

ГІДРОДИНАМІКА РУХУ ПЛАВУ У ВНУТРІШНЬОМУ ПРОСТОРІ ОБЕРТОВОГО ВІБРАЦІЙНОГО ГРАНУЛЯТОРА (ОВГ)

Склабінський Всеволод Іванович

доктор технічних наук, професор
Сумський державний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-9388-5861
v.sklabinskyi@pohnp.sumdu.edu.ua

Гусак Олександр Григорович

кандидат технічних наук, професор
Сумський державний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-4372-5776
o.gusak@pgm.sumdu.edu.ua

Юрченко Олександр Юрійович

аспірант
Сумський державний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-3047-6654
aleksyurchenko110917@gmail.com

Нічволодін Костянтин Васильович

аспірант
Сумський державний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-1055-0722
k.nichvolodin@teset.sumdu.edu.ua

Гранулювання мінеральних добрив з використанням обертового вібраційного гранулятора дає можливість отримання якісного монодисперсного складу готового продукту. Така технологія виробництва є досить ефективною з точки зору набору конструктивних елементів, за рахунок яких здійснюється робота установки. Регулювання основних параметрів, таких як швидкість обертання корзини, частота збудника механічних коливань, рівень стовпа рідини та інші дають можливість регулювання не лише продуктивності конкретно визначеної установки, а і розміри крапель, тобто гранул, як готового продукту процесу грануляції. Однак, незважаючи на досить велику увагу до розробки методів розрахунку конструкцій та визначення технологічних параметрів роботи обертового вібраційного гранулятора до даного часу відсутні теоретичні дослідження руху в'язкого плаву у внутрішньому просторі корзини гранулятора та впливу цих параметрів на визначення кількості отворів для витікання плаву у грануляційну башту та на форму самої цієї корзини. Тому в даній роботі з метою вдосконалення методів розрахунку обертового вібраційного гранулятора мінеральних добрив з урахуванням тривимірної течії плаву у корзині гранулятора ОВГ на кафедрі хімічної інженерії Сумського державного університету проведено теоретичні дослідження з використанням рівнянь руху у вигляді системи диференціальних рівнянь у часткових похідних у циліндричних координатах із урахуванням осьової симетрії потоку у корзині гранулятора ОВГ. В результаті отримано ряд аналітичних математичних залежностей, якими описується рух плаву та розподіл тиску у внутрішньому просторі корзини обертового вібраційного гранулятора. Така аналітична форма дозволяє провести уточнення раніше отриманих теоретичних рішень для подібних течій з урахуванням їх тривимірного характеру. З практичної точки зору розроблена модель розрахунку гідродинаміки руху плаву дає можливість проводити теоретичний аналіз руху плаву на етапі проектування грануляторів, для оптимізації розподілу тиску та швидкостей плаву по внутрішній поверхні корзини при різних її геометричних формах, виявляти потребу у необхідності встановлення додаткових пристроїв в корзині для розподілу та перемішування плаву.

Ключові слова: грануляція, гідродинаміка, окружна швидкість, швидкість обертання корзини, форма кошика, плав, параметри корзини; параметри плаву.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.2.10>

Вступ. У грануляційних баштах виробництв мінеральних добрив значне поширення знайшло використання обертових вібраційних грануляторів (ОВГ) у наслідок якісного складу продукту, що гранулюється за допомогою ОВГ (Yurchenko et al., 2022) та можливості коригування продуктивності у залежності від виробничих потреб.

Незважаючи на досить велику увагу до розробки методів розрахунку конструкцій та визначення технологічних параметрів роботи ОВГ (Skydanenko et al., 2011), до даного часу відсутні теоретичні дослідження руху в'язкого плаву у внутрішньому просторі корзини гранулятора та впливу цих параметрів на визначення кількості

отворів для витікання плаву у грануляційну башту та на форму самої цієї корзини.

