

Сербул О.М.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кондратець В.О.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Дідик О.К.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Ізовіта О.Л.

Центральноукраїнський національний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ СПІВВІДНОШЕННЯ РУДА/ВОДА В КУЛЬОВОМУ МЛИНІ З ЦИРКУЛЮЮЧИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

У статті пропонується здійснити вибір пристроїв вимірювання технологічних параметрів за похибкою вирішенням задачі оптимізації відповідно методу динамічного програмування. В кульовому млині з циркулюючим навантаженням співвідношення руда/вода визначається вологовмістом пісків класифікатора, густиною руди, об'ємною витратою води в пісковий жолоб класифікатора, масовою витратою руди і води в млин, об'ємною витратою пульпи в пісковому жолобі класифікатора. На точність ідентифікації співвідношення руда/вода впливає похибка визначення кожного з цих параметрів. Окремі з перелічених параметрів при прогнозуванні є незмінними і не впливають на процес прогнозування. Складність прогнозування полягає в тому, що виміряти об'ємну витрату пульпи у пісковому жолобі класифікатора з достатньо високою точністю не можливо. Можливо отримати найкращі результати, при одночасному врахуванні впливу на точність визначення співвідношення руда/вода усіх факторів. Для розв'язання даної задачі оптимізації найкраще підходить метод динамічного програмування, до того ж пошук оптимального рішення доцільно здійснити у три стадії, у кожній з яких обирається один з засобів. Оптимізація першої стадії зводиться до вибору засобу вимірювання витрати руди, що поступає до кульового млина. Оптимізацію другої стадії запропоновано провести стосовно вимірювання витрати води в млин. Оптимізація третьої стадії буде стосуватись вибору витратоміра пульпи у пісковому жолобі. За результатами досліджень встановлено, що завдяки оптимізації процесу прогнозування співвідношення руда/вода на вході млина за рахунок найкращого вибору існуючих інформаційних засобів за похибкою вдалося досягти при порівняно низькій точності вимірювання об'ємної витрати пульпи в пісковому жолобі класифікатора достатньо високої точності визначення співвідношення руда/вода. Відносна максимальна похибка прогнозування даного складує 1,72 %, що не перевищує її граничного значення $\pm 3,0$ %. Проведені дослідження відкривають перспективу удосконалення блока ідентифікації співвідношення руда/вода з високими технічними характеристиками при порівняно низькій точності вимірювання технологічних параметрів.

Ключові слова: співвідношення руда/вода, точність, кульовий млин, прогнозування, ідентифікація технологічного параметра.

Постановка проблеми. В процесах збагачення залізної руди при її подрібненні широко використовують кульові млини, що працюють у замкненому циклі з механічним спіральним класифікатором. При цьому споживається понад 50 % загальних витрат електроенергії, призначеної для отримання кінцевої продукції – концентрату, витрачається значна кількість куль і футеровки. Найбільш ефективно кульові млини працюють за

умов підтримання певного співвідношення руда/вода в конкретних технологічних ситуаціях. На сьогодні цей параметр не підтримується на заданих рівнях через неможливість ефективного ручного регулювання та відсутність автоматичних засобів керування. Кульові млини перевитрачають електричну енергію, кулі і футеровку, що підвищує собівартість вітчизняних залізорудних концентратів та знижує їх конкурентоспроможність

на світовому ринку. Такий стан склався через відсутність технічних засобів автоматичного прогнозування співвідношення руда/вода у кульовому млині. Дана стаття присвячена розв'язанню задачі автоматичного підтримання розрідження пульпи в кульових млинах з циркулюючим навантаженням, а отже, її тема є актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розв'язанню даної задачі приділяли значну увагу як в Україні, так і закордоном. Запропоновано кілька підходів та систем керування. Значне транспортне запізнювання, низька точність та інші причини не дозволили реалізувати розроблені пристрої. У підході прогнозування [1, с. 266] та способі стабілізації співвідношення руда/вода [2] відсутні вади, притаманні розробленим пристроям. Авторами даної статті виконано обґрунтування системи комп'ютерної ідентифікації та регулювання розрідження пульпи у кульових млинах з циркулюючим навантаженням [3, с. 46], здійснено підвищення точності стохастичної системи автоматичного керування розрідженням пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням фільтруванням сигналів [4, с. 78]. Встановлено, що на результат прогнозування розрідження пульпи у кульовому млині впливає точність вимірювання технологічних параметрів, серед яких об'ємну витрату пульпи у пісковому жолобі не можливо визначити з достатньо високою точністю. В роботі [5, с. 25] показано, що найкращі результати при прогнозуванні співвідношення руда/вода можливо отримати шляхом оптимізації точнісних характеристик за параметрами, які входять до складу математичної моделі прогнозування [1, с. 266]. Однак розв'язання задачі досягнення необхідної точності прогнозування співвідношення руда/вода оптимальним підбором точнісних характеристик вимірювальних засобів все ще потребує удосконалення.

