

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ РЕТУРУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ

**Корнієнко Я.М., д-р техн. наук, проф., Степанюк А.Р., канд. техн. наук, доц.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ**

*Запропоновано та обґрунтовано математичну модель процесу створення реттуру при виробництві орґано-мінеральних композитів. Отримано залежність витраченої на подрібнення енергії в залежності від розмірів.*

*Proposed and reasonably mathematical model of creation new centers of formation of granules in the production of organic-mineral composites. The dependence of spent on shredding-ment of energy depending on the size.*

Ключові слова: гумат, мінерально-орґанічне добриво, реттур, подрібнення.

В сучасних умовах підвищення якості сільськогосподарської продукції можливо при застосуванні орґано-мінеральних добрив комплексної дії. У зв'язку з цим набуває актуальності проблема зниження енергоємності та трудомісткості даних процесів та обладнання для їх реалізації. Одним з процесів подрібнення сировини є процеси отримання низькофракційних гранул мінеральних композитів. Під час гранулювання речовин з рідкого розчину широкого поширення набула практика введення в активну зону гранулятора центрів грануляції – дрібних частинок цільової речовини. З метою одержання якісного однорідного продукту (грануляту) бажано, щоб ефективний розмір вихідних центрів грануляції був приблизно однаковий. Для цього гранули продукту великого діаметру піддають повторному подрібненню з подальшим вилученням з подрібненого продукту потрібної за ефективним розміром фракції [1].

Незважаючи на поширеність процесу подрібнення, на сьогодні відсутні комплексні наукові дослідження впливу конструктивно-експлуатаційних параметрів цього процесу на комплекс показників якості цільової речовини (фракційний склад, питома площа поверхні, структурно-механічні властивості), що негативно впливає на вдосконалення обладнання та технології.

У зв'язку з цим набуває актуальності задача наукового обґрунтування напрямків вдосконалення процесу подрібнення гранульованого матеріалу та обладнання для його реалізації на підприємствах хімічної промисловості з метою зниження енергоємності та трудомісткості процесу, розширення функціональних можливостей обладнання та підвищення показників якості матеріалу [2-4].

Аналіз робіт [1-4] показує, що теоретичне рішення задач утворення реттуру при виробництві орґано-мінеральних добрив комплексної дії досить складне і потребує експериментального обґрунтування. Для здійснення процесу утворення реттуру при виробництві орґано-мінеральних добрив комплексної дії із заданими властивостями невирішеною науковою проблемою є визначення впливу технологічних параметрів на ефективність процесу подрібнення при різних умовах організації процесу.

Метою цієї статті є визначення впливу технологічних параметрів на ефективність процесу утворення реттуру.

Загальна робота, затрачена на подрібнення гранули до розміру  $\frac{D}{e}$  визначається залежністю [5]:

$$A_{\text{заг}} = \frac{3\sigma^2 D^3}{2E} (e-1),$$

де  $\sigma$  – напруження, при якому відбувається подрібнення гранули (гранича міцності матеріалу гранул);  $D$  – розмір гранул;  $E$  – модуль пружності матеріалу, подрібнюється;  $e$  – кількість шматків, на яку подрібнюється гранула.

Робота, затрачена на подрібнення із врахуванням руйнівного зусилля визначається залежністю [5]:

$$A_{\text{заг}} = P^n R,$$

де  $P^n$  – сила, яка прикладається до гранули при подрібненні (руйнівне зусилля);  $R$  – радіус ножа. Тоді потужність, яка витрачається на подрібнення [3]:

$$N = \frac{A_{заг} \cdot z \cdot n}{60},$$

де  $z$  – кількість ножів;

$n$  – частота обертання.

Для визначення можливості застосування наведеної математичної моделі були проведені експериментальні дослідження.

На спеціально розробленому стенді були визначені руйнівні зусилля, які необхідні для подрібнення гранул. За результатами експериментів визначення руйнівного зусилля були побудовані залежності, зображені на рис. 1.

