

Корнієнко Ярослав Микитович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Сачок Роман Володимирович

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Kornienko Y.

PhD, Professor,

Head of Department of machines and apparatus of chemical and petroleum industries National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

Sachok R.

Ph.D., Senior lecturer of Department of machines and apparatus of chemical and petroleum industries National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

**МОДЕЛЮВАННЯ СТОХАСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГРАНУЛОУТВОРЕННЯ
МІНЕРАЛЬНО-ГУМІНОВИХ ДОБРІВ У ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГРАНУЛООБРАЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНО-ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ**

**SIMULATION OF STOCHASTIC PROCESSES GRANULE FORMATION HUMIC
MINERAL FERTILIZERS IN FLUIDIZED BED**

Анотація. Розроблено математичну модель безперервного процесу гранулоутворення гуміново-мінеральних композитів із заданими властивостями в псевдозрідженому шарі з використанням моделі нечітких множин з застосуванням середовища MatLab.

Ключові слова: Псевдозрідження, грануло утворення, добрива, кінетика.

Аннотация. Разработана математическая модель непрерывного процесса гранулообразования гуминово-минеральных композитов с заданными свойствами в псевдоожигженном слое с использованием модели нечетких множеств с применением среды MatLab.

Ключевые слова: Псевдоожигжение, гранулообразование, удобрения, кинетика.

Abstract. A mathematical model of a continuous process of granule formation of humic-mineral composites with desired properties in a fluidized bed using a model of fuzzy sets using MatLab environment.

Keywords: Fluidization, granule, fertilizer, kinetics.

Розробка технології утилізації відходів через виробництво гранульованих гуміново-мінеральних добрив із пошаровим розподіленням мінеральних, гумінових, стимулюючих та розкислюючих речовин по всьому об'єму гранули є важливою задачею для збереження екологічної рівноваги при інтенсивному способі землекористування.

На кафедрі машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв НТУУ «КПІ» було розроблено спосіб виробництва гранульованих гуміново-мінеральних добрив з водних розчинів сульфату амонію зі змінним хімічним складом, який визначається агро-кліматичними умовами їх застосування [1]. Сутність технології полягає у зневодненні і гранулюванні

композитних розчинів на основі сульфату амонію в апараті з псевдозрідженим шаром. Складність поставленої задачі полягає в тому, що необхідно забезпечити не тільки необхідні вимоги до продукту, але й раціональні умови процесу масової кристалізації робочого розчину на поверхні гранул. [2, 3]

Метою роботи є створення математичної моделі, яка б враховувала вплив стохастичної зміни технологічних характеристик на стійкість кінетики процесу гранулоутворення та дисперсний склад гуміново-мінеральних твердих композитів. [4, 5]. Виходячи з того, що зміна ряду факторів носить стохастичний характер, для моделювання процесу запропоновано методи нечіткої логіки. Сутність методу полягає у застосуванні нечітких множин і лінгвістичних змінних. Для цього було обрано середовище MatLab із додатком нечітких множин FuzzyLogicToolbox.

Функція якості «L» враховує відхилення масового розподілення гранульованого продукту від заданого, коефіцієнт гранулоутворення «Psi» визначається відношенням маси гранульованого продукту до маси сухих речовин, які надійшли з робочим розчином. Областю бажаних значень для цільових функцій є: $L \rightarrow 0$, $\Psi \rightarrow 0,99$ [5, 6].

Для розрахунків 1, 2 отримані незначні значення функції втрат якості $0 \leq L \leq 2,5$ при коефіцієнті гранулоутворення $\psi \geq 0,98$, при цьому значення функції нових центрів гранулоутворення $\Delta\varphi \leq 0,2$, реалізоване за рахунок внутрішнього рециркулу, підтверджує положення фізичної моделі, тобто, заданий гранулометричний склад продукту характеризується малими значеннями функції втрат якості.

