

Дослідження кульового млина, що подрібнює піски класифікатора, по каналу розрідження пульпи

В статті приведені результати дослідження кульового млина, що подрібнює піски класифікатора, по каналу розрідження пульпи. Показано, що похибка ідентифікації співвідношення руда/вода не приводить при регулюванні до зміни режиму агрегату. Не допустимо в якості керуючого діяння використовувати зміну витрати води, яка подається безпосередньо у кульовий млин.

кульовий млин, розрідження пульпи, піски класифікатора, перехідні процеси, частотні характеристики, керуюче діяння

Подрібнювання руди є одним з основних технологічних процесів на магнітозбагачувальних фабриках, оскільки забезпечує продуктивність і розкриття мінералу. Його в основному здійснюють у кульових млинах. В той же час на дану технологічну операцію витрачається до 50% всіх енергетичних затрат і велика кількість металу у вигляді зношених мелючих тіл і футерівки. Особливо гостро це проявляється в достатньо широко розповсюдженому в Україні циклі подрібнення, який складається з стрижневого млина, двоспирального класифікатора і кульового млина, що працює в замкнутому циклі, оскільки в таких схемах основне навантаження припадає на кульовий млин. Серед основних технологічних параметрів кульового млина одним з важливих є розрідження пульпи, яке необхідно підтримувати на заданому рівні в конкретних умовах експлуатації. Це зв'язано з тим, що розрідження пульпи визначає умови роботи куль і транспортування матеріалу. Оптимальну продуктивність кульового млина, при якій забезпечується максимальний вихід готового продукту, можливо отримати лише при певному завантаженні технологічного агрегату та певному співвідношенні руда/вода [1]. За таких умов енерговитрати на одиницю продукції і витрата металу будуть мінімальними. Отже, при забезпеченні розрідження пульпи на необхідному рівні, що можливо лише в автоматичному режимі, отримуємо ресурсозберігаючу технологію, розширення яких в промисловості передбачається законодавством України. Крім того, дана публікація спрямована на виконання науково-дослідної роботи “Система комп'ютерної ідентифікації співвідношення тверде/рідке при подрібненні пісків класифікатора” (державний реєстраційний номер 0107U005470), яка розв'язує одну з задач даної проблеми. Оскільки таку задачу вирішити не можливо без знання математичної моделі, характеру зміни параметрів розрідження пульпи в кульовому млині, що подрібнює піски класифікатора, тема є актуальною.

Складність комунікацій кульового млина, що подрібнює піски класифікатора, живлення його напівмокрими в'язкими продуктами, надзвичайно тяжкі умови вимірювання технологічних параметрів, спрямованість зусиль на розв'язання проблем замкнутих циклів подрібнення руди призвели до того, що автоматичною стабілізацією розрідження пульпи в таких кульових млинах, а як наслідок, і дослідженням закономірностей, зв'язаних зі змінами в них даного параметра, практично ніхто не займався. Розроблені принципи і системи автоматичного регулювання [2, 3, 4] для замкнутого циклу подрібнення в даному випадку застосувати не можливо.

Метою даної роботи є теоретичне дослідження закономірностей зміни параметрів і характеристик кульового млина, що подрібнює піски класифікатора, при регулюванні розрідження пульпи.

Стан кульового млина як керованого об'єкта характеризується параметрами: підведеним потоком Q_1 , потоком, що відводить матеріал, Q_2 і запасом матеріалу M . Якщо допустити, що кульовий млин працює без втрат, то прирощення кількості матеріалу, який накопичується в технологічному агрегаті, дорівнює різниці кількості матеріалу принесеного потоком Q_1 і винесеного потоком Q_2 за час Δt , тобто

$$\Delta M = Q_1 \cdot \Delta t - Q_2 \cdot \Delta t. \quad (1)$$

Поділимо ліву і праву частини рівняння (1) на Δt і перейдемо до границь. При цьому отримаємо

$$\frac{dM}{dt} = Q_1 - Q_2, \quad (2)$$

де M – маса матеріалу в кульовому млині;

Q_1 – масова витрата матеріалу в підведеному потоці;

Q_2 – масова витрата матеріалу в потоці, що відводиться.

