

В.Г.ЛЯШОК, аспірант,
М.П.ТИХАНСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПОДРІБНЕННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА СТРУКТУРНОЇ СКЛАДНОСТІ

Процес подрібнення є одним із ключових етапів у збагачувальному циклі, оскільки саме на цьому етапі формуються необхідні параметри крупності матеріалу для подальших технологічних стадій. Його особливістю є складна нелінійна динаміка, стохастичний характер зміни властивостей сировини (твердість, вологість, мінералогічний склад) та технологічних режимів (витрати води, обертання млина, густина пульпи). Додатковим ускладненням є наявність внутрішніх і зовнішніх збурень, які не піддаються точному моделюванню за допомогою стандартних аналітичних методів.

У традиційних системах автоматичного керування, заснованих на класичних ПД-регуляторах, спостерігається обмежена здатність до адаптації, що обумовлює потребу в частому ручному переналаштуванні. Ці методи не враховують складних взаємозв'язків між підсистемами та не здатні ефективно реагувати на зміну умов у реальному часі, що призводить до перевитрати енергії, нестабільної роботи класифікатора та зниження виходу придатного продукту.

У зв'язку з цим було прийнято рішення щодо впровадження інтелектуальних підходів до керування, зокрема з використанням нечіткої логіки, нейронних мереж та адаптивних моделей. Такі системи дозволяють:

- адаптувати параметри керування до зміни характеристик сировини та техногенних факторів;

- працювати з розмитими, неповними та шумовими вхідними сигналами;

- здійснювати самонавчання на основі накопичених даних;

- будувати багаторівневі гібридні структури, які поєднують експертні правила, математичне моделювання і машинне навчання;

- забезпечувати автоматичну діагностику відхилень від нормального ходу процесу та своєчасну зміну режиму роботи обладнання.

Приклади використання:

- на підприємствах з виробництва залізорудного концентрату — впровадження адаптивних регуляторів у системах керування млинами та класифікаторами дозволило зменшити коливання густини пульпи та підвищити однорідність продукту;

- на збагачувальних фабриках з високою мінливістю рудного матеріалу — нейромережеві моделі прогнозують навантаження та оптимізують подачу води в режимі реального часу;

- у Китаї, Бразилії та Чилі — створено повністю автоматизовані ділянки подрібнення з елементами машинного навчання, які здійснюють самонавчання залежно від поточних умов процесу, знижуючи аварійність і втрати цінного компонента.

Запропонована концепція інтелектуального керування дозволяє підвищити стабільність технологічного процесу, покращити якість готового продукту та зменшити енерговитрати. Вона є основою для створення сучасних АСУТП у гірничо-збагачувальній галузі, що відповідають принципам Індустрії 4.0 та стратегії цифрової трансформації промисловості.