

а – значення ординат на конструктивній схемі апарата; б – епюри швидкостей

Рис. 2 – Епюри зміни швидкостей в апараті

Висновки

Розв'язок цієї моделі дозволить визначити ефективні умови проведення процесу та створити адекватне апаратне оформлення камери гранулятора з ГРП щільового типу.

Запропонована фізична модель гідродинаміки дозволить більш точно розрахувати математичну модель процесу.

Література

1. Основи сільськогосподарського виробництва/ Під ред. Б.Н.Польського. – К.: Вища школа, 1977. – 64 с.
2. Корнієнко Я.М. Умови стійкості кінетики процесу одержання багатошарових твердих композитів/ Я.М. Корнієнко, К.О. Гатілов, Д.О. Науменко//Наукові праці ОНАХТ.-2010-Випуск 37. с. 8-10.
3. Корнієнко Я.М., Технічні способи грануляції. Навч. Посібник. – К.:1997. – 128с.
4. Корнієнко Я.М. Моделирование процесса утворення твердих органо-мінеральних композитів / Я.М. Корнієнко, Р.В. Сачок // Наукові праці ОНАХТ. – 2010. – Випуск 37. С.96-101.

УДК 628.5.66.002.08

МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ МІНЕРАЛЬНО-ГУМІНОВИХ ДОБРИВ

Корнієнко Я.М., д-р техн. наук, проф., Сачок Р.В., ст. викладач
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ

Запропоновано математичну модель безперервного процесу утворення багатошарових мінерально-гумінових добрив з рідких систем, що дозволяє визначити потужність узагальненого джерела, необхідного для стабілізації дисперсного складу гранульованого продукту.

The mathematical model of continuous process of formation of mineral- humic fertilizers is offered from the liquid systems, that allows to define power of the generalized source, necessity for stabilizing of dispersion composition of granular product.

Ключові слова: багатошарові гуміново-мінеральні тверді композити, функція нових центрів грануляції, компенсаційна функція, еквівалентний діаметр, дисперсний склад продукту.

Впровадження принципів сталого розвитку згідно світовим тенденціям є актуальним для України, на

території якої зосереджено близько 29% світових запасів земель з задовільними умовами для вирощування сільгоспкультур.

В першу чергу це відноситься до відновлення балансу мінеральних і гумінових речовин при землекористуванні.

Створення добрив, що містять мінеральні поживні та гумінові речовини, які сприяють збереженню екологічної рівноваги, дозволяє впровадити принципи сталого розвитку і запобігти екологічній катастрофі.

Авторами попередніх досліджень [2,3] запропоновано фізичні та математичні моделі процесу утворення твердих гуміново-мінеральних композитів у апараті з псевдозрідженим шаром, але досі не було розглянуто розв'язок рівняння нерозривності для реальних умов процесу, тому метою теоретично-експериментальних досліджень є створення математичної моделі для визначення потужності узагальненої функції джерела потужності нових центрів грануляції при безперервному процесі утворення багаточастикових твердих мінерально-гумінових добрив, необхідного для стабілізації дисперсного складу.

Фізична модель процесу утворення твердих композитів з пошаровою структурою, рисунок 1, полягає у тому, що рідка фаза диспергується всередину псевдозрідженого шару, і за рахунок адгезійно-сорбційних сил утримується на поверхні центрів грануляції у вигляді надтонкої плівки рідкої фази (а), до якої від нагрітих твердих частинок і газового теплоносія підводиться теплота (б), що призводить до інтенсивного випаровування розчинника, в результаті на поверхні твердих частинок утворюється надтонкий шар з мікрокристалів мінеральних речовин та осаджених на їх поверхні колоїдних часток гумінових сполук (в). Цикл повторюється багатократно (г), внаслідок чого утворюються гранули з пошаровою структурою, яка забезпечує рівномірне розподілення мінеральних і органічних речовин по всьому об'єму гранули (д). Механізм утворення мінерально-гумінових добрив з пошаровою структурою наведено на рисунку 1.