Метою статті є пошук найкращого поєднання точності пристроїв вимірювання параметрів технологічного процесу для забезпечення допустимої похибки прогнозування співвідношення руда/вода в кульовому млині, що подрібнює вихідну руду з пісками механічного спірального класифікатора.

Виклад основного матеріалу. Прогнозування співвідношення руда/вода в кульовому млині з циркулюючим навантаженням визначається вологовмістом пісків класифікатора K_w , густиною руди δ_p , об'ємною витратою води в пісковий жолоб класифікатора QVBG, масовою витратою руди Q_p і води Q_{em} в млин, об'ємною витратою пульпи в пісковому жолобі класифікатора Q_{Vp} . На точність ідентифі-

кації співвідношення руда/вода впливає похибка визначення кожного з цих параметрів. Параметри K_w , δ_p , QVBG при прогнозуванні є незмінними і практично не впливають на процес прогнозування. Тому результат в основному буде визначатись змінними Q_p , Q_{em} і Q_{Vp} . Складність прогнозування полягає в тому, що виміряти об'ємну витрату пульпи у пісковому жолобі класифікатора з достатньо високою точністю не можливо. Найкращі результати можливо отримати, при одночасному врахуванні впливу на точність визначення співвідношення руда/вода усіх факторів. Для розв'язання даної задачі оптимізації найкраще підходить метод динамічного програмування.

Оскільки в процесах збагачення похибка інформаційних засобів може бути прийнятою на рівні $\pm 3,0\%$, критерій оптимальності встановимо на рівні $J = \delta_{K(p/e)}, \% \leq 3,0\%$, де $\delta_{K(p/e)}$ – відносна похибка прогнозування співвідношення руда/вода в кульовому млині. Подамо критерій оптимальності у вигляді аналітичного виразу. За базове значення співвідношення руда/вода $K'_{(p/e)}$ приймемо значення, що знайдене за виразом математичної моделі прогнозування при усіх параметрах, які визначені без похибок, тобто

$$K_{(p/e)} = \frac{A_e \cdot (Q_{Vps} - Q_{VBGs}) + Q_{ps}}{Q_{ems} + Q_{esGs} + K_{We} [A_e \cdot (Q_{Vps} - Q_{VBGs})]}, \quad (1)$$

де $A_e = \delta_p \delta_e / (\delta_p + k_w \delta_p)$ – сталий коефіцієнт для певної руди;
 δ_e – густина води.

Індекс "в" у позначенні K(p/в) означає величину, знайдену без похибки.

При вимірюванні будь-якого з вхідних параметрів будемо вносити похибку. Виміряні з похибкою параметри позначимо Q'_p , Q'_{em} , Q'_{Vp} . При врахуванні параметра, знайденого з похибкою, будемо мати похибку у визначенні співвідношення руда/вода. Позначимо ці параметри стану відповідно через $K_{(p/e)p}$, $K_{(p/e)em}$, $K_{(p/e)Vp}$. З врахуванням введених позначень вирази для певних параметрів стану приймуть наступний вигляд

$$K_{(p/e)p} = \frac{A_e \cdot (Q_{Vps} - Q_{VBGs}) + Q'_p}{Q_{ems} + Q_{esGs} + K_{We} [A_e \cdot (Q_{Vps} - Q_{VBGs})]}, \quad (2)$$

$$K_{(p/e)em} = \frac{A_e \cdot (Q_{Vps} - Q_{VBGs}) + Q_{ps}}{Q'_{ems} + Q_{esGs} + K_{We} [A_e \cdot (Q_{Vps} - Q_{VBGs})]}, \quad (3)$$

$$K_{(p/e)Vp} = \frac{A_e \cdot (Q'_{Vp} - Q_{VBGs}) + Q_{ps}}{Q_{ems} + Q_{esGs} + K_{We} [A_e \cdot (Q'_{Vp} - Q_{VBGs})]}. \quad (4)$$

