

УДК 338.43:633.521

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАСТИНОК ОМД І ПАРАМЕТРІВ ЗАСОБУ ФОРМУВАННЯ ГРАНУЛ НА ЯКІСТЬ ВИКОНАННЯ ПРОЦЕСУ

Тарасюк В.В

Луцький національний технічний університет

У статті містяться результати проведення багатофакторного експерименту із застосування методу математичного планування, аналіз та оцінка основних якісних та кількісних факторів процесу формування гранул ОМД на основі озерного сапропелю природної вологості.

The results of multifactor experiment with application of the mathematical experiment planning method, analysis and estimation of the main qualitative and quantitative factors of the process of shaping of organic mineral fertilizer granules based on lake sapropel with a natural moisture are introduced in the article.

Постановка проблеми

Під час формування гранул кулястої форми з використанням криволінійної робочої поверхні, важливе значення має надання їм необхідної твердості для забезпечення збереження форми при виконанні подальших технологічних операцій. У такому випадку, ефективність роботи засобу формування залежить від багатьох факторів, в тому числі випадкових. Але основний вплив на максимальний вихід товарної фракції мають температурні умови, які створюються нагрівальними елементами, розміщеними у зоні затвердіння гранул. Тому засіб формування гранул ОМД (органо-мінеральних добрив), що пропонується, має забезпечувати дотримання технологічних вимог, які висувуються до механізмів даного типу.

Аналіз існуючих досліджень

Аналіз результатів досліджень процесу формування гранул на основі озерного сапропелю природної вологості [1 – 4] показував, що визначальний вплив на даний процес має початкові геометричні параметри частинок ОМД, сформованих з ОМС (органо-мінеральних сумішей) на основі сапропелю та НРК та їх вологість, а також конструктивно-технологічні параметри засобу формування (температура нагрітої робочої поверхні, її довжина, кут нахилу та тертя кочення частинок). Попередньо встановлені фактори стали визначальними у дослідженнях при математичному методі планування експерименту.

Мета досліджень

Побудова математичної моделі формування гранул ОМД на основі сапропелю природної вологості методом кочення по криволінійній поверхні.

Результати досліджень. При отриманні математичних моделей для визначення кількісних та якісних показників процесу формування гранул ОМД на основі озерного сапропелю природної вологості запропонованим засобом було проведено чотирифакторний експеримент згідно методики [5]. З метою впливу випадкових факторів, формування

частинок з ОМС здійснювали вручну. Дослідження проводили на озерному сапропелі органічного типу, добутого на оз. Синєво Волинської області. Маси складових ОМС сформованих гранул при розрахунку кількісних та якісних показників, визначали шляхом зважування на різних стадіях формування гранул ОМД методом відбору. Додатково змінювалась частота коливань робочої поверхні шляхом зміни довжини кривошипа в межах $n = 10 - 40$ кол./хв. та кут її нахилу до горизонталі у межах $3 - 10^\circ$.

За параметри оптимізації при проведенні багатofакторного експерименту приймали кінцеву вологість W_k та діаметр d гранул, що характеризується кількістю гранул відмінних від основного розміру η_B , %; тиск (питоме зусилля) їх руйнування P , що характеризується здатністю зберігати форму під впливом механічної дії η_n , %, та вихід товарної фракції (кількість несформованих та пошкоджених гранул) η_c , %, які відповідно визначалися за залежностями (1) – (3).

Здатність зберігати форму під впливом механічної дії характеризується показником:

$$\eta_n = \frac{m_{n1}}{m_{n2}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де m_{n1} – маса зруйнованих гранул, що міститься після їх формування, в одиничному об'ємі, кг; m_{n2} – загальна маса матеріалу на виході із засобу формування гранул в одиничному об'ємі, кг.

Кількість гранул відмінних від основного розміру характеризується показником:

$$\eta_B = \frac{m_{B1}}{m_{B2}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де m_{B1} – маса гранул, що міститься в одиничному об'ємі, які не відповідають основному розміру, кг; m_{B2} – маса сформованих гранул, що міститься в одиничному об'ємі, після виходу із засобу, кг.

Вихід товарної фракції характеризується показником:

$$\eta_c = \frac{m_{c1}}{m_{c2}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де m_{c1} – маса несформованих гранул, що міститься в одиничному об'ємі, отриманому під час формування гранул, кг; m_{c2} – загальна маса гранул, що міститься в одиничному об'ємі, кг.

Всі необхідні досліди було виконано відповідно до матриці повного факторного експерименту формату 3^4 [5, 6].

У загальному вигляді математична модель на основі чотирьох факторів може бути подана наступним виразом:

$$y = f(X_1; X_2; X_3; X_4), \quad (4)$$

де y – відповідний параметр оптимізації; $X_1; X_2; X_3; X_4$ – відповідно, початкова вологість частинок довільної форми W_n , температура нагрітої робочої поверхні установки $T_{нов.}$,

довжина робочої поверхні установки L та кут нахилу поверхні установки до горизонтальної осі β .

Кодування натуральних значень факторів подано в табл. 1.