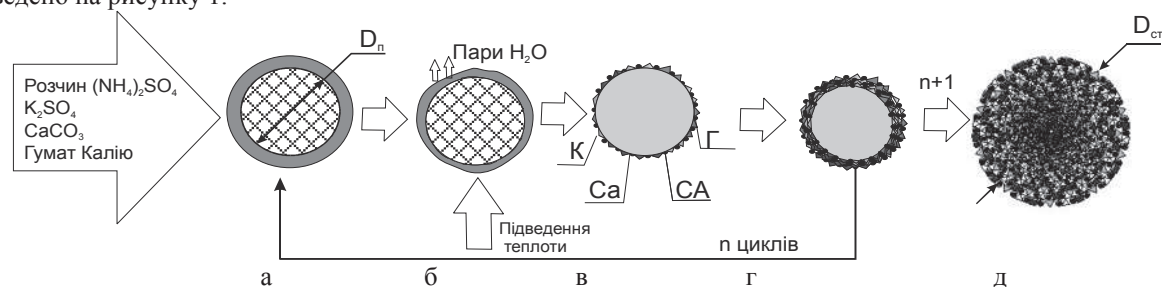


Рис. 1 – Механізм утворення гуміново-мінеральних добрив з пошаровою структурою

При безперервному проведенні процесу стійкість кінетики гранулоутворення залежить від стабілізації дисперсного складу частинок в апараті на заданому рівні за рахунок потужності джерела нових центрів грануляції.

В основу математичної моделі покладено рівняння нерозривності О.М.Тодеса, яке для даного записується у вигляді:

$$\frac{\partial g}{\partial \tau} + 2 \left[\Lambda \frac{\partial g}{\partial D} + g \frac{\partial \Lambda}{\partial D} - \frac{3\Lambda g}{D} \right] = -S\psi Kg + \varphi(D), \quad \tau > 0, \quad 0 < D < \infty \quad (1)$$

де g – функція масового розподілення гранул за розміром, мм⁻¹;

τ – час, год; D – поточний діаметр гранул, мм;

Λ – лінійна швидкість росту гранул, мм/год; S – функція сепарації;

ψ – коефіцієнт гранулоутворення, частки; K – константа вивантаження, год⁻¹;

$\varphi(D)$ – функція потужності джерела нових центрів грануляції, (мм·годину)⁻¹.

Для розв'язку рівняння (1) необхідно експериментально визначити: коефіцієнт гранулоутворення ψ , функцію масового розподілення гранул за діаметрами g , лінійну швидкість росту гранул Λ , константу вивантаження K .

Експериментально встановлено нульовий порядок росту гранул, $\partial \Lambda / \partial D = 0$, тоді рівняння (1) набуває вигляду:

$$\frac{\partial g}{\partial \tau} + 2 \left[\Lambda \frac{\partial g}{\partial D} - \frac{3\Lambda g}{D} \right] = -S\psi Kg + \varphi(D), \quad \tau > 0, 0 < D < \infty. \quad (2)$$

Початкові умови

$$g(0, \tau=0) = f(D).$$

Граничні умови

$$g(D=0, \tau > 0) = 0; \quad g(D=\infty, \tau > 0) = 0.$$

Звідки функція потужності джерела нових центрів грануляції, що забезпечує стабілізацію дисперсного складу, для даного типу розподілення визначиться, як:

$$\varphi(D) = \frac{\partial g}{\partial \tau} + 2 \left[\Lambda \frac{\partial g}{\partial D} - \frac{3\Lambda g}{D} \right] + S\psi Kg, \quad (3)$$

відповідно, для стаціонарного процесу, коли $\frac{\partial g}{\partial \tau} = 0$ рівняння (3) набуває вигляду:

$$\varphi(D) = 2 \left[\Lambda \frac{\partial g}{\partial D} - \frac{3\Lambda g}{D} \right] + S\psi Kg. \quad (4)$$

В загальному випадку функція $\varphi(D)$ може бути представлена, як сума потужностей внутрішнього $\varphi_{вн}$ та зовнішнього $\varphi_{зов}$ джерел нових центрів грануляції:

$$\varphi(D) = \varphi_{вн} + \varphi_{зов}. \quad (5)$$

В процесі експериментів визначалась потужність внутрішнього джерела, а з рівняння (5) – потужність зовнішнього джерела нових центрів грануляції.