Співвідношення руда/вода в кульовому млині складається масовою витратою руди та води на вході технологічного агрегату. Якщо погіршиться подрібнюваність вихідної руди, потік пісків з-під першої спіралі двоспірального класифікатора збільшиться. Потік води залишиться на незмінному рівні. Якщо сумарна об'ємна витрата пісків на вході кульового млина при цьому не змінилася, то швидкість просування матеріалу вздовж осі барабана залишиться на тому ж рівні. Однак густини пульпи у млині і потоку, який в нього входить, будуть різними. Тоді рівняння (2) можливо записати у наступному вигляді

$$\frac{dM}{dt} = Q_{V1} \cdot \gamma_{II} - Q_{V2} \cdot \gamma_M, \quad (3)$$

де Q_{V1} , Q_{V2} – відповідно усталена об'ємна витрата пульпи у потоках, що входить і виходить з кульового млина;

γ_M – густина пульпи у млині;

γ_{II} – густина пульпи в потоці, що входить у кульовий млин.

Рівняння (3) можна записати у вигляді

$$\frac{dM}{dt} + Q_{V2} \cdot \gamma_M = Q_{V1} \cdot \gamma_{II}. \quad (4)$$

Густину пульпи у барабані млина можна виразити через параметри об'єкта

$$\gamma_M = \frac{M_T + M_B}{V} = \frac{M}{F_M \cdot L}, \quad (5)$$

де M_T , M_B – відповідно маса твердого і води в кульовому млині;

V – об'єм матеріалу в кульовому млині;

F_M – поперечний переріз матеріалу в кульовому млині, який не змінюється в процесі роботи;

L – довжина барабана млина.

Підставивши (5) у (4), врахувавши, що $Q_{V1} = Q_{V2}$, і, зробивши перетворення, отримаємо

$$\frac{F_M \cdot L}{Q_{V2}} \cdot \frac{dM}{dt} + M = F_M \cdot L \cdot \gamma_{II}, \quad (6)$$

де $\frac{F_M \cdot L}{Q_{V2}} = T_M$ – стала часу кульового млина.

Густина пульпи γ_{Π} в потоці, що входить у кульовий млин, можна виразити через його параметри

$$\gamma_{\Pi} = \frac{\delta_T \cdot Q_{V1T} + \delta_B \cdot Q_{V1B}}{Q_{V1}}, \quad (7)$$

де Q_{V1T} , Q_{V1B} - відповідно об'ємна витрата твердого і води у потоці, що входить у кульовий млин;

δ_T , δ_B - відповідно густина твердого і води.

Замінімо в (6) добуток $F_M \cdot L$ на $T_M \cdot Q_{V2}$, підставимо в (6) вираз (7) і враховуючи, що $Q_{V1} = Q_{V2}$, запишемо

$$T_M \cdot \frac{dM}{dt} + M = T_M \cdot (\delta_T \cdot Q_{V1T} + \delta_B \cdot Q_{V1B}), \quad (8)$$

де M – вихідна величина;

Q_{V1T} , Q_{V1B} - вхідні величини.

Рівняння (8) є математичною моделлю кульового млина по каналу розрідження пульпи. При аналізі таких рівнянь звичайно одну змінну рахують величиною постійною. Тоді розв'язують диференціальне рівняння відносно вихідної величини M при ступінчастій зміні іншої вхідної величини. Рівняння (8) можливо аналізувати таким чином. Однак необхідно зауважити, що змінні Q_{V1T} і Q_{V1B} разом з їх коефіцієнтами δ_T і δ_B є складовими співвідношення руда/вода

$$K_{P/B} = \frac{\delta_T \cdot Q_{V1T}}{\delta_B \cdot Q_{V1B}}. \quad (9)$$

Отже, по значенням Q_{V1T} і Q_{V1B} , враховуючи незмінність δ_T і δ_B , можна судити про співвідношення руда/вода у вхідному потоці пульпи.

