

Б.Я. КОРНІЄНКО

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, e-mail: *bogdanko@i.ua*.

Л.Р. ЛАДІЄВА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, e-mail: *lrynus@yahoo.com*.

В.Г. ПИСАРЕНКО

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна, e-mail: *newjulia1979@gmail.com*.

Ю.В. ПИСАРЕНКО

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна, e-mail: *newjulia1979@gmail.com*.

А.О. НЕСТЕРУК

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, e-mail: *aonesterukr@gmail.com*.

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ГРАНУЛЮВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

Анотація. Побудовано чотири системи керування для процесу гранулювання у псевдозрідженому шарі за допомогою програмного забезпечення Matlab на основі різних регуляторів, а саме PID-регулятора і оптимального LQR-регулятора для лінійних систем, а також МРС-регулятора та регуляторів на основі нечіткої логіки для нелінійних систем. Для кожної системи керування отримано перехідну характеристику та наведено показники ефективності системи.

Ключові слова: система керування, регулятор, гранулювання, псевдозріджений шар.

ВСТУП

Одним із найпоширеніших методів виготовлення мінеральних добрив є гранулювання. Добрива у вигляді гранул мають низку переваг порівняно із добривами у вигляді порошку чи рідини, а саме зручність у транспортуванні, добре засвоюються та менше вивітрюються із ґрунту, прості у застосуванні. Щоб отримати тверді частинки з рідкого вихідного матеріалу, як-от розчину, емульсії чи суспензії, застосовують кристалізацію, гранулювання, сушіння розпиленням.

Гранулювання у псевдозрідженому шарі є складним процесом з динамічною зміною показників, який включає наявність твердої та рідкої фаз, теплообмін, масообмін, а також формування частинок. Для отримання кінцевого продукту використовують розчин, що розпилюється на частинки в технологічній камері і псевдозріджується завдяки висушуванню гарячим повітрям. Новий шар твердого матеріалу на частинках утворює тверда речовина, що залишилася після випаровування рідини [1].

Кінцевим продуктом цього процесу є гранули — результат нашарування за твердого матеріалу на поверхню початкових частинок. Упродовж усього процесу гранулювання температура може змінюватись у сталих межах, саме температура частинок є важливим аспектом процесу, оскільки вона впливає на якість кінцевого продукту.

Для побудови системи керування процесом гранулювання мінеральних добрив у псевдозрідженому шарі використовують різні підходи: аналіз сигналу коливання тиску — для керування режимами псевдозрідження, методи ближньої інфрачервоної спектроскопії та вимірювання відбиття сфокусованого про-