УДК 621.926.3

А.О. ХРУЦЬКИЙ, канд.техн.наук, доц., Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд.техн.наук, проф.,
В.В. ПЛОХИЙ, магістрант
Криворізький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ У КОНУСНИХ ДРОБАРКАХ СЕРЕДНЬОГО І ДРІБНОГО ДРОБЛЕННЯ

Конусні дробарки широко застосовуються у гірничо-збагачувальній промисловості для подрібнення підірваної гірської породи з метою зменшення розміру частинок або вивільнення цінних мінералів із руд. Щорічно мільйони тонн матеріалів проходять обробку за допомогою таких дробарок, а основними критеріями їх ефективності є продуктивність і якість кінцевого продукту, зокрема форма і розмір частинок. Попри широке впровадження цієї технології, процес подрібнення та, зокрема, його кількісне прогнозування на рівні математичних моделей залишається недостатньо вивченим.

У зв'язку з цим дослідження процесу подрібнення у конусних дробарках середнього та дрібного дроблення з метою побудови нової математичної моделі є важливим науково-технічним завданням. Основною метою цієї роботи є вдосконалення режимів роботи конусних дробарок шляхом обґрунтування оптимальних експлуатаційних параметрів на основі точної моделі, здатної враховувати особливості процесу.

У результаті дослідження встановлено, що залежність між продуктивністю дробарки та швидкістю обертання рухомого конуса є квадратичною й обернено пропорційною. При цьому типовий діапазон швидкостей, рекомендований виробниками, не дозволяє повною мірою реалізувати потенціал номінального ходу дробарки.

Розроблено математичну модель, що дозволяє як розраховувати продуктивність, так і прогнозувати гранулометричний склад продукту. В її основі лежить методика з модульною структурою на базі дедуктивного підходу до опису дроблення. Така модель не лише ілюструє, як зменшується розмір частинок у дробарці, а й показує прямий зв'язок між конструкцією машини, характеристиками породи та продуктивністю. Модель легко адаптується до будь-яких геометричних варіантів камери подрібнення та дозволяє здійснювати проектування з урахуванням специфіки матеріалу та режимів роботи.

У запропонованій моделі використано лише два параметри, що потребують налаштування: час затримки (для компенсації впливу вологи) та коефіцієнт об'ємного заповнення, який визначається через ітеративні розрахунки за критеріями упаковки. Окрім того, розроблено модель потоку матеріалу, яка пояснює внутрішні механізми руху частинок. Встановлено, що в умовах типової швидкості обертання переважає механізм вільного падіння. Водночас виявлено наявність висхідного потоку матеріалу, який значно впливає на загальну продуктивність і не може бути ігнорованим. Аналогічний ефект виявляється при горизонтальному переміщенні матеріалу від завантажувального отвору до вихідної зони.

У моделі враховано можливість існування двох основних режимів дроблення залежно від розташування рівня дроселювання. Вище цього рівня домінує міжчастинкове руйнування, а нижче — переважно одночастинкове. Це уточнення має важливе значення для правильного вибору геометрії робочої камери та оцінки режимів її роботи.

Виділено три ключові фактори, що визначають ефективність зменшення розміру породи: тип руйнування, кількість зон роздавлювання та рівень стиснення. Вони залежать від конструктивних параметрів дробарки, розподілу розміру породи, швидкості обертання, а також від налаштування зазорів. Розуміння цих факторів дозволяє глибше аналізувати роботу дробарки й оптимізувати її конфігурацію.

Для вибору раціональних режимів експлуатації необхідно побудувати карту продуктивності, що демонструє, як зміна параметрів впливає на вихід продукції. Застосовуючи критерії оптимізації до такої карти, можна підібрати найбільш ефективні налаштування.

Таким чином, встановлено, що потенціал покращення ефективності роботи конусних дробарок залишається значним. Запропоновані моделі та методики можуть бути використані для проектування нових камер дроблення, визначення оптимальних експлуатаційних параметрів та синтезу нових технічних рішень. Це відкриває широкі перспективи як для наукових досліджень, так і для практичного застосування в гірничо-збагачувальній галузі.