

УДК 621.21

**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»

**Куріньовський Олександр Володимирович**

магістр 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"

**Kuriniovsky Alexander**

Master of Department of machines and apparatus of chemical and petroleum  
industries National Technical University of Ukraine  
"Kyiv Polytechnic Institute"

**АПРОКСИМАЦІЯ МАСОВОГО РОЗПОДІЛЕННЯ ГРАНУЛ ЗА РОЗМІРАМИ  
ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ  
СИСТЕМ**

**АППРОКСИМАЦИЯ МАССОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛ ПО  
РАЗМЕРАМ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ  
ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ**

**APPROXIMATION OF MASS DISTRIBUTION GRANULES SIZE AT  
DEHYDRATION HIGHLY HETEROGENEOUS SYSTEMS**

**Анотація:** *Запропоновано метод апроксимації поточного масового розподілення зернистого матеріалу в апараті із псевдозрідженим шаром при зневодненні висококонцентрованих гетерогенних систем.*

Ключові слова: масове розподілення, апроксимація, коефіцієнт кореляції.

**Аннотация:** *Предложен метод аппроксимации текущего массового распределения зернистого материала в аппарате с псевдооживленным слоем при обезвоживании высококонцентрированных гетерогенных систем.*

Ключевые слова: массовое распределение, аппроксимация, коэффициент корреляции.

**Abstract:** *A method for approximating the current mass distribution of granular material in the apparatus of fluidized bed dehydration with highly heterogeneous systems.*

Keywords: mass distribution, approximation, the correlation coefficient.

**Постановка проблеми.** Збереження екологічної рівноваги при інтенсивному землекористуванні в Україні потребує використання добрив нового покоління, які повинні містити мінеральні макро- та мікро-елементи, речовини органічного походження та гумати [1]. Використання органо-мінерально-гумінових добрив є особливо актуальним, оскільки традиційні мінеральні добрива не забезпечують умови ефективного ґрунтогенезу.

Водночас гранульовані добрива повинні мати задані фізико-механічні й хімічні властивості, заданий дисперсний склад та рівномірне розподілення мінеральних, органічних та гумінових компонентів по всьому об'єму композитів

сферичної форми з можливістю регулювання вмісту компонентів в залежності від агро- екологічних умов регіону їх застосування.

Застосування техніки псевдозрідження при зневодненні висококонцентрованих гетерогенних систем дозволяє одержати гранульовані органо-мінерально-гумінові добрива, що відповідають поставленим вимогам

**Метою статті** є вдосконалення методу апроксимації поточного масового розподілення гранул за розмірами при зневодненні рідких гетерогенних систем у псевдозрідженому шарі з ціллю розрахунку методу стабілізації та дисперсного складу зовнішнього рециклу для отримання гранульованого продукту з заданими фізико-хімічними властивостями.

**Виклад основного матеріалу.** Для безперервного проведення процесу зневоднення та грануляції рідких гетерогенних систем у псевдозрідженому шарі потрібно постійно підтримувати постійними масу шару  $M_1$ , кг та його поверхню  $f_1$ ,  $m^2$  на певному сталому рівні. Тому практична реалізація процесу гранулоутворення, враховуючи його гідродинаміку, проводиться за умови:

$$\frac{df_1}{d\tau} = 0; \frac{dM_1}{d\tau} = 0$$

Таким чином, стійкість кінетики гранулоутворення залежить від стабілізації дисперсного складу частинок та загальної поверхні шару в апараті на заданому рівні за рахунок потужності внутрішнього та зовнішнього джерела утворення нових центрів грануляції.

В основу математичної моделі, яка дозволяє визначити величину джерел утворення нових центрів грануляції покладено рівняння нерозривності О.М. Тодеса[2].

Тому для розрахунку загальної функції потужностей зовнішніх і внутрішніх джерел утворення нових центрів грануляції  $\varphi(D, \tau)$  необхідно встановити закон масового розподілення гранул за діаметром  $g(D) = f(D)$ .

Попередніми дослідженнями встановлено, що масове розподілення гранул в апараті з вірогідністю 95 % описується  $\gamma$ -розподіленням [3],  $mm^{-1}: g(D) = \frac{z^n}{(n-1)!} D^{n-1} e^{-zD}$ ,

де  $D$  – поточний діаметр, мм;  $n, z$  – параметри  $\gamma$ -розподілення.

Тобто, апроксимація масового розподілення гранул за діаметром полягає у знаходженні коефіцієнтів  $\gamma$ -розподілення  $n$  та  $z$ .

