

5. Dyachok V., Huhlych S. Mathematical design of biological processes of complicated mass transfer Sciens and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, III(5), ISSUE 41, 2015, P. 91-94.

УДК 631.417:547.992

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ МІНЕРАЛЬНО-ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КІСТКОВОГО БОРОШНА

Степанюк А.Р., канд. техн. наук, доцент, Марушевський С.О., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Виконано моделювання процесу перемішування компонентів комплексного добрива.

Modeling the process of mixing the components of complex fertilizers.

Ключові слова: комплексне добриво, перемішування, кісткове борошно.

Останні роки були надзвичайно важкими для нашої країни як у сферах промисловості так і для народного господарства. Незважаючи на сучасний технічний розвиток, надзвичайний потенціал ресурсів та багаті запаси родючих ґрунтів, аграрний комплекс України також не оминули економічні, енергетичні та продовольчі проблеми. Тому, сільське господарство, а саме пропонується розглянути землеробство, потребує запровадження нових екологічно чистих, науково-обґрунтованих та економічно-доцільних рішень вище згаданих проблем, для підвищення врожайності та якості сільськогосподарських культур.

Проблема низької врожайності є надзвичайно актуальною, так як порівнюючи Україну з іншими провідними країнами виробниками та постачальниками зернових, незважаючи на кращі кліматичні умови, врожайність є порівняно низькою. З кожним роком зменшується кількість необхідних рослинам речовин та гумусу. Тому, для її підвищення необхідно певним чином покращувати якість ґрунтів, збільшувати кількість корисних компонентів, мікроорганізмів та мікроелементів, що в них присутні. Одним із найпростіших та економічно вигідних способів є внесення добрив, як мінеральних так і органічних [1].

Добрива мають багатофункціональне значення в агроценозі, вони являються не тільки джерелом поживних речовин для рослин, а й підвищують їх мобілізацію в ґрунті, енергію життєвих процесів в ньому, змінюють його властивості, виконують багато екологічних функцій. Існує широке різноманіття різних видів добрива, проте, неможливо віддавати перевагу лише одному із них, так як він містить не весь спектр, що потребують різні сільськогосподарські культури. Доцільно використовувати комплексі органо-мінеральні добрива які містять два, три і більше елементів живлення (азот, фосфор, калій, мікроелементи), а також органічну складову та гумінові кислоти. Використовувати комплексні добрива економічно вигідне, одночасно з цим якість ґрунтів вища та вирішується проблема з утилізацією певних органічних відходів, що є хорошим показником для народного господарства.

Тому запропоновано розглянути складне органо-мінеральне комплексне добриво, яке буде мати склад який відповідатиме вимогам кліматичних та аграрних зон. Для підвищення поживності до мінерального добрива доцільно додавати органічну частку, гумати, кісткове борошно та бентонітові глини. Кожен компонент має певний склад необхідних для рослин речовин, свої фізико-механічні та хімічні властивості.

Проте через велику кількість компонентів, їхню різну природу, властивості та складну структуру, постає одна із проблем виготовлення складного органо-мінерального добрива, а саме якісне однорідне перемішування вихідних компонентів до повного розчинення у воді.

Задачею дослідження є дослідження ефективності процесу перемішування компонентів, що входять до складу комплексного добрива, встановлення залежності якості перемішування від технологічних параметрів процесу та розробка відповідного обладнання. Необхідно підібрати фізичну та математичну модель процесу перемішування, створити експериментальну установку щоб провести дослідження, для перевірки, підтвердження та обґрунтування адекватності запропонованих моделей.

Для цього запропоновано фізичну модель процесу перемішування органо-мінерального добрива з використанням кісткового борошна та математичну модель цього процесу. Дослідження проводиться використовуючи апарат з механічним лопатевим перемішувачем [2].

Під час приготування суспензії метою перемішування являється зниження концентраційних градієнтів в об'ємі апарату. Найбільш важливими характеристиками перемішувача є ефективність

перемішуючого пристрою та інтенсивність його дії. Ефективність перемішуючого пристрою характеризує якість проведення процесу і може бути виражена ступенем рівномірного розподілу твердої фази в робочому об'ємі апарата. Ефективність перемішування залежить не лише від конструкції пристрою, але і від енергії, що підводиться.

Інтенсивність перемішування визначається часом досягнення заданого технологічного результату або числом обертів мішалки при фіксованому часу проведення процесу. Чим вища інтенсивність перемішування, тим менше часу потребується на досягнення заданого ефекту перемішування, що призводить до зменшення розмірів апарату, що проектується, або збільшення продуктивності діючого.

Основною задачею перемішування суміші компонентів комплексного добрива є досягнення рівномірного розподілення концентрацій речовин по об'єму апарата, тобто необхідно запобігти осіданню частинок під дією сили тяжіння та їх центрифугуванню.

Відповідно з положеннями теорії подібності основою для гідродинамічного моделювання процесів перемішування шляхом перетворення диференціальних рівнянь є рівняння Нав'є-Стокса [2]:

$$\begin{aligned}\rho \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{dp}{dx} + \mu \nabla^2 w_x \\ \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{dp}{dy} + \mu \nabla^2 w_y \\ \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= -\frac{dp}{dz} + \mu \nabla^2 w_z.\end{aligned}$$

Із загального рівняння гідродинаміки:

$$Eu = f'(Re, Fr, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3 \dots)$$

яке описує вимушений стаціонарний рух рідини в умовах, коли неможливо знехтувати силою тяжіння, процес перемішування описується критеріальним рівнянням:

$$Eu = f(Re, Fr, \Gamma_1, \Gamma_2, \dots),$$

де Γ_1, Γ_2 – симплекси геометричної подібності.