Абсолютна похибка визначення співвідношення руда/вода буде дорівнювати

$$\Delta K_{p/e} = [K_{(p/e)\sigma} - K_{(p/e)p}] + [K_{(p/e)\sigma} - K_{(p/e)ам}] + [K_{(p/e)\sigma} - K_{(p/e)vp}], \quad (5)$$

або

$$\Delta K_{p/e} = 3K_{(p/e)\sigma} - \sum_{i=1}^3 K_{(p/e)i}. \quad (6)$$

Відносні похибки визначення співвідношення руда/вода будуть дорівнювати

$$\delta K_{(p/e)p} = \frac{\Delta K_{(p/e)\sigma} - \Delta K_{(p/e)p}}{\Delta K_{(p/e)\sigma}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

$$\delta K_{(p/e)ам} = \frac{\Delta K_{(p/e)\sigma} - \Delta K_{(p/e)ам}}{\Delta K_{(p/e)\sigma}} \cdot 100\%, \quad (8)$$

$$\delta K_{(p/e)vp} = \frac{\Delta K_{(p/e)\sigma} - \Delta K_{(p/e)vp}}{\Delta K_{(p/e)\sigma}} \cdot 100\%. \quad (9)$$

Відносна похибка визначення співвідношення руда/вода буде мати наступний вигляд

$$\delta K_{(p/e)\sigma} = \frac{100}{K_{(p/e)\sigma}} \sqrt{[K_{(p/e)\sigma} - K_{(p/e)p}]^2 + [K_{(p/e)\sigma} - K_{(p/e)ам}]^2 + [K_{(p/e)\sigma} - K_{(p/e)vp}]^2}. \quad (10)$$

У виразах (5)...(10) параметри з похибкою відповідно дорівнюють

$$Q'_p = Q_p \pm \frac{Q_p \cdot \Delta Q_p}{100}, \quad (11)$$

$$Q'_{ам} = Q_{ам} \pm \frac{Q_{ам} \cdot \Delta Q_{ам}}{100}, \quad (12)$$

$$Q'_{vp} = Q_{vp} \pm \frac{Q_{vp} \cdot \Delta Q_{vp}}{100}. \quad (13)$$

Оскільки рівняння (10) враховує окремі складові похибки прогнозування, то процеси можливо розглядати як незалежні три стадії оптимізації, в яких отримують окремі результати в чисельному значенні. Загальний критерій оптимальності буде дорівнювати сумі відповідних показників у кожній стадії, знайдених за виразом (10).

Здійснимо оптимізацію процесу постадійно. Повна математична модель об'єкта оптимізації описується наступним рівнянням

$$K_{p/e} = \frac{\delta_p \cdot [(Q_{vp} - Q_{vBG}) + Q_p] / (1 + K_w \delta_p / \delta_\sigma)}{Q_{ам} + Q_{ог} + K_w \delta_p (Q_{vp} - Q_{vBG}) / (1 + K_w \delta_p / \delta_\sigma)}, \quad (14)$$

у якому існують наступні зв'язки між параметрами

$$K_{(p/e)z} = const, \quad (15)$$

$$Q_{vBG} = const, \quad (16)$$

$$Q_{cn} = (100 \div 300)\% \cdot Q_p, \quad (17)$$

$$Q_{vp} = Q_{vBG} + \frac{Q_{cn}}{\delta_T} + K_w \frac{Q_{cn}}{\delta_\sigma}, \quad (18)$$

$$\gamma = \delta_\sigma \delta_p \cdot \frac{K_{(p/e)z} + 1}{\delta_p + K_{(p/e)z} \cdot \delta_\sigma}, \quad (19)$$

$$Q_{мем} = \frac{(\delta_p - \gamma)}{(\gamma - \delta_\sigma)} \cdot \frac{\delta_\sigma}{\delta_p} (Q_p + Q_{cn}), \quad (20)$$

$$Q_{e\Sigma} = \frac{Q_{мем}}{\delta_\sigma}, \quad (21)$$

$$Q_{ем} = Q_{e\Sigma} - Q_{vBG} - K_w \cdot \frac{Q_{cn}}{\delta_\sigma}, \quad (22)$$