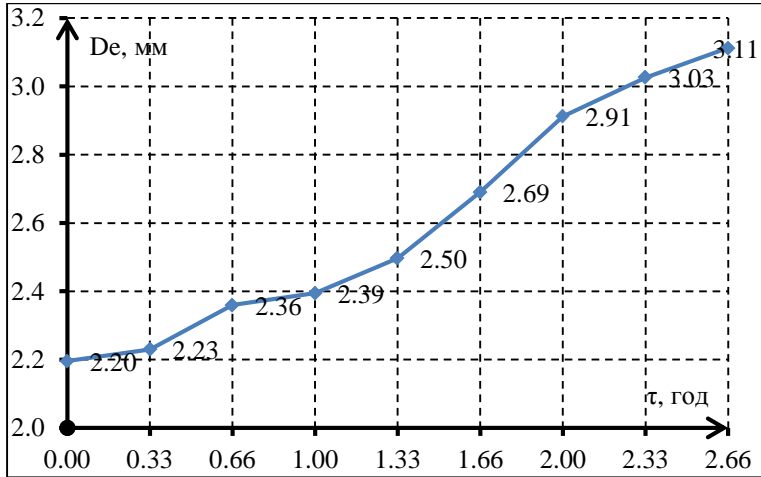


Рис. 1 – Динаміка зміни еквівалентного діаметра

гуматів при локальних швидкостях росту  $\lambda = dD_e/d\tau = 0,121-0,636$  мм/год і при середньому значенні  $\lambda_c = 0,339$  мм/год.

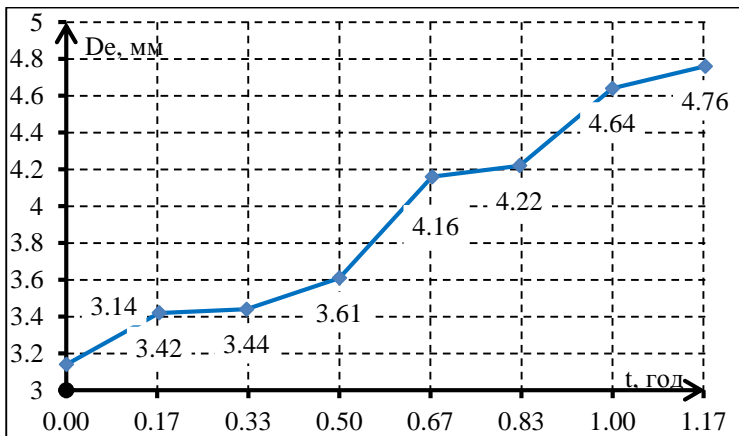


Рис. 2 – Динаміка зміни еквівалентного діаметра

24,1:2,3:27,7:5,9:1,3:6,8:28,4:6,5 шляхом зневоднення висококонцентрованих гетерогенних систем із загальною концентрацією твердої фази на рівні 60% встановлено динаміку зміни еквівалентного діаметра зернистого матеріалу, рисунок 2, що свідчить про стрімке його зростання. Лінійна швидкість росту гранул

змінюється в межах  $\lambda = \frac{dD_e}{d\tau} = 0,239 - 3,659$  мм/год, а середнє значення становить

Для розрахунку коефіцієнтів  $\gamma$ -розподілення авторами [4] використовувався метод найменших квадратів після попереднього логарифмування. Це дало відхилення в межах 5% для діаметрів  $D_e = 1-3,2$  мм, рисунок 1, при грануляції 40% розчинів сульфату амонію із домішками

При проведенні експериментальних досліджень отримання органо-мінерально-гумінових композитів з домішками соняшникової золи, що містить макро- і мікроелементи, фосфор та калій природнього походження  $[N]:[P]:[K]:[Ca]:[C]:[Mg]:[S]:[B.V.] =$

$\lambda_c = 1,354$  мм/год, що майже в 4 рази перевищує цей параметр при зневодненні 40% робочого розчину сульфату амонію, рисунок 1.

Апроксимація функції масового розподілення методом найменших квадратів для таких величин еквівалентних діаметрів показала низький коефіцієнт кореляції між експериментальними та теоретичними значеннями функції масового розподілення.

Тому було прийнято рішення знаходити шукані коефіцієнти шляхом ітераційної їх зміни зі знаходженням масиву коефіцієнтів кореляції між теоретичною та експериментальною функціями масового розподілення.

