

А.І. Купін, к.т.н., доц.
Криворізький технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОКАНАЛЬНОЇ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОДРІБНЕННЯМ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ В УМОВАХ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ ГЗК

Розглянуто можливість реалізації інтелектуального управління технологічним процесом подрібнення магнетитових кварцитів в промислових умовах. Запропоновано еталонну модель для реалізації нейроконтролера. Наведено результати комп'ютерного моделювання одноканальної нейромережевої системи управління.

Постановка задачі в загальному вигляді та її актуальність. Збагачення магнетитових кварцитів (залізної руди) в умовах вітчизняних гірничозбагачувальних комбінатів (ГЗК) здійснюється в багатостадійному режимі переважно магнітним способом із застосуванням флотаційного доведення. При цьому кожна стадія містить технологічні процеси (ТП) подрібнення, класифікації та магнітної сепарації. З технологічної точки зору подрібнення є дуже важливим ТП, який значно впливає на якісні та кількісні показники збагачення (зокрема, вихід готового класу, продуктивність секції, витрату енергоносіїв тощо). Відомо, що подрібнення, як і ТП збагачення в цілому, є досить складним об'єктом автоматизації. Це обумовлено відсутністю (або поганою якістю) апріорної інформації, стохастичними властивостями, нестационарністю, великим запізненням в часі та низкою інших факторів. Тому таке завдання поки не є повністю вирішеним. Актуальність проблеми також підтверджена багатьма дослідженнями в цьому напрямі, зокрема попередніми роботами автора [1–2].

Аналіз існуючих рішень в області автоматизації ТП збагачення. Традиційно автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП) збагачення будувались на підставі використання класичних методів статистичної ідентифікації [3], робастного та адаптивного керування [4]. Практична реалізація систем автоматичного регулювання переважно проводилася із застосуванням ПІД-регуляторів. Разом з цим використання таких підходів не завжди забезпечує необхідну якість ідентифікації та керування в умовах складних нелінійних об'єктів [5]. Відомою альтернативою цьому є застосування інтелектуальних нейронечітких методів [6–7]. Ураховуючи означені фактори для ідентифікації та синтезу системи управління ТП збагачення в умовах рудозбагачувальних фабрик ГЗК, було обрано нейромережевий підхід з побудовою контролера з інтелектуальним алгоритмом роботи.

Метою проведених досліджень є встановлення можливості реалізації інтелектуального управління ТП збагачення магнетитових кварцитів на прикладі процесу подрібнення.

Викладення основного матеріалу досліджень. За об'єкт дослідження будемо розглядати одноканальну систему управління процесом подрібнення залізної руди в кульовому млині. Будемо розглядати таку систему як дискретну типу:

$$Z^P = \{[u(k), y(k)], k = \overline{1, N}\}, \quad (1)$$

де P – порядок системи; $u(k)$ – вектор сигналів управління на вході; $y(k)$ – вектор сигналів на виході системи; N – максимальна кількість дискретних відліків спостереження.

Для умов такої системи в роботі авторів [2] аналізувалися схеми нейроуправління, засновані на підходах: послідовного та паралельного управління, самонастроювання, а також управління з емулятором (еталонною моделлю) і контролером (рис. 1). При цьому саме останній підхід показав значно кращі результати.

Типова схема управління з емулятором і контролером (або зворотного розповсюдження в часі [5]) включає дві нейромережі, де одна працює як математична (еталонна) модель об'єкта управління (ОУ), а інша – як контролер. Нейроконтролер (NC) навчається на інверсній моделі ОУ, а нейроеммулятор (NN) – на звичайній моделі ОУ. Нейроконтролер може навчатися безпосередньо на основі зворотного розповсюдження похибки крізь нейроеммулятор або на підставі еталонної моделі (при умові її адекватності та достатньої точності).

Для побудови нейроеммулятора необхідно вирішити завдання ідентифікації системи [6–8]. Вихідні дані для ідентифікації можливо отримати такими шляхами:

- використанням методів активного чи пасивного експерименту безпосередньо на технологічному об'єкті;
- застосуванням імітаційного (комп'ютерного) моделювання;
- дослідженням математичної (еталонної) моделі.