Розрахунки 3,4 при задовільному коефіцієнті гранулоутворення $\psi \geq 0,97$, показують значне відхилення

гранулометричного складу від заданого – $12,6 \leq L \leq 24$ при значеннях функції нових центрів гранулоутворення $2,17 \leq \Delta\varphi \leq 2,4$, тобто обґрунтовують необхідність реалізації подальшого процесу при недостатній кількості нових центрів гранулоутворення.

Розрахунки 5,6 при задовільному коефіцієнті гранулоутворення також показують відхилення гранулометричного складу від заданого – $12,6 \leq L \leq 12,8$ при значеннях функції нових центрів гранулоутворення $-4,305 \leq \Delta\varphi \leq -2,93$, тобто для цих параметрів необхідно введення зовнішнього рециркулу визначеного гранулометричного складу й маси [5].

Порівняння результатів, розрахованих на основі експериментальних даних дослідів з азото-кальцієво-гуміновими добривами, показує збіжність з результатами математичної моделі з середньою похибкою менше 13%, що підтверджує адекватність математичної моделі, базованої на основі нечіткої логіки.

Висновки

Запропонована математична модель дозволяє визначити вплив вхідних змінних на основні технологічні параметри процесу, і, як наслідок, на ефективність процесу гранулювання і характеристики гранульованого продукту. Це дасть змогу в умовах промислової реалізації технології виробництва гранульованих мінерально-гумінових добрив визначити ступінь дії системи автоматичного керування процесом в разі виникнення збурень внаслідок стохастичної зміни окремих технологічних параметрів процесу, а при форс мажорних ситуаціях оперативно вивести установку з робочого режиму і визначити порядок дій технічного персоналу, що суттєво зменшить енерговитрати та обсяги бракованої продукції.

Таблиця 1

Результати розрахунку моделі

№	Розрахункові величини							Експериментальні величини						
	D_{en}	n	z	n/z	dFi(d)	Psi	L	D_e	n	z	n/z	ψ	L	Δ
1.	1,7	14	7,8	1,82	2,4	0,84	12,6	1,92	16	8,52	1,87	0,98	13,8	0,09
2.	2	17	7,6	2,2	0,17	0,89	2,28	2,26	12	4,66	2,57	0,97	2,6	0,12
3.	1,9	17	7,4	2,29	0,2	0,81	2,5	2,43	13	5,61	2,31	0,97	2,3	0,03
4.	2,2	19	8,4	2,3	0	0,97	0	2,35	12	5,1	2,35	0,97	0	0,34
5.	3	17	3,7	4,5	-3,958	0,89	12,6	2,52	14	5,55	2,52	0,98	12,2	0,13
6.	3,5	21	3,7	5,5	-4,305	0,81	12,8	2,71	13	5,12	2,53	0,97	15,2	0,07

Література

1. Пат. 4465 Україна, МКП С05 G 1/00. Спосіб виготовлення гранульованих органімінеральних добрив. / Я. М. Заграй, Я. М. Корнієнко (Україна). — № 93121640; Заявл. 21.05.93; Опубл. 27.12.94, Бюл. № 6-1. — 14 с.
2. Корнієнко Я. М. Математичне моделювання безрециклового процесу грануляції у псевдозрідженому шарі. // Наукові вісті НТУУ «КПІ» — 2000. — № 2. — С. 38–41.
3. Корнієнко Я. М. Ефективність процесу утворення багатошарових твердих композитів / Я. М. Корнієнко, Р. В. Сачок // Наукові праці. Одеська національна академія харчових технологій. — № 32. — 2008, С. 97–99.
4. Kornienko Y. Modelling of multifactor processes while obtaining multilayer humic-mineral solid composites / Y. Kornienko, R. Sachok, O. Tsepkało // Chemistry, Vol. 20, Iss. 3 (2011) p E19–E26.
5. Kornienko Y. Complex assessment of the efficiency of granulation process in dispersed systems / Y. Kornienko, R. Sachok // «Chemistry & chemical technology», vol.2, № 3. — 2008, С. 217–220.