Розв'язком (8) є рівняння

$$M = T_M \cdot (\delta_T \cdot Q_{V1T} + \delta_B \cdot Q_{V1B}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{1}{T_M} t} \right), \quad (10)$$

де t – поточний час.

Рівняння (10) характеризує зміну маси матеріалу в кульовому млині в часі при подачі на його вхід ступінчастого діяння – зміни витрати твердого або води. При роботі даного циклу подрібнення руди витрата твердого виступає скоріше як перешкода, вона змінитись миттєво не може, тому в (10) вхідною величиною фактично буде зміна витрати води Q_{V1B} . Будь-яка зміна витрати води в усталеному режимі буде відповідати новому значенню співвідношення руда/вода. Тому маса матеріалу в кульовому млині в різних усталених режимах однозначно характеризує співвідношення руда/вода у вхідному потоці.

Відповідно рівнянню (8) можна визначити передавальні функції кульового млина по керуючому діянню – по об'ємній витраті твердого та об'ємній витраті води, а по ним – комплексні передавальні коефіцієнти та амплітудні частотні характеристики. У цих виразах добутки $T_M \cdot \delta_T = K_T$ і $T_M \cdot \delta_B = K_B$ являють собою передавальні коефіцієнти керованого об'єкта відповідно по об'ємній витраті твердого і води.

Амплітудні частотні характеристики кульового млина по об'ємній витраті твердого і води відповідно будуть дорівнювати

$$A_{V1T}(\omega) = \frac{T_M \cdot \delta_T}{\sqrt{T_M^2 \cdot \omega^2 + 1}}; \quad (11)$$

$$A_{V1B}(\omega) = \frac{T_M \cdot \delta_B}{\sqrt{T_M^2 \cdot \omega^2 + 1}}. \quad (12)$$

Розглянемо поведінку керованого об'єкта в різних експлуатаційних умовах на прикладі кульового млина МШР 4,0 х 5,0, який працює в такому циклі подрібнення пісків класифікатора в ПГЗК. В умовах ПГЗК циркулююче навантаження не повинно перевищувати 700%, в середньому воно складає 250...350%. Густина пульпи у розвантаженні кульового млина підтримується в межах 2350...2450 г/л, густина твердого в середньому складає 3,3 г/см³ [5]. В умовах рудозбагачувальної фабрики НКГЗК в експериментах витрата пісків в такому ж циклі подрібнення руди змінювалась від 120 т/год до 775 т/год, основний масив точок був розташований в діапазоні 300...600 т/год [6]. Отож, типовими або імовірними режимами роботи кульового млина можна рахувати при навантаженнях по твердому 120 т/год, 300 т/год, 450 т/год, 600 т/год, 775 т/год при співвідношенні руда/вода 5,2. Технічні характеристики кульового млина МШР 4,0 х 5,0: діаметр – 4000 мм; довжина – 5000 мм; робочий об'єм – 56 м³; швидкість обертання – 17,4 об/хв. [7]; заповнення кулями – 45 % робочого об'єму млина [5].

Об'єм куль у барабані млина при 45% заповненні робочого об'єму складає 25,2 м³. Об'єм проміжків між кулями в млині буде 9,576 м³, оскільки їх об'єм дорівнює 38% об'єму куль [8]. Враховуючи, що матеріал в млині розміщується рівномірно, а довжина барабана складає 5 м, площа його поперечного перерізу буде дорівнювати 1,9152 м². Площа поперечного перерізу $F_M = 1,9152 \text{ м}^2$ і довжина $L = 5 \text{ м}$ є константами кульового млина МШР 4,0 х 5,0. Оскільки об'ємна витрата матеріалу Q_{V1} при зміні циркулюючого навантаження змінюється, стала часу кульового млина також буде змінною величиною, яка буде константою у будь-яких усталених режимах. Змінними також будуть і передавальні коефіцієнти по каналу витрати твердого та води.