$$\Delta\varphi = \varphi_{зов} = \varphi(D) - \varphi_{вн}(D). \quad (6)$$

Для комплексної оцінки ефективності процесу гранулоутворення запропоновано використати два параметри: коефіцієнт гранулоутворення $\psi = G_{пр}/G_m$, де $G_{пр}$, G_m – відповідно маси вивантаженого гранульованого продукту і сухих речовин, що надходять до апарату з робочим розчином за певний інтервал часу, та ступінь відхилення дисперсного складу гранульованого продукту від заданого функцією втрат якості L .

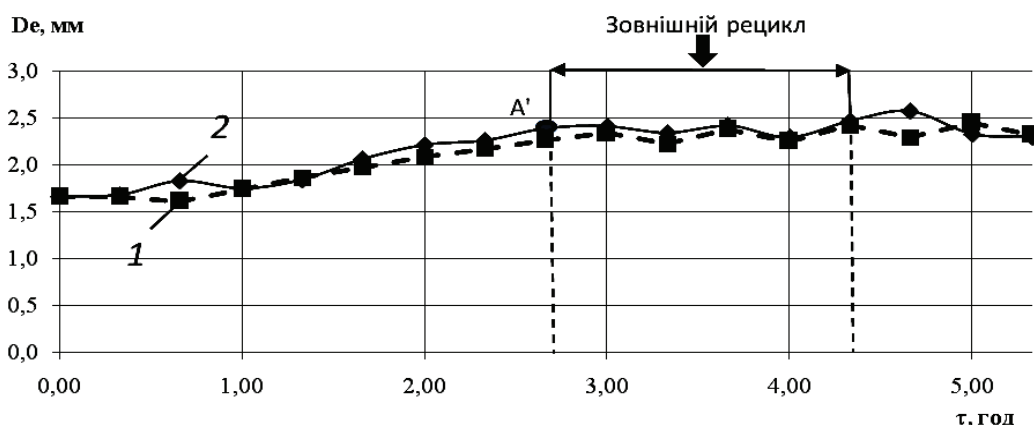
Для визначення ступеня відхилення дисперсного складу гранульованого продукту від заданого застосовано модифіковану функцію втрат якості Тагучі у вигляді [4,5]:

$$L = k_1(z_y - z_T)^2 + k_2(n_y - n_T)^2, \quad (7)$$

де z_y , n_y , z_T , n_T – відповідно фактичні та задані значення параметрів розподілення,

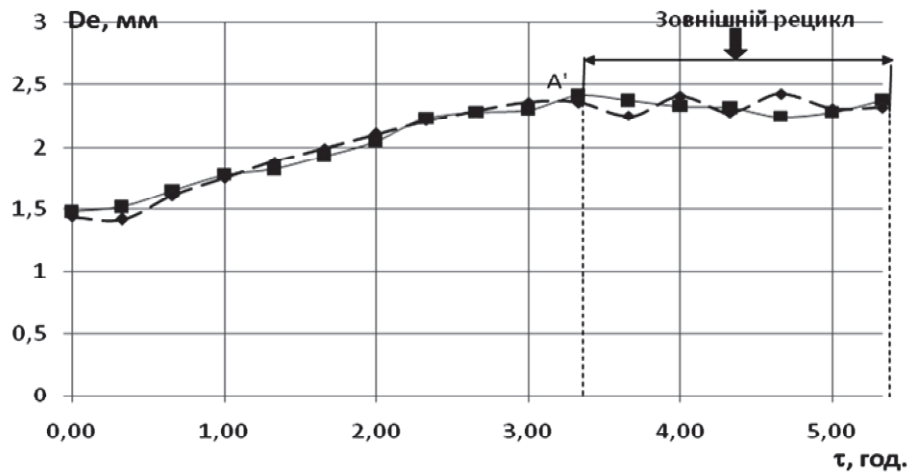
k_1 , k_2 – вагові коефіцієнти впливу.

