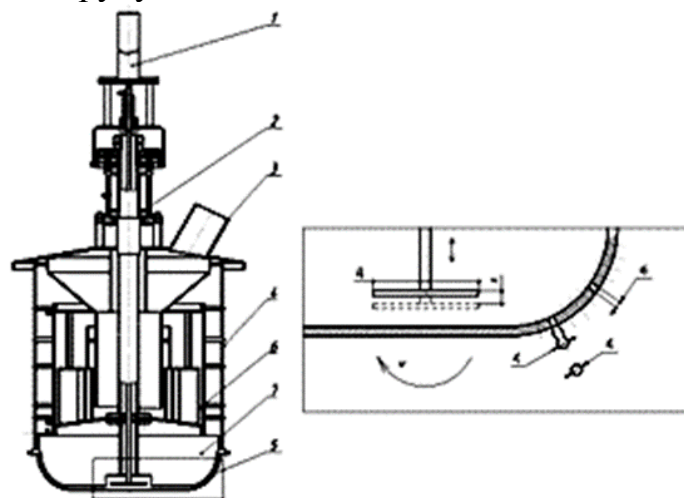


## МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ТА МЕХАНІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ФОРМУВАННЯ ГРАНУЛ У ГРАНУЛЯЦІЙНІЙ БАШТІ ОБЕРТОВОГО ВІБРАЦІЙНОГО ГРАНУЛЯТОРА

Юрченко О.Ю., аспірант,  
Склабінський В.І., д.т.н., професор,  
Гусак О.Г. к.т.н., професор  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна.

**Постановка проблеми.** Основою для високоякісної роботи обертового вібраційного гранулятора є процес розпорошування струменів плаву, які витікають із отворів кошика та поділяються на краплі, грануляційний склад яких повинен бути якомога ближче до монодисперсного. У подальшому такі краплі взаємодіють із холодним потоком повітря, що призводить до їхньої кристалізації, охолодження. На даному етапі велике значення має вірна організація гідродинаміки повітряного потоку, який впливає як на процеси теплообміну між гранулами та повітрям, так і на швидкість руху гранул та на напрямок цього руху.

**Основні матеріали дослідження.** Для розробки методик розрахунку потрібних чинників для ефективної роботи ОВГ у грануляційній башті, а саме технологічних та геометричних параметрів та умов, у яких функціонує кошик гранулятора, було проведено ряд теоретичних досліджень впливу гідродинамічних параметрів потоку плаву рідини, що витікає із отворів грануляційного кошика, з урахуванням симетричного відповідно осі цих струменів характеру такого руху.



1 - вібраційний пристрій; 2 - підшипники; 3 - патрубок для входу плаву; 4 - корпус; 5 - перфорована корзина; 6 - розподільник; 7 - додаткові лопатки.

**Рис. 1. Конструкція ОВГ**

$$\begin{cases} v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + v \left[ \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{\partial (r \cdot v_r)}{\partial r} \right) \right] \\ v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + v \left[ \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \cdot \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \right] \\ \frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot v_r) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

Було отримано рішення системи рівнянь (1) у вигляді:

$$v_r = \frac{1}{48} \frac{z(-24A_1 r^5 v - 8v z^2 A_2 + 64v z^2 A_1 r^3 + 3A_1^2 r^7 z^3 - 12A_1 r^4 z^3 A_2 - 8A_1 r^3 z^3 A_3)}{v r^2} \quad (2)$$

$$v_z = A_1 r^2 z^2 - \frac{1}{6} \frac{3z^4 A_1^2 \rho r_s^4 + 6p_0 - 12z A_1 \rho v r_s^2 - 8\rho v A_1 z^3 - 6p_1}{z^2 r_s^2 \rho A_1} \quad (3)$$

де коефіцієнти  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  у свою чергу залежать від геометрії отворів у корзини та початкових гідродинамічних чинників струменя, що витікає та фізичних властивостей плаву.

Для подібного аналізу можливо переписати складне рішення [9] у вигляді загальної функціональної залежності від геометричних та гідродинамічних параметрів для виявлення чинників, які повинно враховувати при розрахунках технологічних параметрів нового обладнання. Тоді представим коефіцієнти  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  у наступному вигляді:

$$A_1 = f_1(\rho, r_s, v, v_{z0}, p_0, p_1), \quad (4)$$

$$A_2 = f_2(r_s, A_1, \rho, A_3, v, p_1, p_0), \quad (5)$$

$$A_3 = f_3(A_1, \rho, r_s, v, p_1, p_0), \quad (6)$$

де  $\rho$  – щільність плаву;

$r_s$  – радіус струменя, який у свою чергу залежить від діаметру отвору у кошику гранулятора з якого витікає струмінь;

$v$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості плаву;

$v_{z0}$  – швидкість струменя плаву у отворі кошика гранулятора яка у свою чергу залежить від навантаження по плав у цілому на гранулятор, від кількості отворів у кошику та їх розмірів;

$p_0$ , та  $p_1$  – тиск у навколишньому середовищі та початковий тиск у струмені у отворі кошика (початковий тиск може мати змінне значення у часі).

Для розробки методики розрахунку потрібних умов для ефективної роботи усього комплексу обладнання грануляційної башти

було проведено ряд теоретичних досліджень впливу гідродинамічного впливу потоку повітря на рух гранул у башті після виходу їх із ОВГ. В основу було покладено рівняння руху гранули з урахуванням симетричного відповідно осі гранулятора (бо у башті може бути встановлено декілька грануляторів і кожен гранулятор буде формувати свій факел розпилу) характеру такого руху [10]. Тому можна розглядати у подальшому рух краплі, а потім і гранули у площині, яка проходить через вісь гранулятора, що обертається.

$$\begin{cases} \frac{d}{d\tau} W_x(\tau) = - \frac{\xi S \rho_{\text{vozd}} (W_x(\tau) + V_x)^2}{2 m} \\ \frac{d}{d\tau} W_y(\tau) = g - \frac{\xi S \rho_{\text{vozd}} (W_y(\tau) + V_y)^2}{2 m} \end{cases} \quad (7)$$

де  $x$  – горизонтально вісь;

$y$  – вертикальна вісь, яка направлена у низ;

$\tau$  – час;

$W(\tau)$  – швидкість руху краплі у тому чи іншому напрямку;

$\xi$  – коефіцієнт опору краплі (гранули);

$S$  – площа миделевого перетину, яка залежить від діаметру гранули;

$\rho_{\text{vozd}}$  – щільність повітря;

$V$  – швидкість повітря у грануляційній башті, яка залежить від пересічних розмірів грануляційної башти, від витрат повітря через башту;

$m$  – маса краплі (гранули), яка залежить від розміру гранул та їх фізичних властивостей.

Рівняння (7), з урахуванням всіх зазначених залежностей було вирішено та ці рівняння використано для розрахунків траєкторій руху гранул від кошика гранулятора, що обертається, до нижньої частини башти, де гранули вже відводяться за її межі.

**Висновки.** Було проведено теоретичний аналіз математичних рівнянь, що описують такі основні процеси як витікання струменя плавку з перфорованого кошика гранулятора з подальшим диспергуванням на каплі під дією внутрішніх збурень у струмені рідини. Також розглянуто та проаналізовано математичні рівняння, що описують подальший рух гранул від гранулятора до нижньої частини грануляційної башти. На основі такого аналізу було виявлено чисельні фактори, які перелічено вище, впливають на процеси утворення гранул у грануляційній башті виробництва мінеральних добрив.