Найвідомішою теоретичною роботою, що присвячено дослідженню руху в'язкого плаву у корзині гранулятора ОВГ є робота проф. Холіна Б. Г., де розглядається рух плаву між двома коаксіальними циліндричними поверхнями (рис. 1).

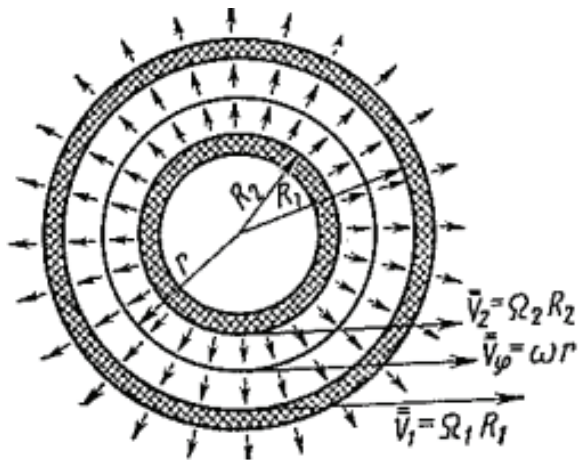


Рис. 1. Схема руху рідини у просторі між двома коаксіальними перфорованими (пористими) циліндрами, що обертаються: V_1 , V_2 та V_ϕ – лінійні (колові) швидкості на поверхнях циліндрів відповідно зовнішнього, з радіусом R_1 , та внутрішнього, з радіусом R_2 , та між цими циліндрами на змінному радіусі r ; Ω_1 , Ω_2 та ω – кутові швидкості на відповідних радіусах

У результаті вирішення рівнянь плоского руху в'язкої рідини з осьовою симетрією і, на основі цього, враховуючи залежність від однієї змінної r з системи диференціальних рівнянь у часткових похідних (1):

$$\begin{cases} V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} - \frac{V_\phi^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + \varepsilon \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_r}{r} \right); \\ V_r \frac{\partial V_\phi}{\partial r} - \frac{V_r V_\phi}{r} = \varepsilon \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial V_\phi}{\partial r} + \frac{V_\phi}{r} \right); \\ \frac{\partial V_t}{\partial r} - \frac{V_r}{r} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

було отримано рішення відповідно для радіальної:

$$V_r = \frac{V_{R_1} R_1}{r} \quad (2)$$

та колової складових швидкості рідини (плав):

$$V_\phi = \frac{V_{\phi_1} R_1 - V_{\phi_2} R_2}{R_1^{Re+2} - R_2^{Re+2}} r^{Re+1} + \frac{V_{\phi_2} R_2 R_1^{Re+2} - V_{\phi_1} R_1 R_2^{Re+2}}{R_1^{Re+2} - R_2^{Re+2}} r^{-1}, \quad (3)$$

де V_r і V_ϕ – радіальна та колова складові швидкості рідини (індекси відносяться до відповідних циліндричних поверхонь, це стосується і радіусів); $Re = \frac{V_{R_1} R_1}{\nu}$ по своїй структурі є числом Рейнольдса для радіального потоку; ε – коефіцієнт турбулентної в'язкості.

Матеріали і методи досліджень. Але у реальних конструкціях ОВГ використовуються форми корзин, що значної мірою відрізняються від циліндричної. Найбільшого поширення набули ОВГ (Yurchenko et al., 2022) з еліптичною та циліндричною формами корзин (рис. 2). Стає очевидним, що така відмінність форм корзин потребує додаткових теоретичних досліджень тривимірної течії плаву з метою удосконалення розрахунку грануляторів ОВГ.