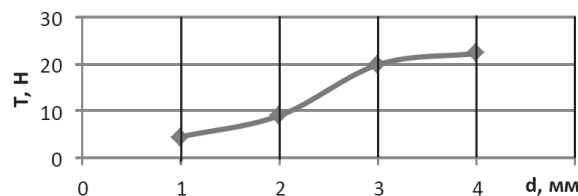
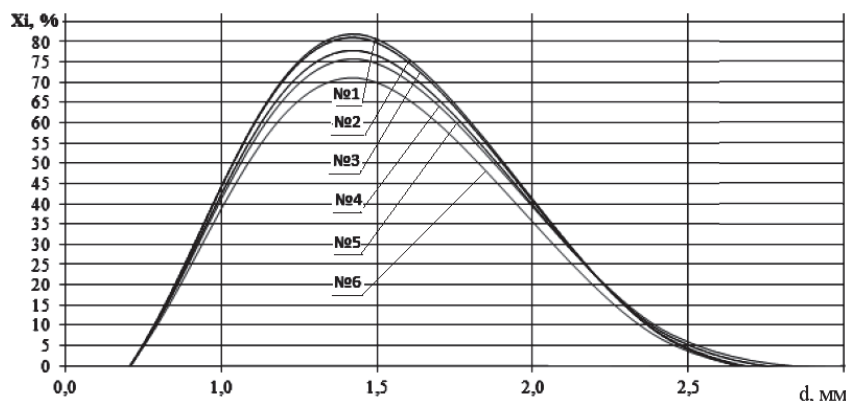


Рис. 1 – Значення міцності подрібнюваного матеріалу при проведених дослідях

Мінімальна міцність гранул з середнім діаметром розміром 1 мм становить 4,9 Н на гранулу. При збільшенні діаметру частинок фракції 2 мм руйнівна сила збільшується до 9 Н, рис. 1, що повністю відповідає вимогам нормативів міцності до гранульованих добрив. Для фракції +3,0 мм і +3,5 мм величина руйнівного зусилля практично не змінюється. Це пояснюється тим, що за технологією організації процесу зневоднення гранули цих фракцій підлягають подрібненню.

Масовий розподіл матеріалу після подрібнення наведено на рис. 2. Для проведення дослідів використовувалися гранули > 4 мм загальною вагою 5 г. Виходячи з графіка, можна зробити висновки, що найбільше гранули подрібнюються до фракції 2 і 3 мм. Також залишаються неподрібненні гранули фракції > 4 мм, які із-за конфігурації ножа та продуктивності подачі не потрапляють на ніж. Відповідно, для того, щоб гранули роздрібнити повністю, необхідно піддати їх цикловому подрібненню з подальшим вилученням із подрібненого матеріалу гранул певних фракцій. Як видно з графіка, щоб повністю подрібнити гранули фракції > 4 мм їх необхідно піддати повторному подрібненню 6 разів. Для кращого подрібнення гранули малої фракції, які досягли необхідного розміру, потрібно вилучати з подрібненого матеріалу.