Конкретні значення цих параметрів для найбільш характерних режимів роботи приведені в табл.1.

Таблиця 1 – Параметри кульового млина МШР 4,0 х 5,0 для найбільш характерних режимів роботи

Масова продуктивність циклу по піскам, т/год	Об'ємна витрата, м ³ /год		Сумарна об'ємна витрата матеріалу Q_{V1} , м ³ /год	Стала часу кульового млина T_M , с	Передавальні коефіцієнти по витраті	
	твердого Q_{V1T}	води Q_{V1B}			твердого K_T , г·с/см ³	води K_B , г·с/см ³
120	36,37	23,08	59,45	579,9	1913,7	579,9
300	90,91	57,69	148,6	232,0	765,6	232,0
450	136,36	86,54	222,9	154,7	510,5	154,7
600	181,82	115,38	297,2	116,0	382,8	116,0
775	234,85	149,04	383,89	89,8	296,3	89,8

З даних табл.1 видно, що сумарна об'ємна витрата матеріалу в кульовому млині, витрата твердого і води в різних режимах роботи змінюються в широких межах. Стала часу кульового млина може приймати значення від 89,8 с при самих великих циркулюючих навантаженнях до 579,9 с при найменших циркулюючих навантаженнях. В межах основних змін циркулюючого навантаження стала часу змінюється від 116,0 с до 232,0 с, тобто, в два рази. В таких же відносних межах змінюються і передавальні коефіцієнти K_T і K_B .

Зміна сталої часу T_M кульового млина буде приводити до зміни тривалості перехідного процесу в ньому по каналу розрідження пульпи. Для різних характерних режимів роботи кульового млина по (10) можна записати рівняння перехідних процесів.

На рис.1 з врахуванням даних табл. 1 у відповідності з цими рівняннями побудовані перехідні процеси в кульовому млині при подачі вхідного ступінчастого діяння.

З графіків рис.1 видно, що кульовий млин, виведений з рівноваги ступінчастим вхідним діянням, приходить у новий усталений стан за різні проміжки часу. Перехідний процес триває найдовше у випадках найменших піскових навантажень.

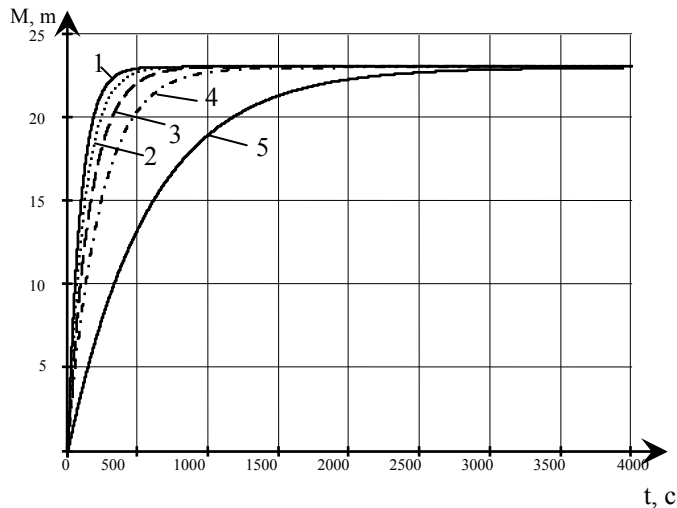


Рисунок 1 - Перехідні характеристики кульового млина в характерних режимах його роботи при різній сумарній об'ємній витраті матеріалу: 1-383,89; 2-297,2; 3-222,9; 4-148,6; 5-59,45 м³/год.