де $K_{(p/e)z}$ – задане значення співвідношення руда/вода; $Q_{v\Sigma}$ – сумарна об'ємна витрата води, що поступає до кульового млина;

$Q_{мем}$ – сумарна масова витрата води, що поступає до кульового млина;

Q_{cn} – масова витрата пісків класифікатора;

γ – густина пульпи.

Дані рівняння описують блок прогнозування співвідношення руда/вода стосовно усіх його параметрів, об'єднаних залежністю (14). При зміні витрати руди Q_p автоматично приймають певні значення Q_{vp} і $Q_{ем}$. Рівняння (15)...(22) дозволяють відшукувати Q_{vp} і $Q_{ем}$, які встановлюються в циклі подрібнення руди.

Оптимізація першої стадії зводиться до вибору засобу вимірювання витрати руди, що поступає до кульового млина. Її можливо здійснити з врахуванням конкретного режиму роботи циклу подрібнення вихідної руди. Найбільш імовірним чи типовим можливо рахувати режим роботи при наступних значеннях параметрів: $Q_p = 240$ т/год; $K_{(p/e)z} = 4,3$; $K_w = 0,12$; $\delta_p = 3,3$ т/м³; $\delta_\sigma = 1,0$ т/м³; $Q_{vBG} = 24,3$ т/год; $Q_{cn} = 125\% Q_p$. При прийнятих значеннях параметрів визначимо $K_{(p/e)p}$. Раніше визначимо $Q_{vpe} = 151,21$ м³/год, об'ємна витрата води у кульовий млин $Q_{vp} = 65,28$ м³/год. Дані розрахунків заносимо до табл. 1.

З даних табл. 1 слідує, що при збільшенні похибки вимірювання витрати руди в кульовий млин виникає похибка у визначенні співвідношення руда/вода, але вона менша за величиною похибки вимірювання. Базова величина тут буде при похибці вимірювання, що дорівнює нулю (табл. 1). Найкращі результати будуть отримані при максимально зменшеній похибці вимірювання. Конвеєрні ваги можуть забезпечити похибку вимірювання витрати руди на рівні одного відсотка. Тому прийемо для вимірювання витрати руди конвеєрні ваги класу $\pm 1,0$. При цьому критерій оптимальності в першій стадії оптимізації складе $\Delta K_{p/e} = 0,02$.

Оптимізацію другої стадії проведемо стосовно вимірювання витрати води в кульовий млин. Дані розрахунків наведемо в табл. 2.

З даних табл. 2 видно, що при зростанні похибки вимірювання витрати води похибка визначення співвідношення руда/вода також зростає. У даному випадку, як і для визначення витрати руди, зміна $K_{p/e}$ відбувається у меншій

Таблиця 1

**Значення співвідношення руда/вода в кульовому млині
при зміні похибки вимірювання витрати руди $Q_p = 240$ т/год**

Відносна похибка вимірювання, %	0	±0,5	±1,0	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	±3,5	±4,0	±4,5	±5,0
Абсолютне відхилення витрати, т/год	0	±1,2	±2,4	±3,6	±4,8	±6,0	±7,2	±8,4	±9,6	±10,8	±12,0
Найменше значення витрати $Q_{p\ min}$, т/год	240	238,8	237,6	236,4	235,2	234,0	232,8	231,6	230,4	229,2	228,0
Найбільше значення витрати $Q_{p\ max}$, т/год	240	241,2	242,4	243,6	244,8	246,0	247,2	248,4	249,6	250,8	252,0
Значення $K_{p/e}$ для $Q_{p\ min}$	4,3	4,291	4,281	4,271	4,262	4,252	4,243	4,233	4,224	4,214	4,204
Значення $K_{p/e}$ для $Q_{p\ max}$	4,3	4,31	4,319	4,329	4,338	4,348	4,357	4,367	4,377	4,386	4,396
Абс. відхилення $K_{p/e}$	0	0,01	0,02	0,03	0,038	0,048	0,057	0,067	0,077	0,086	0,096