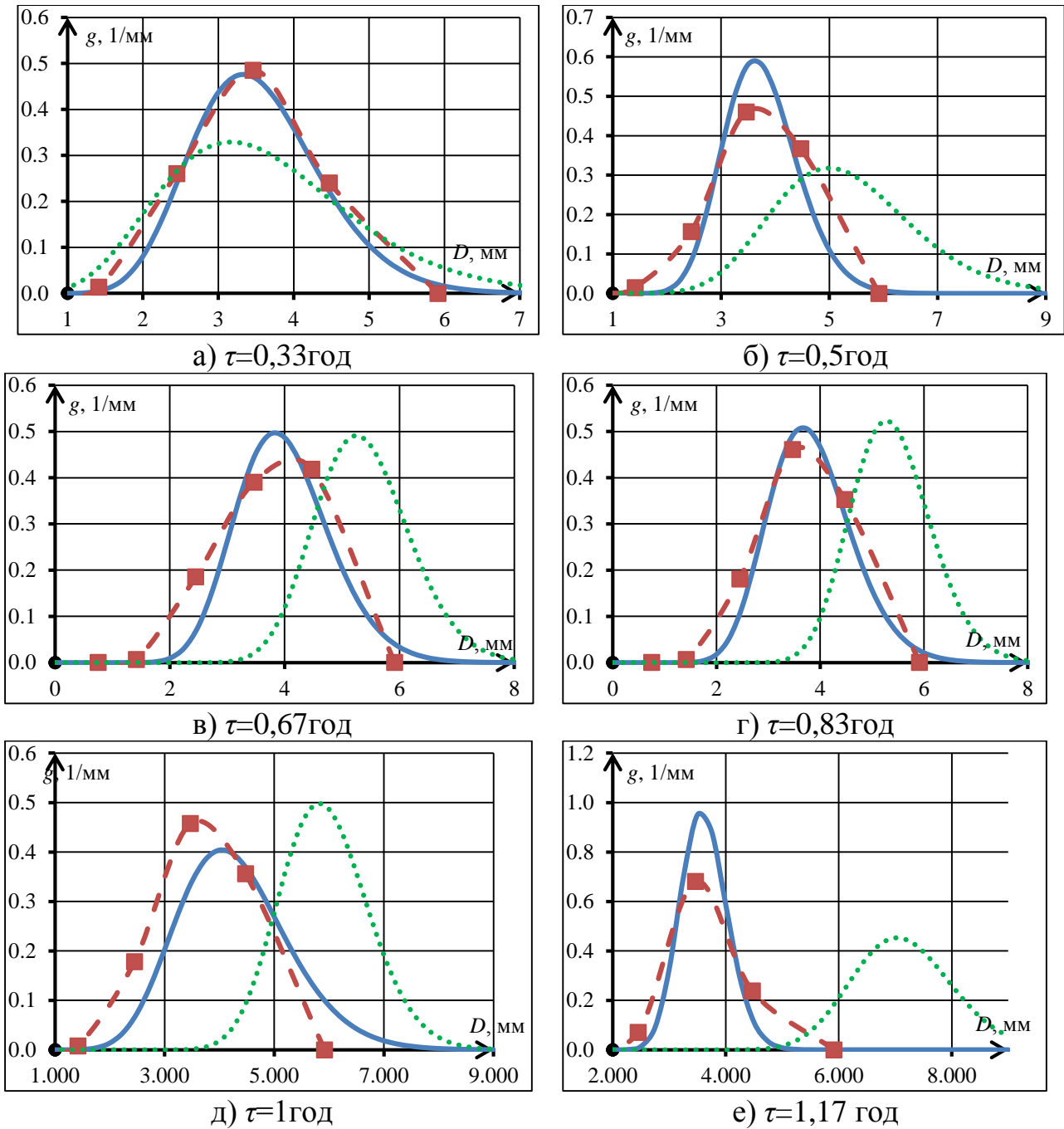
В табл. 1 та на рис. 3 наведено результати порівняння апроксимації функції масового розподілення за МНК та методом пошуку максимального коефіцієнта кореляції ( $R_{max}$ ).

Табл. 1. Порівняння результатів апроксимації

	$\tau=0$		$\tau=1$		$\tau=2$		$\tau=3$		$\tau=4$		$\tau=5$	
	МНК	$R_{max}$	МНК	$R_{max}$	МНК	$R_{max}$	МНК	$R_{max}$	МНК	$R_{max}$	МНК	$R_{max}$
$n$	8	17	17	16	24	13	13	20	43	16	31	18
$Z$	2,140	4,86	3,200	4,480	4,5	3,660	5,600	5,24	9,120	4,100	5,400	4,780
$D_e$	3,227		3,275		3,272		3,450		3,492		3,449	
$n/z$	3,738	3,498	5,312	3,571	5,333	3,552	2,321	3,817	4,714	3,902	5,741	3,766
$R$	0,653	0,994	0,435	0,998	0,763	0,985	0,345	0,976	0,765	0,936	0,567	0,977

## Висновки

Запропонована методика апроксимації масового розподілення дозволяє знаходити аналітичний вигляд гранулометричного розподілення мінерально-гумінових композитів при великих значеннях еквівалентного діаметра, які мають місце при зневодненні та грануляції висококонцентрованих гетерогенних систем зі значеннями лінійної швидкості росту гранул  $\lambda > 0,3$  мм/год. Таким чином, в подальшому цей метод можливо застосовувати для апроксимації масового розподілення за діаметром гранул, отриманих в процесі зневоднення багатокомпонентних рідких систем з метою вдосконалення технологічних параметрів процесу для отримання готового продукту з заданими властивостями, що визначаються агро- екологічними вимогами регіону їх застосування.



**Рис. 1 – функції масового розподілення гранул за діаметром**

**Література:**

1. Купчик В. І., Грунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості. В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестерова та ін.; Навчальний посібник. За ред. Купчика В. І. К.: Кондор. – 414 с.

2. Тодес О.М., Каганович Ю.Я., Себалло В.А. и др. Обезвоживание растворов в кипящем слое. – М.: Metallurgy, 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. 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.