Відносно швидко він закінчується при найбільших граничних піскових навантаженнях. При середніх піскових навантаженнях найменша тривалість перехідного процесу складає близько 830 с., найбільша – 1330 с. Враховуючи, що, наприклад, при середньому значенні пісового навантаження 450 м/год матеріал через кульовий млин проходить впродовж 154,8 с., перехідний процес триває значно довше. Це означає, що при відхиленнях на вході кульового млина, на виході ще тривалий час буде невідповідність розрідження пульпи приписаному значенню. Такий стан керованого об'єкта практично не дозволяє

підтримувати задане співвідношення руда/вода на вході кульового млина шляхом подачі води безпосередньо в технологічний агрегат.

Прирівнявши в рівняннях динаміки поточний час $t = \infty$, отримаємо рівняння статики кульового млина в характерних режимах роботи по каналу розрідження пульпи. Вони будуть мати вигляд

$$M_1 = T_1 \cdot (\delta_T \cdot Q_{V1T1} + \delta_B \cdot Q_{V1B1}); \quad (13)$$

$$M_2 = T_2 \cdot (\delta_T \cdot Q_{V1T2} + \delta_B \cdot Q_{V1B2}); \quad (14)$$

$$M_3 = T_3 \cdot (\delta_T \cdot Q_{V1T3} + \delta_B \cdot Q_{V1B3}); \quad (15)$$

$$M_4 = T_4 \cdot (\delta_T \cdot Q_{V1T4} + \delta_B \cdot Q_{V1B4}); \quad (16)$$

$$M_5 = T_5 \cdot (\delta_T \cdot Q_{V1T5} + \delta_B \cdot Q_{V1B5}). \quad (17)$$

Рівняння статики кульового млина (13) – (17) однотипні. Тому розглянемо статистику кульового млина по каналу розрідження пульпи на прикладі рівняння (15), яке відповідає самому характерному режиму роботи. Вирази в дужках визначають співвідношення руда/вода на вході кульового млина. Допустимо, що співвідношення руда/вода визначається на вході кульового млина і миттєво встановлюється регулятором. Нехай інформаційний засіб при визначенні співвідношення руда/вода допускає помилки. Тоді на вхід технологічного агрегату будуть подаватись ступінчасті діяння у вигляді змінених значень співвідношень. Після закінчення перехідних процесів в кульовому млині буде встановлене нове значення маси M матеріалу. Зміна M в статичних умовах буде приводити до відхилень (коливань) маси матеріалу в млині. Щоб не порушити нормальний стан роботи технологічного агрегату такі відхилення маси M в ньому не повинні перевищувати $\pm 3\%$ [9]. Результати моделювання статики

кульового млина по каналу розрідження пульпи наведені в табл.2. В процесі дослідження помилка співвідношення руда/вода $K_{p/v}$ задавалася зміною об'ємної витрати води при незмінній об'ємній витраті твердого.

Таблиця 2 – Залежність відносної зміни маси матеріалу в кульовому млині від похибки визначення співвідношення руда/вода на його вході

Відносна помилка визначення $K_{p/v}$, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Абсолютне значення $K_{p/v}$	5,200	5,252	5,304	5,356	5,408	5,46	5,512	5,564	5,616	5,668	5,72
Маса М матеріалу в млині, т	23,0707	23,0337	22,9976	22,9622	22,9274	22,8931	22,8599	22,8271	22,7949	22,7633	22,7323
Відхилення маси матеріалу в млині ΔM , т	0	0,0370	0,0731	0,1085	0,1433	0,1774	0,2108	0,2436	0,2758	0,3074	0,3384
Відносне відхилення маси матеріалу в млині, %	0	0,16	0,32	0,47	0,62	0,77	0,91	1,06	1,20	1,33	1,47