Результати. З метою вдосконалення методів розрахунку ОВГ з урахуванням тривимірної течії плаву у корзині гранулятора ОВГ на кафедрі хімічної інженерії

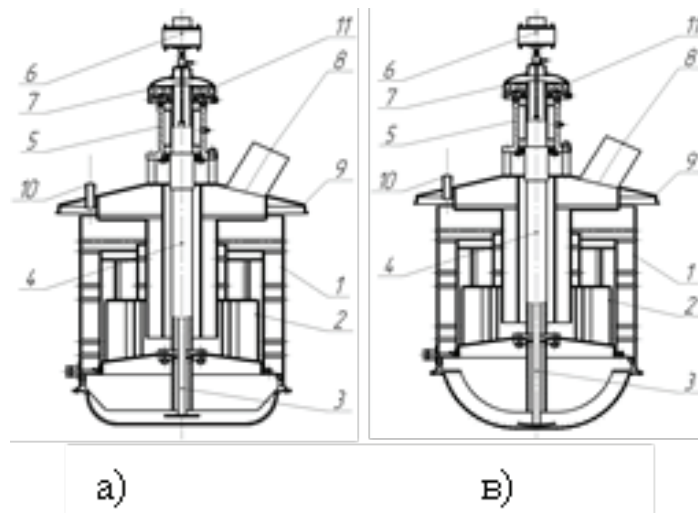


Рис. 2. Схема ОВГ: а – з тороїдальним днищем; в – зі сферичним днищем: 1 – корзина з перфорованим днищем, 2 – розподільник, 3 – шток з випромінювачем, 4 – вал, 5 – підшипниковий вузол, 6 – вібратор, 7 – металевий ковпак, 9 – кришка (корпус), 8 і 10 – патрубки відповідно для введення плаву і подачі пари перед пуском і зупинкою гранулятора, 11 – шків

Сумського державного університету (СумДУ) було проведено теоретичні дослідження з використанням рівнянь руху у вигляді системи диференціальних рівнянь у часткових похідних у циліндричних координатах з урахуванням осової симетрії потоку ($\partial \dots / \partial \varphi = 0$) у корзині гранулятора ОБГ:

$$\left\{ \begin{aligned} & V_r(r, z) \left(\frac{\partial}{\partial r} (V_r(r, z)) + V_z(r, z) \left(\frac{\partial}{\partial z} V_z(r, z) \right) - \right. \\ & \left. - \frac{V_\varphi(r, z)^2}{r} = - \frac{\partial P(r, z)}{\partial r} \rho + v \left(\frac{\partial}{\partial r} \frac{V_r(r, z)}{\rho} - \frac{V_r(r, z)}{r^2} \right), \right. \\ & V_r(r, z) \left(\frac{\partial}{\partial r} (V_\varphi(r, z)) + V_z(r, z) \left(\frac{\partial}{\partial z} V_z(r, z) \right) - \right. \\ & \left. - \frac{V_r(r, z) \cdot V_\varphi(r, z)}{r} = v \left(\frac{\partial}{\partial r} \frac{V_\varphi(r, z)}{\rho} - \frac{V_\varphi(r, z)}{r^2} \right), \right. \\ & V_r(r, z) \left(\frac{\partial}{\partial r} (V_z(r, z)) + V_z(r, z) \left(\frac{\partial}{\partial z} V_z(r, z) \right) = \right. \\ & \left. = - \frac{\partial P(r, z)}{\partial r} \rho + v \left(\frac{\partial}{\partial r} \frac{V_z(r, z)}{r} \right) \right. \\ & \left. \frac{\partial}{\partial r} (V_r(r, z)) + \frac{\partial}{\partial z} (V_z(r, z)) + \frac{V_r(r, z)}{r} = 0. \right. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

де V_r , V_φ і V_z – радіальна, колова та осова складові швидкості рідини; ρ і P – щільність рідини та тиск у рідині; r , φ , і z – осі циліндричної системи координат.