Для опису процесу перемішування використовуємо модифіковані критерії Ейлера (Eu_m), Рейнольдса (Re_m) та Фруда (Fr_m), які отримані шляхом перетворення звичайних критеріїв. Замість лінійної швидкості, середнє значення якої при перемішуванні визначити практично не можливо, підставляється величина пропорційна кутовій швидкості:

$$\omega_\kappa = \pi \cdot d \cdot n,$$

де n – число обертів мішалки, d – діаметр мішалки.

В якості визначального розміру мішалки в усіх критеріях використовується діаметр мішалки. Підставивши ці величини в відповідні критерії, отримаємо вирази для модифікованих критеріїв подібності:

$$\begin{aligned}Re_m &= \frac{n \cdot d \cdot d\rho}{\mu} = \frac{n \cdot d^2 \rho}{\mu} \\ Fr_m &= \frac{n^2 \cdot d^2}{g \cdot d} = \frac{n^2 \cdot d}{\xi} \\ Eu_m &= \frac{\Delta p}{\rho(n \cdot d)^2}\end{aligned}$$

Отриманими рішеннями являються критеріальні рівняння які описують процес механічного перемішування. В критерій Ейлера входить різниця тиску між передньою (стороною набігання потоку) та задньою площинами лопаті мішалки. Цей перепад тиску, що долається зусиллям P , прикладеним до валу мішалки виражають через корисну потужність N , яка пропорційна зусиллю валу і кутовій швидкості. Таким чином перепад тиску пропорційний величині:

$$\Delta p = \frac{P}{S} = \frac{N}{(n \cdot d) \cdot S} = \frac{N}{n \cdot d^3}$$

При цьому в зв'язку зі складністю появилення можливо отримання різних співвідношень між величинами, що визначають протікання процесу, в залежності від того по якому параметру проводиться моделювання. Так як процес перемішування найбільш досліджений по величині потужності, що споживається

ся, в якості такого параметру вибираємо критерій потужності K_N , який отримаємо підставивши величину Δp в рівняння для визначення модифікованого критерію Ейлера:

$$Eu_m = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5} = K_N$$

Відповідно загальне рівняння гідродинаміки для процесу перемішування приймає наступний вигляд:

$$K_N = f(Re_m, Fr_m, \Gamma_1, \Gamma_2, \dots)$$

$$K_N = A \cdot Re_m^m \cdot Fr_m^n \cdot \Gamma_1^p \cdot \Gamma_2^q, \dots$$

Вплив сили тяжіння відображається на створенні воронки і хвилі на вільній поверхні рідини, що перемішується. При наявності в апараті перетинків або при ексцентричному розміщенні валу мішалки відносно осі апарата впливом сили тяжіння можна знехтувати. В цьому випадку критерієм Фруда нехтуємо:

$$K_N = f(Re_m, \Gamma_1, \Gamma_2, \dots)$$

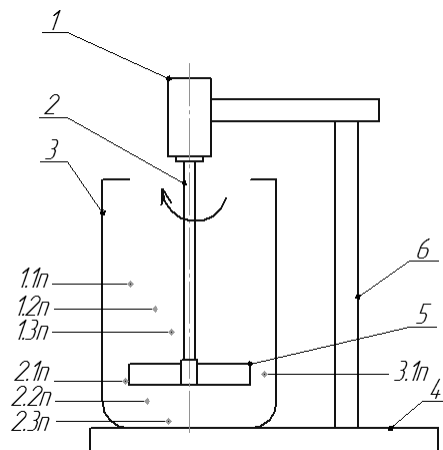
$$K_N = A \cdot Re_m^m \cdot \Gamma_1^p \cdot \Gamma_2^q, \dots$$

Число обертів мішалки визначаємо з урахуванням процесу, типу та конструкції мішалки з рівняння для визначення модифікованого критерію Рейнольдса:

$$Re_m = \frac{n_0 \cdot d^2 \cdot n}{\mu} = C_1 \cdot Ar \cdot \left(\frac{d_c}{d}\right)^a \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^k,$$

де Ar – критерій Архімеда.

У зв'язку з тим, що константи критеріальних рівнянь C_1 , a , k , n , m , p та q невідомі, для їх визначення та перевірки адекватності математичної моделі розроблено схему дослідної установки (рис. 1).



1 – привід з двигуном; 2 – вал; 3 – корпус; 4 – фундамент; 5 – лопатевий перемішувач; 6 – станина; 1.1n...3.1n – місце відбору проб.

Рис. 1 – Схема дослідної установки

Вказано місця забору проб для визначення якості перемішування. Встановлення ПЕОМ дало можливість заміряти потужність та число обертів перемішувача.

Таким чином було підібрано фізичну та математичну модель процесу механічного перемішування комплексного органо-мінерального добрива, попередньо перевірено її адекватність та запропоновано схему дослідної установки для проведення експериментальних досліджень.

Метою подальшої роботи є знаходження оптимальної частоти обертання мішалки та часу перемішування розчину шляхом проведення експериментів та визначення критеріальних залежностей.

Література

1. Минеев В.Г. Агрохимия. Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд. 7-е. Государственное научно-техническое издательство химической литературы. М. 1961., 831с.