Таблиця 2

**Значення співвідношення руда/вода в кульовому млині
при зміні похибки вимірювання витрати води при $Q_p = 240$ т/год**

Відносна похибка вимірювання, %	0	±0,5	±1,0	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	±3,5	±4,0	±4,5	±5,0
Абсолютне відхилення витрати, м ³ /год	0	±0,3264	±0,6528	±0,9792	±1,3056	±1,632	±1,9584	±2,2848	±2,6112	±2,9376	±3,264
Найменше значення витрати $Q_{вм\ min}$, м ³ /год	65,28	64,954	64,672	64,301	63,974	63,648	63,322	62,995	62,669	62,342	62,013
Найбільше значення витрати $Q_{вм\ max}$, м ³ /год	65,28	65,606	65,933	66,259	66,586	66,912	67,238	67,565	67,891	68,218	68,544
Значення $K_{p/e}$ для $Q_{вм\ min}$	4,3	4,311	4,321	4,334	4,345	4,357	4,368	4,38	4,391	4,403	4,415
Значення $K_{p/e}$ для $Q_{вм\ max}$	4,3	4,289	4,278	4,267	4,256	4,245	4,234	4,223	4,212	4,202	4,191
Абс. відхилення $K_{p/e}$	0	0,011	0,021	0,034	0,045	0,057	0,068	0,08	0,091	0,103	0,115

Таблиця 3

**Значення співвідношення руда/вода в кульовому млині при зміні похибки вимірювання
витрати пульпи у піщовому жолобі класифікатора при $Q_p = 240$ т/год**

Відносна похибка вимірювання, %	0	±0,5	±1,0	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	±3,5	±4,0	±4,5	±5,0
Абсолютне відхилення витрати, м ³ /год	0	±0,7561	±1,5121	±2,2682	±3,0242	±3,7803	±4,5363	±5,2924	±6,0484	±6,8045	±7,5605
Найменше значення витрати $Q_{vp\ min}$, м ³ /год	151,21	150,454	149,698	148,942	148,186	147,43	146,674	145,918	145,162	144,406	143,65
Найбільше значення витрати $Q_{vp\ max}$, м ³ /год	151,21	151,966	152,722	153,478	154,234	154,99	155,746	156,502	157,258	158,015	158,771
Значення $K_{p/e}$ для $Q_{vp\ min}$	4,3	4,293	4,286	4,279	4,272	4,265	4,258	4,251	4,244	4,237	4,23
Значення $K_{p/e}$ для $Q_{vp\ max}$	4,3	4,307	4,314	4,321	4,327	4,334	4,341	4,348	4,354	4,361	4,368
Абс. відхилення $K_{p/e}$	0	0,007	0,014	0,021	0,027	0,034	0,041	0,048	0,054	0,061	0,068

мірі порівняно з похибкою вимірювання витрати води. Зміна критерію оптимальності на другій стадії відбувається на $\Delta_{K_{p/e}} = 0,021$ для витратоміра з похибкою вимірювання $\pm 1,0\%$.

Оптимізація третьої стадії буде стосуватись вибору витратоміра пульпи у піщовому жолобі. Виконаємо також розрахунки при зміні витрати пульпи у піщовому жолобі класифікатора. Дані розрахунків занесемо до табл. 3.