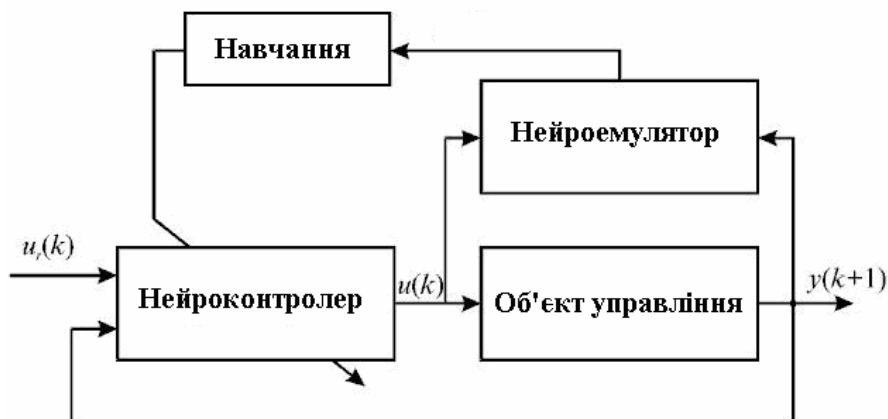


Рис. 1. Схема нейронного управління з емулятором і контролером

Під час наступних досліджень був застосований підхід, де процес навчання здійснювався на підставі даних еталонної моделі (рис. 2). За такою схемою ідентифікація нейроемулятора та параметризація нейроконтролера проводиться ітераційним шляхом при затримці певної кількості сигналів на вході та виході схеми. Процес припиняється за умови досягнення необхідної точності [6–7].

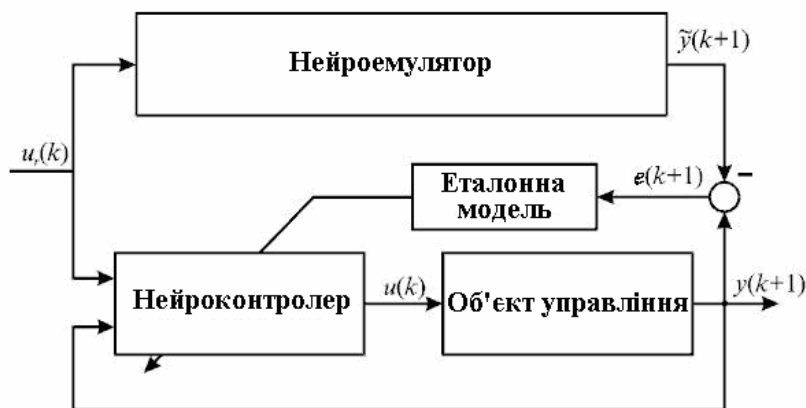


Рис. 2. Нейромережева система управління з еталонною моделлю, емулятором та контролером

Для отримання математичного виразу еталонної моделі розглянемо кульовий млин як об'єкт управління (рис. 3), який може бути описаний такою множиною параметрів:

$$\{\bar{\alpha}, d_o, \bar{C}, Q_o, \bar{Q}, \bar{d}, \bar{P}_m, \gamma_n, \gamma_{пех}, V_{p.o}, Q_p, W(W_m), \gamma_p, \omega, \varphi, P_{ек(-0,074)}, P_{ек(-0,05)}\},$$

де $\bar{\alpha} = \{\alpha_i\}$, $i = 1..N_r$ – вміст корисного у вихідній руді (шихті); N_r – кількість промислових різновидів у шихті; d_o – усереднена крупність руди перед збагаченням; Q_o – об'ємна витрата пульпи через барабан млина; $\bar{C} = \{C_j\}$, $j = 1..N_s$ – циркуляційне (піскове) навантаження за стадіями; N_s – кількість стадій збагачення; $\bar{Q} = \{Q_j\}$, $j = 1..N_s$ – переробка на кожній стадії збагачення; $\bar{d} = \{d_j\}$ – усереднена крупність продукту після кожної (j-ї) стадії збагачення; $\bar{P}_m = \{P_{mj}\}$ – вміст твердого при подрібненні; γ_n – щільність пульпи на виході ТП; $\gamma_{пех}$ – щільність пульпи на вході ТП; $V_{p.o}$ – об'єм робочого простору млина; Q_p – витрата руди; W – об'ємна витрата води; W_m – масова витрата води; γ_p – щільність руди; ω – кутова швидкість обертання барабану млина; φ – кульове завантаження млина; $P_{ек(-0,074)}$, $P_{ек(-0,05)}$ – продуктивність млина по готовому класу (–0,074 мм та –0,05 мм відповідно).