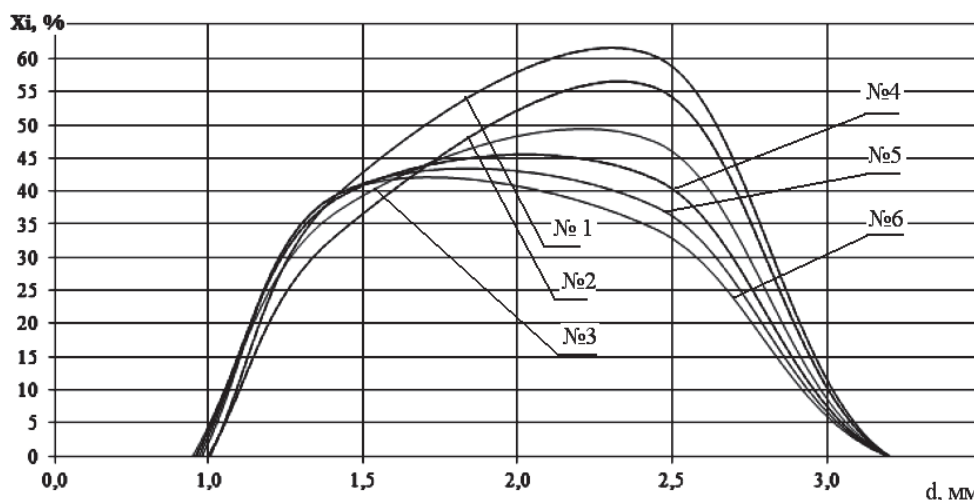
№1 – зразок подрібнювався 1 раз; №2 – зразок подрібнювався 2 рази; №3 – зразок подрібнювався 3 рази; №4 – зразок подрібнювався 4 рази; №5 – зразок подрібнювався 5 разів; №6 – зразок подрібнювався 6 разів

Рис. 2 – Динаміка зміни кривої розподілення матеріалу при подрібненні гранул

Масовий розподіл при цикловому подрібненні матеріалу зображено на рис. 3. Перевірка математичної моделі на адекватність зображена на рис. 4.

На графіку зображено залежності потужності, яка затрачена на подрібнення, що визначена за результатами математичного моделювання та експериментальних досліджень.

Похибка між теоретичним і експериментальним результатами досліджень склала 6,7 %.



№1 – зразок подрібнювався 1 раз; №2 – зразок подрібнювався 2 рази; №3 – зразок подрібнювався 3 рази; №4 – зразок подрібнювався 4 рази; №5 – зразок подрібнювався 5 разів; №6 – зразок подрібнювався 6 разів

Рис. 3 – Динаміка зміни кривої розподілення матеріалу при цикловому подрібненні гранул

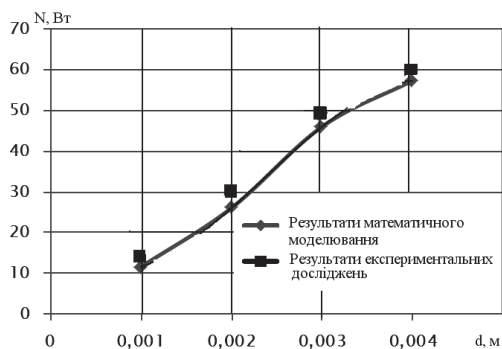


Рис. 4 – Графік залежності затраченої потужності від розміру гранул

### Висновки

За результатами досліджень отримано залежність витраченої на подрібнення енергії в залежності від розмірів гранул, Вт:

$$N = -2 \cdot 10^9 \cdot d^3 + 2 \cdot 10^7 \cdot d^2 - 19651 \cdot d + 16,611,$$

де  $d$  – діаметр частинок, м.

Отримана залежність дає можливість проводити проектні розрахунки для визначення витраченої на подрібнення енергії в залежності від розмірів гранул.

Зростання потужності приводу, яка витрачається на подрібнення більших гранули витрачається більше енергії, на нашу думку, що пояснюється тим що, при зростанні розмірів гранул, збільшується кількість енергії, яка необхідна для подрібнення.

### Література

1. Корнієнко Я. М., Сачок Р. В. Процеси переносу в дисперсних системах : Навч. посіб. [Електронне видання]. 132 с.: іл.
2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / Касаткин А.Г. — 10-е изд., стер. — М.: ООО ТИД «Альянс», 2008.
3. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонюк та ін. - К.: НТУУ "КПІ", 2011. -Ч. 2. - 416 с.
4. Калекин В.С. Процессы и аппараты химической технологии: Массообменные и механические процессы: учеб. пособие. В 2 ч. / В.С. Калекин. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2007. ч.2. – 200 с.
5. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / Иоффе И. Л. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.