Аналіз даних табл. 3 показує, що у цьому випадку спостерігаються аналогічні встановленим раніше тенденції зміни величини. Різниця полягає лише в тому, що відсутні точні засоби вимірювання витрати пульпи у піщовому жолобі. Витратомір пульпи у піщовому жолобі забезпечує похибку вимірювання, яка не нижче $\pm 3,0\%$. В зв'язку з цим на даній стадії оптимізації критерій оптимальності збільшується на саму значну величину, яка становить $\Delta_{K_{p/e}} = 0,041\dots 0,068$. Сумарне значення критерію оптимальності складає ще більшу величину. Відносна максимальна

помилка визначення співвідношення руда/вода дорівнює 0,0739, або 1,72 % порівняно з базовою величиною, що не перевищує його граничне значення $\pm 3,0\%$.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Таким чином, завдяки оптимізації процесу прогнозування співвідношення руда/вода на вході кульового млина за рахунок найкращого вибору за похибкою існуючих інформаційних засобів вдалося досягти при порівняно низькій точності вимірювання об'ємної витрати пульпи в піщовому жолобі класифікатора достатньо високої точності визначення $K_{p/e}$. Відносна максимальна похибка прогнозування співвідношення руда/вода складає 1,72 %, що не перевищує її граничного значення $\pm 3,0\%$. Проведені дослідження розширюють перспективу удосконалення блока прогнозування співвідношення руда/вода з високими технічними характеристиками при порівняно низькій точності вимірювання технологічних параметрів.

Список літератури:

1. Кондратець В.О., Сербул О.М. Ідентифікація співвідношення руда/вода на вході кульового млина. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ*. 2006. Вип. 17. С. 265–272.
2. Спосіб автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням: пат. 59644 Україна, МКВ 7 В 03 В 11/00, В 02 с 25/00. № 2002118758; заявл. 15.11.02; опубл. 15.04.05, Бюл. № 4. 7 с.
3. Кондратець В.О., Сербул О.М. Обґрунтування системи комп'ютерної ідентифікації та регулювання розрідження пульпи у кульових млинах з циркулюючим навантаженням. *Вісник Криворізького нац. ун-ту: зб. наук. праць*. 2013. Вип. 34. С. 45–50.
4. Кондратець В.О., Сербул О.М. Підвищення точності стохастичної САР розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням фільтруванням сигналів. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ*. 2010. Вип. 23. С. 78–84.
5. Сербул О.М., Кондратець В.О. Обґрунтування підходу підвищення точності ідентифікації співвідношення руда/вода в кульових млинах з циркулюючим навантаженням. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ*. 2009. Вип. 22. С. 24–28.

Serbul O.M., Kondratets V.O., Didyk O.K., Izovita O.L. OPTIMIZATION OF FORECASTING ACCURACY RATIO ORE/WATER IN A BALL MILL WITH A CIRCULATING LOAD

In the article, it is proposed to carry out the selection of devices for measuring technological parameters according to the error by solving the optimization problem according to the method of dynamic programming. In a ball mill with a circulating load, the ore/water ratio is determined by the moisture content of the classifier sands, the density of the ore, the volume flow of water into the sand chute of the classifier, the mass flow of ore and water into the mill, and the volume flow of pulp in the sand chute of the classifier. The accuracy of the identification of the ore/water ratio is affected by the error in determining each of these parameters. Some of the listed parameters during forecasting are unchanged and do not affect the forecasting process. The difficulty of forecasting is that it is not possible to measure the volume flow rate of the pulp in the sand chute of the classifier with sufficiently high accuracy. It is possible to obtain the best results, while taking into account the influence of all factors on the accuracy of determining the ore/water ratio. To solve this optimization problem, the dynamic programming method is best suited, besides, it is advisable to search for the optimal solution in three stages, in each of which one of the means is chosen. The optimization of the first stage is reduced to the choice of a means of measuring the flow of ore entering the ball mill. The optimization of the second stage is proposed to be carried out in relation to the measurement of water flow into the mill. The optimization of the third stage will concern the selection of the pulp flowmeter in the sand chute. According to the research results, it was established that due to the optimization of the process of forecasting the ore/water ratio at the mill entrance due to the best selection of existing information tools, it was possible to achieve, with a relatively low accuracy of measuring the volume flow rate of the pulp in the sand chute of the classifier, sufficiently high accuracy of determining the ore/water ratio. The relative maximum error of forecasting this data is 1.72%, which does not exceed its limit value of $\pm 3.0\%$. The conducted studies open the prospect of improving the unit for identifying the ore/water ratio with high technical characteristics at a relatively low accuracy of measuring technological parameters.

Key words: ore/water ratio, accuracy, ball mill, forecasting, technological parameter identification.