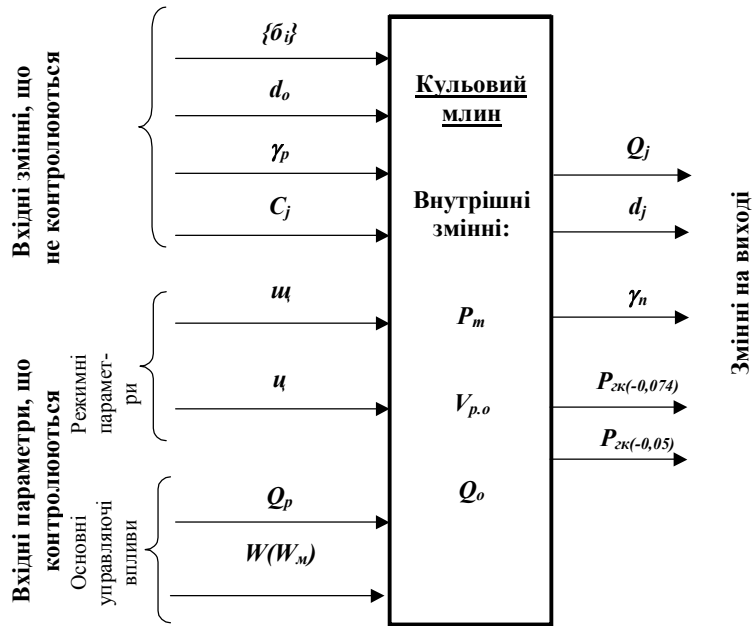


Рис. 3. Кульовий млин як об'єкт управління

Динаміка ТП подрібнення за каналом зміни витрати руди (або води) на вході та зміни щільності пульпи на виході $Q_p(W) \rightarrow \gamma_n(t)$ може бути описана за допомогою ідеального рівняння змішання [3–4]:

$$\frac{d\gamma_n}{dt} = \frac{Q_0}{V_{p.o}} (\gamma_{пex} - \gamma_n), \tag{2}$$

де t – змінна часу;

$$\gamma_{пex} = \frac{\gamma_p(Q_p + W_M)}{W \cdot \gamma_p + Q_p}. \tag{3}$$

Враховуючи, що

$$Q_0 = \frac{Q_p}{\gamma_p} + W,$$

підставимо (3) у (2) та отримаємо:

$$T \frac{d\gamma_n}{dt} + \gamma_n = k(Q_p - W_M), \tag{4}$$

де
$$T = \frac{\gamma_p V_{p.o}}{Q_p + W \cdot \gamma_p}, \quad k = \frac{\gamma_p}{W \cdot \gamma_p + Q_p}.$$

Рівняння (4) є нелінійним диференціальним типовим рівнянням аперіодичної ланки першого порядку, яке описує динаміку процесів змішання у млині. У випадку постійності об'ємної витрати пульпи це рівняння стає лінійним. Тобто

$$Q_p + W \cdot \gamma_p = \text{const}. \tag{5}$$

Отже, в подальшому реалізацію наведених схем управління з нейромулятором та нейроконтролером можливо проводити на підставі математичних моделей (4–5).

Автором було проведено комп'ютерне моделювання отриманої системи в середовищі MATLAB7. При цьому результати дослідження спостерігалися за каналом співвідношення «руда-вода». Змінна спостереження – щільність пульпи (γ_n). Як керуюча дія змінювалися витрати руди (або води) 1-ої стадії (Q_p або W). В процесі моделювання було застосовано еталонну модель типу (4).

Результати дослідження системи спостереження за допомогою Simulink (рис. 4) показали досить добру реакцію на випадкову зміну східчастого вихідного впливу, що говорить про достатню якість роботи нейроконтролера.

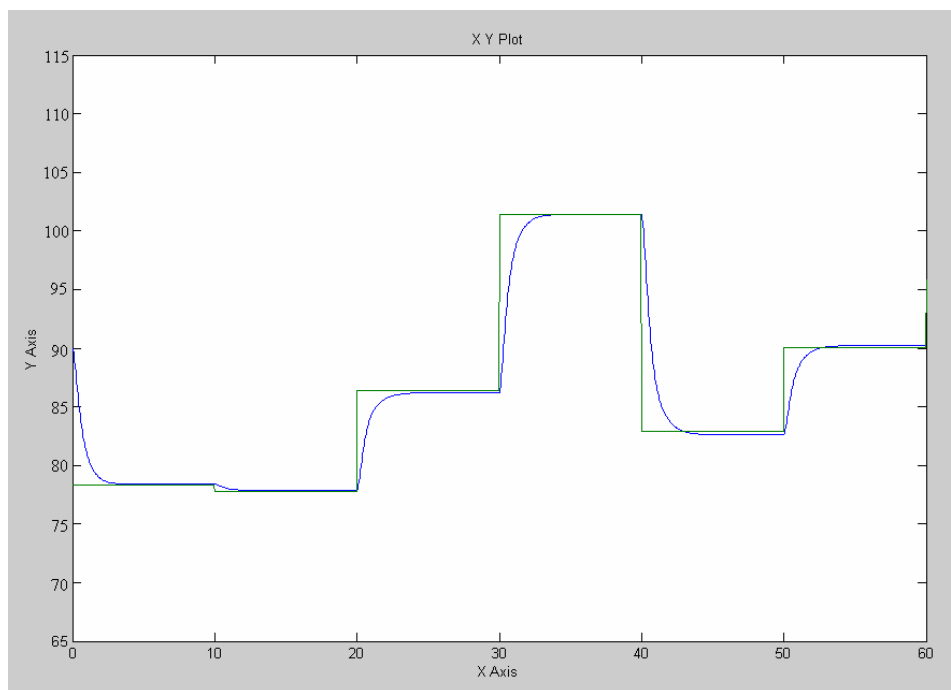


Рис. 4. Результати комп'ютерного моделювання роботи одноканальної системи управління в середовищі MATLAB