Таблиця 1

Кодування натуральних значень факторів

Рівні варіювання	Фактори			
	Початкова вологість частинок довільної форми, %	Температура нагрітої робочої поверхні, °C	Довжина робочої поверхні, м	Кут нахилу робочої поверхні, град
	x_1	x_2	x_3	x_4
Верхній (+1)	88	140	2,5	3,0
Основний (0)	83	110	2,0	6,5
Нижній (-1)	78	80	1,5	10,0
Інтервал варіювання ε	5	30	0,5	3,5

Прогнозовані значення параметру оптимізації в результаті розробленої програми у системі комп'ютерної математики MathAD, можуть бути представлені наступними виразами з факторами у натуральному вигляді:

- кінцева вологість гранул:

$$W_k = -0,0008T_{нов.}^2 - 0,189\beta^2 + 0,915W_n + 0,095T_{нов.} - 6,672L + 2,433\beta + 3,788; \quad (5)$$

- тиск (питоме зусилля) руйнування гранул:

$$P = -0,011W_n^2 - 1,344L^2 - 0,073\beta^2 + 1,205W_n + 0,035T_{нов.} - 4,58L - 2,76\beta + 0,17W_nL + 0,032W_n\beta - 0,026T_{нов.}L + 0,007T_{нов.}\beta - 34,839; \quad (6)$$

- діаметр гранул:

$$d = -0,009W_n^2 - 0,0004T_{нов.}^2 - 0,948L^2 + 1,897W_n + 0,32T_{нов.} + 3,436L + 0,091\beta - 0,003W_nT_{нов.} - 94,371; \quad (7)$$

- показник, що характеризує кількість пошкоджених гранул (нетоварну фракцію):

$$\eta = 0,0007W_n^2 - 2 \cdot 10^{-5}T_{нов.}^2 + 0,152L^2 + 0,003\beta^2 - 0,121W_n + 0,003T_{нов.} - 1,33L - 0,021\beta + 0,008W_nL + 6,109; \quad (8)$$

За рівняннями регресії (5) – (8) будували графічні залежності для визначення динаміки процесу формування гранул ОМД.

Аналіз отриманих результатів показує, що усі розглянуті фактори мають суттєвий вплив на досліджуваний процес, про що свідчать відповідні коефіцієнти рівнянь регресії (5) – (8). Також було проведено аналіз впливу досліджуваних факторів на кожен з параметрів W_k , P , d , η .

1. Кінцева вологість W_k має бути вибраною згідно вимог і значний вплив на енергозатрати виконання технологічного процесу має початкова вологість сформованих частинок ОМД. В протилежному випадку для підвищення інтенсивності процесу необхідно

збільшувати температуру робочої поверхні або збільшувати її довжину. Важливим параметром є також і кут нахилу поверхні, зменшення якого дозволяє збільшити кількість переміщень гранул нагрітою поверхнею.

2. Величина тиску руйнування гранул також залежить від їх кінцевої вологості, що визначається часом перебування на нагрітій робочій поверхні і, відповідно, від аналогічних факторів вказаних у п.1.

3. Діаметр гранул є важливим агротехнологічним показником, який залежить від раціональної кінцевої їх вологості, часу перебування (умов ущільнення) при переміщенні робочою поверхнею та температурних параметрів, що створюють умови інтенсивності видалення вологи.

4. Показник, що характеризує кількість пошкоджених гранул (нетоварну фракцію) зростає зі збільшенням частинок та зростанням кута нахилу робочої поверхні до горизонталі. Такі фактори, як температура робочої поверхні та всі інші пов'язані із збільшенням часу перебування у засобі формування гранул дозволяють збільшити вихід товарної фракції.

Проведена оптимізація показників W_k , P , d , η за допомогою функцій Maximize та Minimize у системі комп'ютерної математики MathCAD, дозволила отримати значення досліджуваних факторів, за яких досягаються оптимальні значення показників W_k , P , d , η (табл. 2).

Аналіз даних табл.2 дозволяє рекомендувати наступні значення досліджуваних факторів, при яких забезпечуються оптимальні значення параметрів W_k , P , d , η : початкова вологість $W_n=78\%$; температура поверхні $T_{нов.}=140^\circ$; довжина поверхні $L=1,87...2,5$ м; кут нахилу поверхні $\beta=2...5$ град.

Таблиця 2

Рекомендовані (оптимальні) значення досліджуваних факторів

Показник	Знаходження значення параметра	Фактор			
		W_n , %	$T_{нов.}$, °C	L , м	β , град.
W_k , %	60,2 (мінімальне)	78	140	2,50	2,0
P , Н/мм	3,6 (максимальне)	78	140	1,87	5,0
d , мм	5,8 (мінімальне)	78	140	2,50	2,0
η	0,1 (мінімальне)	78	140	2,32	3,6

Висновки

Таким чином, застосування математичного методу планування експерименту дозволило виявити вплив початкових параметрів вихідного матеріалу на ефективність процесу формування гранул та встановити оптимальні параметри робочої поверхні засобу для формування гранул.

Такий метод дає змогу виявити принципові можливості покращення якості формування гранул ОМД на основі сапропелю.

Література

1. Дідух В.Ф. Ефективність пристрою шнекового типу для віджиму сапропелю / В.Ф. Дідух, О.П. Шимчук, І.М. Дударев, В.В. Грабовець // Вісник Тернопільського НТУ ім. Івана Пулюя. – Вип.№1. – Т.4. – Тернопіль, 2009. – С. 94-99.
1. Дідух В.Ф. теоретичне обґрунтування процесу зневоднення озерних сапропелів / В.Ф. Дідух, В.В. Грабовець // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів, 2008. – Т. 1, № 12. – С.207-212.
2. Тарасюк В.В. Визначення інтенсивності зневоднення частинок ОМД на етапі формування гранул / В.В. Тарасюк, В.Ф. Дідух, І.В. Тараймович // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 21. – Том II. – Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2011. – С. 130-134.
3. Тарасюк В.В. Дослідження переносу теплоти від нагрітої поверхні до гранул ОМД кулястої форми / В.В. Тарасюк, В.Ф. Дідух // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Кіровоград, 2011. – Вип.№41 (частина I). – С.223-227.
4. Хайліс Г.А., Ковалев М.М. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. – М.: Колос, 1994. – 169с.
5. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник – К.: НМКВО, 1992. – 320с.