УДК 622.807.2

А.О. ХРУЦЬКИЙ, канд.техн.наук, доц., Вік. А., ГРОМАДСЬКИЙ, канд.техн.наук, ст. викл.,
Є.О. ІВЛЄВ, магістрант
Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРАВЛІЧНОГО ПИЛОПРИГНІЧЕННЯ НА ОСНОВІ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРСУНОК ІЗ СОПЛОМ ЛАВАЛЯ

Пил є одним із найнебезпечніших забруднювачів повітря при відкритому способі видобутку й переробки корисних копалин. Його присутність у виробничому середовищі загрожує здоров'ю працівників та сприяє розвитку професійних захворювань. У кар'єрах і збагачувальних фабриках концентрація пилу без засобів очищення може суттєво перевищувати граничнодопустимі норми. Джерелами утворення пилу є місця завантаження, розвантаження, дроблення й транспортування сировини, де експлуатуються різні механізми, що спричиняють значне пиловиділення. Особливу небезпеку становить тонкодисперсний пил, який легко потрапляє в дихальні шляхи та осідає в легенях.

Одним із основних способів боротьби з пилом є організація ефективного пилоподавлення, що передбачає зниження концентрації пилу в повітрі робочої зони. Цим питанням займаються пиловентиляційні служби підприємств, науково-дослідні та проєктні установи, які розробляють нові знепилюючі пристрої, пилоочисні установки, пневматичні системи прибирання, зрошувальні агрегати. Одним із ключових методів залишається зрошення пилу водою, часто з використанням клеючих добавок. Використовуються різні типи зрошення: високонапірне, низьконапірне, пневмогідрозрошення, туманоутворюючі завіси, пароконденсаційне пилоподавлення. Взимку зростає ризик захворювань, оскільки енерговитрати організму збільшуються, прискорюється дихання, що сприяє потраплянню більшої кількості пилу в легені.

Метою дослідження є удосконалення роботи систем пилопригнічення шляхом обґрунтування раціональних параметрів форсунок розпилення.

Окрему увагу приділено ролі форсунки з соплом Лаваля. Встановлено її доцільність як засобу генерації кавітації та інтенсифікації пилоподавлення. Уточнено геометричні параметри, які забезпечують необхідні гідродинамічні умови. Проведено моделювання процесу, розроблено методику визначення оптимального критичного діаметра та проаналізовано об'ємну частку пари як індикатор активної кавітації. Встановлено квадратичну залежність мінімального тиску в соплі Лаваля від витрати води, вхідного діаметра патрубка та співвідношення початкового до критичного діаметра. Найбільший вплив на тиск має саме це співвідношення, далі – витрата води, найменший вплив – діаметр вхідного патрубка. Аналогічна залежність встановлена для тиску на вході в сопло та для максимальної швидкості води.

Показано, що кавітаційні процеси в соплі Лаваля не виникають за швидкостей до 14 м/с і тиску понад 0,3 атм. Перші ознаки кавітації з'являються при швидкості 20–30 м/с і тиску 0,1 атм, суттєві прояви – при 50 м/с і 0,05 атм, а максимальні – за швидкості понад 100 м/с і тиску 0,01 атм. Виявлено, що кавітація може відігравати позитивну роль у процесі розпилення – вона сприяє розриву струменя, утворенню дрібних крапель, посиленому випаровуванню, а отже – підвищенню ефективності пилоподавлення. Ключовим для цього є перепад перерізів вхідного та вихідного отворів форсунки, що визначає зміну швидкості потоку та тиску. Запропоновано нову конструкцію форсунки, яка має центральний канал для повітря та зовнішній канал для води. Повітря спрямовується під більшим кутом, формуючи розширений конус, у який потрапляє водяний струмінь. Вихідні отвори проєктуються на основі отриманих залежностей. Порівняльне дослідження показало, що кут розпилення цієї форсунки значно більший (30–35°), ніж у традиційних конструкціях.

Таким чином, у роботі вирішено актуальне завдання підвищення ефективності гідравлічного пилопригнічення через оптимізацію конструктивних параметрів форсунок. Доведено, що за раціонального поєднання вхідної витрати, діаметра патрубків та використання кавітаційних ефектів можна значно підвищити ступінь розпилення, розширити кут розприскування та покращити умови праці в кар'єрах і збагачувальних фабриках. Отримані результати можуть бути використані у подальших розробках пилоподавальних систем на підприємствах добувної, металургійної та будівельної галузей.