З даних табл.2 видно, що відхилення маси матеріалу в кульовому млині в усталеному режимі значно менші помилок визначення співвідношення руда/вода. При відносній похибці визначення $K_{p/v}$ в 1% відхилення маси складає всього 0,16%. Всього на 1,47% відхиляється маса матеріалу в кульовому млині при похибці визначення співвідношення руда/вода в 10%. Співвідношення відносних помилок покращується при збільшенні помилки визначення $K_{p/v}$. При помилці визначення $K_{p/v}$ 20% помилка відхилення маси складає всього 2,69%. Тобто, точність ідентифікації співвідношення руда/вода практично не впливає на зміну і коливання маси матеріалу в технологічному агрегаті. Інші режими роботи кульового млина дають такі ж результати.

Збурення на вході кульового млина можуть бути викликані як коливаннями вмісту твердого в пульпі і регульовальними діями за витратою води, так і зміною всього потоку пульпи Q_{vp} . З рівняння (8) можливо отримати амплітудну частотну характеристику за таких умов. Вона буде дорівнювати

$$A_{vp}(\omega) = \frac{\dot{M}}{\dot{Q}_{vp}} = \frac{T_M \cdot \gamma_{\Pi}}{\sqrt{T_M^2 \cdot \omega^2 + 1}}, \quad (18)$$

де γ_{Π} - густина пульпи на вході кульового млина.

Амплітудні частотні характеристики визначають фільтруючі можливості кульового млина, що подрібнює піски класифікатора. Вони будувалися за допомогою персонального комп'ютера за залежностями (11), (12) і (18) з використанням даних табл.1. Передавальний коефіцієнт $K_{\Pi} = T_M \cdot \delta_{\Pi}$ визначався при $\gamma_{\Pi} = 2,41 \text{ г/см}^3$. Коефіцієнти K_{Π} при прийнятих витратах пісків приймали значення 216,4; 279,6; 372,8; 559,1; 1397,6 г·с/см³.