Було проведено перевірку адекватності математичної моделі при одержанні азотно-гумінових та азотно-кальцієво-гумінових добрив із введенням зовнішнього рециклу [4,5], розрахованого з рівняння (6), що забезпечило стабілізацію еквівалентного діаметра, рисунки 15,16. Динаміка зміни еквівалентного діаметра для цих типів добрив, рисунки 2,3, описується розрахунковими залежностями з максимальним відхиленням 3,82%.



1 – розрахункова залежність 2 – дослідна залежність

Рис. 2 – Динаміка зміни еквівалентного діаметру $D_e=f(\tau)$ при отриманні азотно-гумінових добрив



1 – розрахункова залежність 2 – дослідна залежність

Рис. 3 – Динаміка зміни еквівалентного діаметру $De=f(\tau)$ при отриманні азотно-кальцієво-гумінових добрив

Це дозволяє досягти мінімального відхилення дисперсного складу від заданого.

Комплексна оцінка ефективності процесу визначається за значеннями коефіцієнта гранулоутворення $90 \leq \psi \leq 96\%$ та функції втрат якості $L < 1$, рисунки 4, 5. Своєчасне введення зовнішнього рециклу дозволяє реалізувати енергоефективний процес гранулоутворення.

Висновки

Таким чином, проведені експериментальні дослідження процесу утворення азотно-кальцієво-гумінових добрив підтвердили адекватність фізичної і математичної моделей утворення композитів з пошаровою структурою при стійкій кінетиці гранулоутворення $\psi > 90\%$. При цьому розрахунок потужності джерела нових центрів грануляції дозволив стабілізувати дисперсний склад гранульованого продукту.

Запропонована комплексна оцінка ефективності процесу утворення гуміново-мінеральних твердих композитів дозволяє оцінювати потужність внутрішнього джерела нових центрів грануляції та визначати механізм їх утворення для досягнення максимальної енергоефективності процесу.

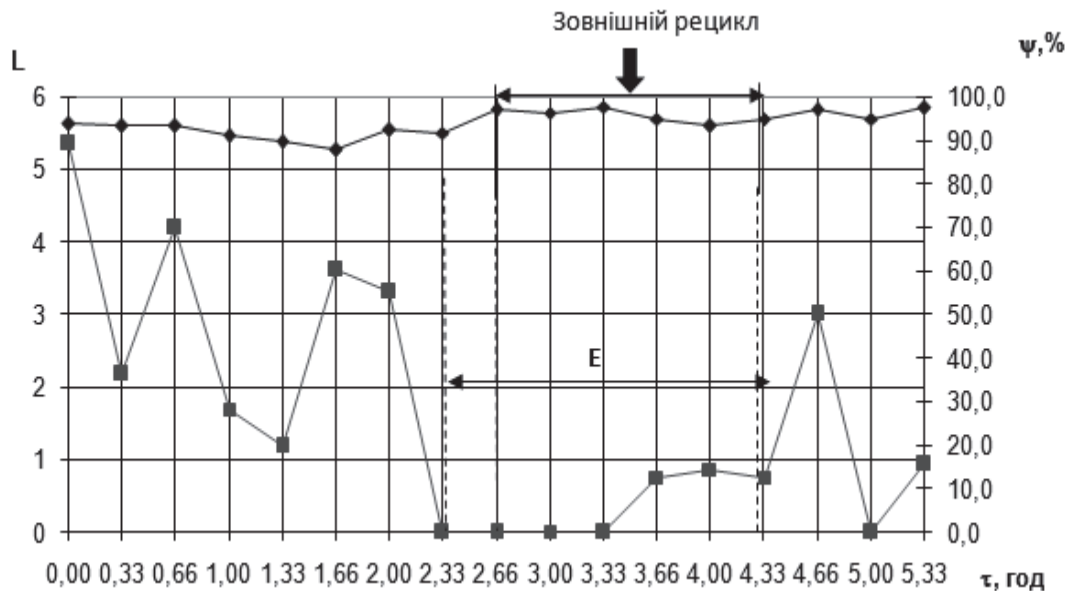


Рис. 3 – Динаміка зміни функції втрат якості та коефіцієнта гранулоутворення азотно-гумінових добрив (E – область ефективного процесу $2,33 < \tau < 5,33$ год)