Висновки. Результати дослідження системи показали добру реакцію на випадкову зміну східчастого вихідного впливу. Перехідний процес має монотонний характер, незначний час відпрацювання, що говорить про достатню якість роботи нейроконтролера.

Отримані результати можуть бути застосовані при розробці автоматизованих систем управління, які використовують інтелектуальні методи ідентифікації та синтезу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Купін А.І.* Обґрунтування використання технологій штучного інтелекту для управління технологічним процесом збагачення магнетитових кварцитів // Вісник КТУ.– Вип. 1. – Кривий Ріг: КТУ, 2003. – С. 51–55.
2. *Назаренко В.М., Купін А.І.* Інтелектуальне управління технологічним процесом збагачення магнетитових кварцитів //Матеріали XIII Міжнародної конференції з управління «Автоматика-2006». – Вінниця: Універсам-Вінниця, 2006.—С. 467.
3. *Марюта А.Н.* Автоматическая оптимизация процесса обогащения руд на магнитообогатительных фабриках.– М.: Недра, 1975.– 231 с.
4. *Марюта А.Н., Качан Ю.Г., Бунько В.А.* Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик.– М.: Недра, 1983. – 277 с.
5. *Нейроуправление и его приложения / С. Омату, М. Халид, Р. Юсуф.– М.: ИПРЖР, 2000.– 272 с.*
6. *Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления / Под.ред. Н.Д. Егупова.– М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.– 744 с.*
7. *Махорило К.В.* Разработка методик эволюционного синтеза нейросетевых компонентов систем управления: Дис...канд. техн. наук: 05.13.06.– Харьков, 1998.– 179 с.
8. *Купін А.І.* Узагальнений алгоритм нейромережевої ідентифікації ТП збагачення залізної руди // Вісник КТУ. – Вип. 13. – Кривий Ріг: КТУ, 2006.– С. 51–55.

КУПІН Андрій Іванович — кандидат технічних наук, доцент кафедри інформатики, автоматички та систем управління Криворізького технічного університету.

Наукові інтереси:

- інтелектуальні системи управління;
- штучний інтелект.

Подано 24.11.2006

Купін А.І. Дослідження одноканальної нейромережевої системи управління подрібненням магнетитових кварцитів в умовах збагачувальної фабрики ГЗК

Купин А.И. Исследование одноканальной нейросетевой системы управления измельчением магнетитовых кварцитов в условиях обогатительной фабрики ГОКа

Kupin A.I. Research a single-channel neural network control system of crushing quartzites of magnetite in conditions of concentrating factory of mining complex

УДК 681.51: 622.7

Дослідження одноканальної нейромережевої системи управління подрібненням магнетитових кварцитів в умовах збагачувальної фабрики ГЗК / А.І. Купін // Вісник ЖДТУ. – 2006. – № ?? / Технічні науки. – С. ??–??. – Бібліогр.: 8 назв.

Розглянуто можливість реалізації інтелектуального управління технологічним процесом подрібнення магнетитових кварцитів в промислових умовах. Запропоновано еталонну модель для реалізації нейроконтролера. Наведено результати комп'ютерного моделювання одноканальної нейромережевої системи управління.

УДК 681.51: 622.7

Исследование одноканальной нейросетевой системы управления измельчением магнетитовых кварцитов в условиях обогатительной фабрики ГОКа / А.И. Купин // Вісник ЖДТУ. – 2006. – № ?? / Технічні науки. – С. ??–??. – Бібліогр.: 8 назв.

Рассмотрена возможность реализации интеллектуального управления технологическим процессом измельчения магнетитовых кварцитов в промышленных условиях. Предложена эталонная модель для реализации нейроконтроллера. Приведены результаты моделирования одноканальной нейросетевой системы управления.

УДК 681.51: 622.7

Fractal modelling and compression of colour videoimages with a content of a measuring information / А.І. Купін // Вісник ЖДТУ. – 2006. – № ?? / Технічні науки. – Р. ??–??. – Refs.: 8 titles.

The opportunity of realization of intellectual management by technological process of crushing quartzites of magnetite in industrial conditions is considered. The reference model for realization of the neural controller is offered. Results of modelling of a single-channel neural network control system are resulted.