нового значення співвідношення

твердого і рідкого з наступним його запам'ятовуванням іншим елементом пам'яті з загальним виходом, і цикл регулювання повториться, якщо буде невідповідність фактичного і заданого співвідношення твердого до рідкого. В момент занесення в інший елемент пам'яті нового значення співвідношення твердого і рідкого попереднє значення параметра "стирається", підготовлюючи перший елемент пам'яті до роботи в наступному циклі. Враховуючи, що зміна витрати пісків відбувається занадто повільно, вказані регулювання здійснюються достатньо рідко, а перехідний процес визначення і запам'ятовування регульованої величини впродовж 30,48с триває неперервно.

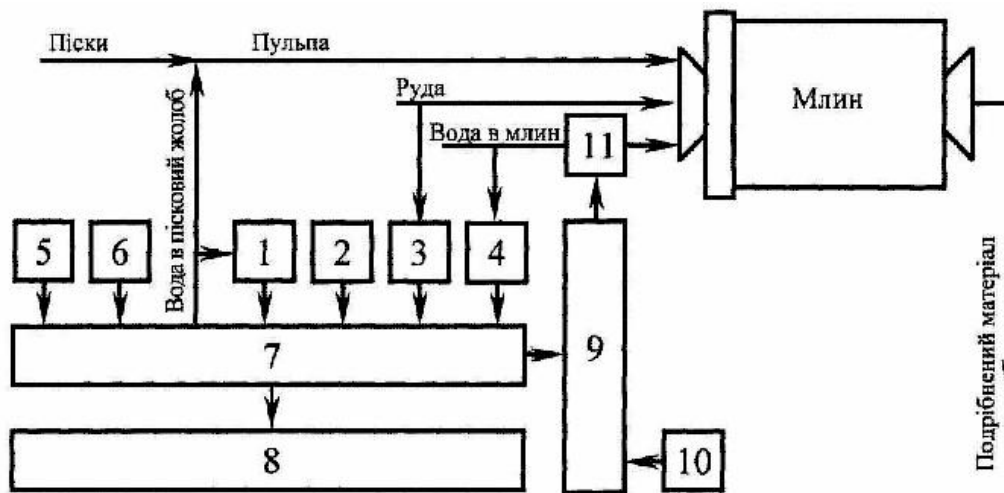
Перевірка пристрою автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим на-

вантаженням на стенді показали, що співвідношення твердого до рідкого підтримується з відносною похибкою  $\pm 2,72\%$  при вимогах технологічного процесу -  $\pm 3,0\%$ . Отже, пристрій автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням за своїми якісними показниками відповідає вимогам технологічного процесу і може використовуватись на рудозбагачувальних фабриках.

Література:

1. Нестеров Г.С., Нестерова Н.А., Батанов А.И. Управление технологическими процессами на обогатительных фабриках. - М.: Недра, 1966. - 220с.

2. Авторское свидетельство СССР №388790, кл. В03b11/00, 1973.



Фіг.