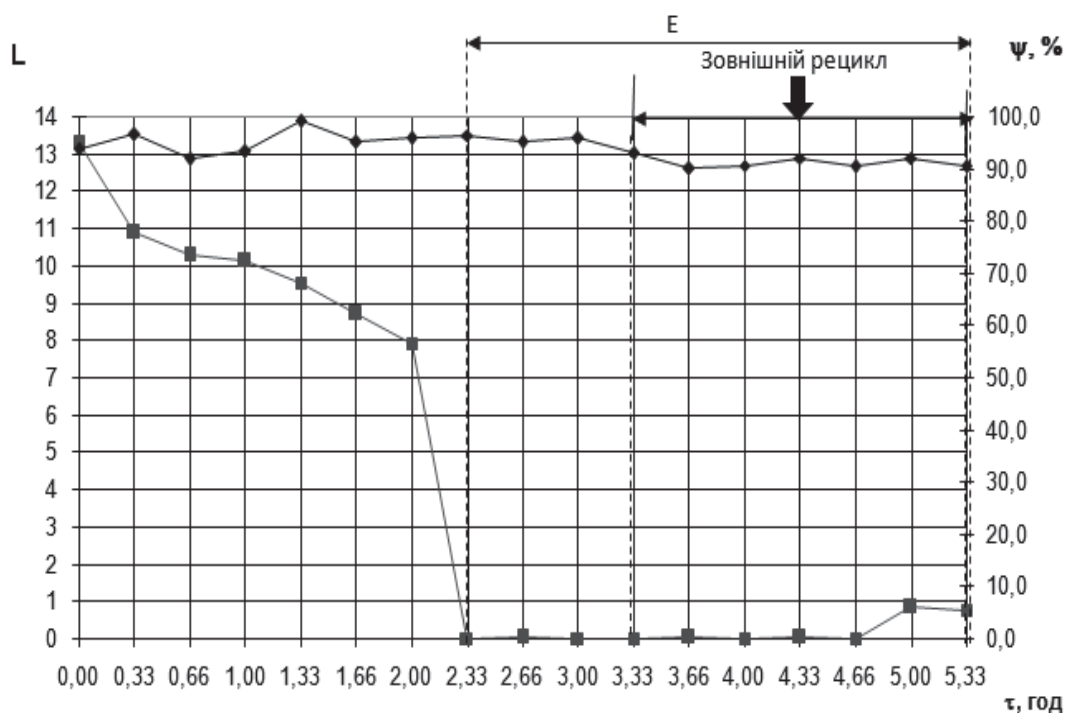


Рис. 4 – Динаміка зміни функції втрат якості та коефіцієнта гранулоутворення азотно-кальцієво-гумінових добрив (E – область ефективного процесу $2,33 < \tau < 5,33$ год)

Література

1. Пат. 4465 Україна, МКП C05 G 1/00. Спосіб виготовлення гранульованих органомінеральних добрив. / Я.М. Заграй, Я.М. Корнієнко (Україна). – № 93121640; Заявл. 21.05.93; Опубл. 27.12.94, Бюл. №6-1. - 14 с.
2. Годес О.М., Каганович Ю.Я., Себалло В.А. и др. Обезвоживание растворов в кипящем слое. – М.: Металлургия, 1973. – 287с.
3. Корнієнко Я.М. Математичне моделювання безрециклового процесу грануляції у псевдозрідженому шарі. // Наукові вісті НТУУ “КПІ” – 2000. - № 2. - С. 38 – 41.
4. Kornienko Y. Mathematical Modeling of Continuous Formation Of Multilayer Humic-Mineral Solid Composites / Y. Kornienko, R. Sachok, V. Rayda, O. Tsepkało // "Chemistry & chemical technology". – vol.3, №4. – 2009, С. 335–338;
5. 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;