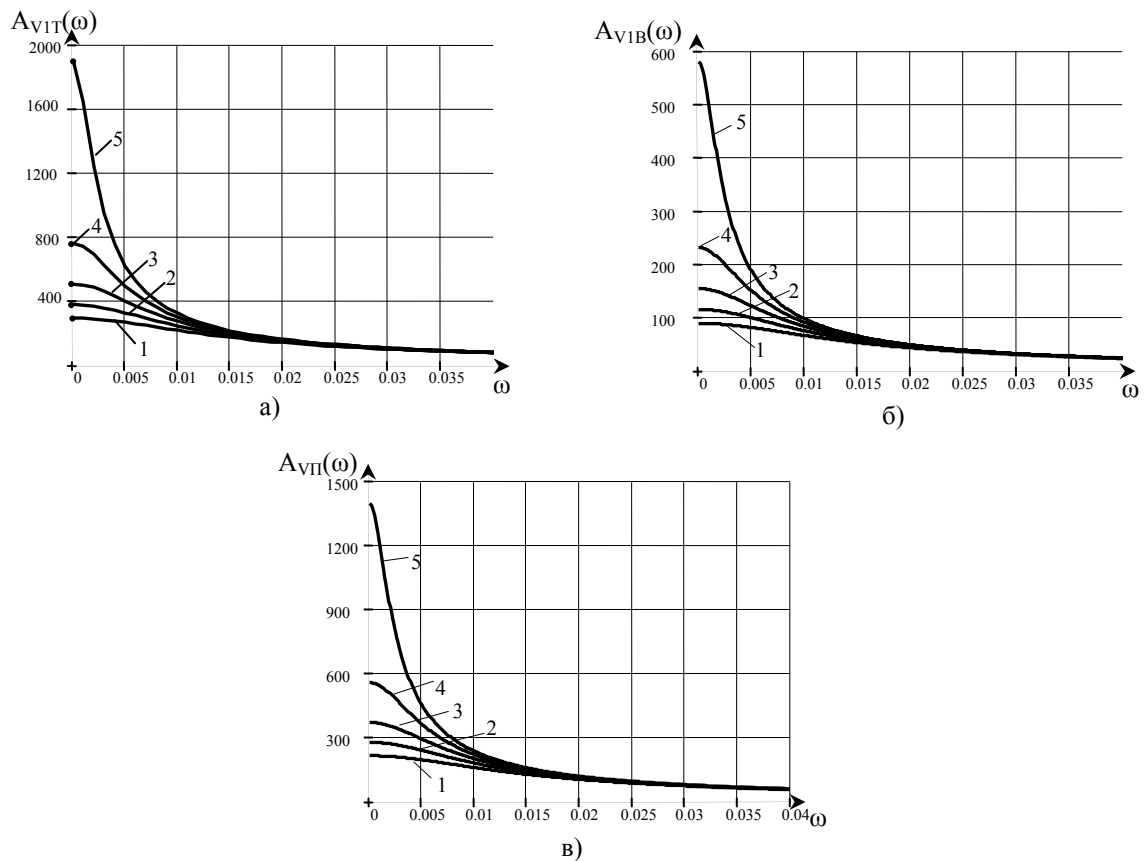


Рисунок 2 - Амплітудні частотні характеристики кульового млина МШР 4,0х5,0 по об'ємній витраті твердого (а), води (б) та пульпи (в) для характерних режимів роботи при різних масовій витраті пісків: 1-775; 2-600; 3-450; 4-300; 5-120 т/год

Амплітудні частотні характеристики кульового млина МШР 4,0 х 5,0 приведені на рис.2. З нього видно, що амплітудні частотні характеристики кульового млина по твердому (рис. 2,а), воді (рис. 2,б) і пульпі (рис. 2,в) однотипні. При малих колових частотах значення характеристик визначається режимом роботи кульового млина. Вони мають розкид даних, які відрізняються в кілька разів в залежності від піскового навантаження. При великих піскових навантаженнях характеристики достатньо рівномірні, тобто, практично з однаковим ефектом пропускають збурення в діапазоні невеликих колових частот. Найсильніше в об'єкті пригнічуються коливання по витраті води. Різниця у відношенні амплітуд вихідного і вхідного сигналів сильно залежить від піскового навантаження до колових частот $0,01 \text{ с}^{-1}$. Після частот $0,02 \text{ с}^{-1}$ піськове навантаження практично не впливає на відношення амплітуд вихідного і вхідного збурюючих впливів. Збурюючі впливи на частотах $\omega = 3,65 \text{ с}^{-1}$, які породжуються роботою завиткового живильника, проходять через кульовий млин значно гірше низькочастотних коливань. На цій частоті відношення амплітуд вихідного і вхідного сигналів по твердому склало 0,9, по пульпі – 0,99, по воді – 0,274.

З розглянутого видно, що низькочастотні коливання твердого, породжені умовами подрібнення і роботою класифікатора, достатньо легко проходять через кульовий млин, оскільки довжина хвилі тут набагато більша розміра кульового млина. Такий процес можна порівняти з наближено усталеним режимом роботи, де розрідження пульпи не змінюється. На частотах, що породжуються завитковим живильником, відбувається достатньо велике пригнічення коливань, але відношення амплітуд вихідного і вхідного сигналів ще має суттєве значення. При коливанні твердого і пульпи пригнічення практично однакове і такий режим в кульовому млині не приводить до негативних наслідків розшарування пульпи. Отже, хвиловий процес подачі твердого і пульпи практично не приводить до зміни розрідження матеріалу в кульовому млині, що

переробляє піски класифікатора. Якщо подавати воду в кульовий млин, то цей процес набагато більше пригнічується агрегатом і це стане наслідком розшарування матеріалу.

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено, що похибка ідентифікації співвідношення руда/вода практично не впливає на зміну і коливання маси матеріалу в технологічному агрегаті. Різний характер пригнічення коливань по твердому, пульпі і воді, а також зміна в занадто широкому діапазоні часу перехідних процесів і велика тривалість перехідних процесів не дозволяють в якості керуючого діяння використати зміну витрати води, яка подається безпосередньо у кульовий млин.

На підставі проведених досліджень відкривається можливість обґрунтування точки введення керуючого діяння шляхом зміни витрати води в пісковий продукт для забезпечення необхідного співвідношення руда/вода в кульовому млині, що подрібнює піски класифікатора. Для запобігання негативної дії запізнювання на процес автоматичного управління доцільно в тій же або наближеній точці ідентифікувати параметр співвідношення руда/вода.

Список літератури

1. Бонч-Бруевич А.М., Быков В.Л., Чинаев П.И. Бесконтактные элементы самонастраивающихся систем.- М.: Машиностроение, 1967.- 292с.
2. А.с. 977022 СССР, МКИ В 02 С 25/00. Способ автоматического регулирования плотности пульпы в мельниках рудного самоизмельчения / Е.Е. Андреев, О.Н. Савинов (СССР); Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектный институт механической обработки полезных ископаемых "Механообр".- №3300480 /29-33; Заявлено 05.06.81; Оpubл. 30.11.82, Бюл. №44.
3. А.с. 1688920 СССР, МКИ В 02 С 25/00. Способ управления плотностью пульпы в потоках на сливе барабана мельницы /В.И. Дмитриев, Д.А. Клименко, А.Л. Яровицын (СССР); Днепропетровский горный институт им. Артема и Лебединский горно-обогатительный комбинат.- №4728489 /33; Заявлено 14.08.89; Оpubл. 07.11.91, Бюл. №41.
4. А.с. 1563757 СССР, МКИ В 02 С 25/00. Способ регулирования соотношения расходов потоков твердой и жидкой фаз в загрузке мельницы /Г.Г. Кононенко, В.В. Дядюра, В.Г. Дейнега, Ю.М. Кайгородцев (СССР); Криворожское отделение Украинского государственного проектного и проектно-конструкторского института "Металургавтоматика".- №4459214 /23-33; Заявлено 21.06.88; Оpubл. 15.05.90, Бюл. №18.
5. Производство концентрата на обогатительной фабрике ОАО "Полтавский ГОК". Технологическая инструкция ТИ 3-01-05.- Комсомольск-на-Днепре: ПГОК, 2005.- 63с.
6. Кондратець В.О., Ткаченко Р.П., Сербул О.М. Дослідження вмісту вологи в пісках спірального механічного класифікатора з метою автоматичного керування технологічним процесом // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету (техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація).- Вип.11.- Кіровоград: КДТУ, 2002.- С.6-10.
7. Разумов К.А. Проектирование обогатительных фабрик.- М.: Недра, 1970.- 592с.
8. Андреев С.Е., Зверев В.В., Перов В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. Изд. 2-е, исп. и доп.- М.: Недра, 1966.- 396с.
9. Гончаров Ю.Г., Давидкович А.С., Гейзенблазен Б.Е., Гуленко Г.В. Автоматический контроль и регулирование технологических процессов на железорудных обогатительных фабриках.- М.: Недра, 1968.- 227с.

В статье приведены результаты исследования шаровой мельницы, измельчающей пески классификатора, по каналу разжижения пульпы. Показано, что ошибка идентификации соотношения руда/вода не приводит при регулировании к изменению режима агрегата. Не допустимо в качестве управляющего воздействия использовать изменение расхода воды, которую подают непосредственно в шаровую мельницу.

In the article the results of research of ball mill, grinding down sands of classifier are resulted in the article, on the channel of dilution of mash. It is rotined that error of authentication of correlation ore/water does not lead at adjusting to the change of the mode of aggregate. It is not possible as managing influence to utillize the change of rate-of-flow, which is given directly in a ball mill.