Знаходимо загальне рішення системи диференціальних рівнянь у часткових похідних у вигляді суми невизначених функцій (Cheb-Terrab et al., 1995).

$$\left\{ \begin{aligned} & P(r, z) = \left(\frac{C_4(-C_2+v)}{2(v+C_2)\left(\frac{v}{C_2-v}\right)^4} + \rho v C_2 - \frac{\rho C_2^2}{2} \right) / r^2 + C_5 + F_8(z), \\ & V_\varphi(r, z) = \sqrt{\frac{4C_2}{r^{-C_2+v} + \rho C_4 r}} \left/ \left(\rho r^{-\frac{4C_2}{-C_2+v}} \right) + C_7 - \frac{C_7(-C_2+v^2)}{(-C_2+v)(v+C_2)} \right. \\ & V_z(r, z) = \left(\frac{C_2(-C_2+2v)}{-C_2+v} + \frac{C_4}{\rho(3v+C_2)\left(\frac{v}{C_2-v}\right)^4} \right) / r + C_6 + C_3, \\ & V_r(r, z) = C_2 / r. \end{aligned} \right. \quad (5)$$

Для отримання конкретного рішення для визначення невідомих у рівняннях (5) та з урахуванням геометрії

$$V_r(r, z)$$

$$= \frac{(0.1\phi r - 0.1R_2\phi)H_k\sqrt{(R_1^2 - z^2)} \left(\frac{1}{g} \left((1800(H+z))g + 9.87R_1^2n^2 - 9.87n^2z^2 \right) \right)^{0.5} + 0.16\sqrt{(R_1^2 - z^2)}Q - 0.16Qr}{H_k \left(\sqrt{R_1^2 - z^2} - R_2 \right)}, \quad (7)$$

корзини гранулятора розглянемо приклад виконання корзини, форма якої напівсферична. Розрахункову схему такої форми корзини ОБГ приведено на рис. 3.

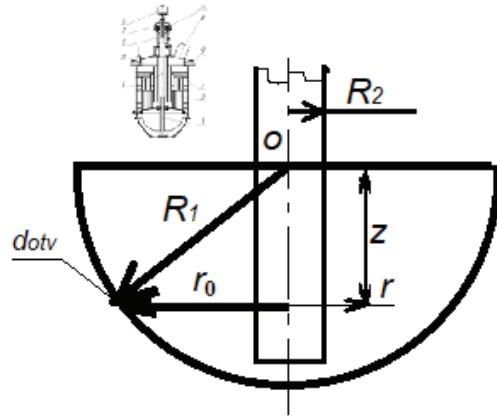


Рис. 3. Розрахункова схема корзини з поверхню у вигляді сфери: R_1 і R_2 – відповідно радіус поверхні корзини від центра сфери (на поверхні розташовані отвори з діаметром d_{otv}) та нерухомого патрубку уводу плав у центрі корзини; r_0 – радіус від осі симетрії до поверхні корзини, на якій розташована точка, що розглядається, на поверхні корзини або відповідний отвір); r та z – змінні радіус та висота у циліндричній системі координат, центр якої розташовано у точці O

Тоді значення невідомих величин, що входять до системи рівнянь (5) знаходимо з відповідних граничних умов для складових швидкості та тиску. Так невідому, що входить до рівняння радіальної швидкості, знаходимо з умови, що при $r=r_0$ радіальна складова дорівнюється швидкості витікання рідини з отворів, що розташовані на цьому радіусі, під дією повного напору Ha , що є сумою статичної складової від дії стовпа рідини над корзиною H та у корзині z , та напору від дії відцентрових сил

$$Ha = \frac{\pi^2 n^2 r_0^2}{(1800 \cdot g)} + H + z, \quad (6)$$

де n – швидкість обертання корзини; H – висота стовпа плав над корзиною; $r_0 = \sqrt{R_1^2 - z^2}$ – у даному випадку для сферичної форми корзини (рис. 4).

Вважаємо, що при $r=R_2$ плав з витратою Q рівномірно підводиться по всій висоті кошика. Тоді рівняння для визначення радіальної швидкості приймає вигляд:

де ϕ – коефіцієнт швидкості витікання плаву з отворів; H_k – висота корзини; R_1 – радіус сферичної поверхні, у вигляді якої виконана поверхня корзини.

Також враховується, що на радіусі r_0 швидкість $V_\phi(r, z)$ дорівнюється лінійній швидкості обертання

корзини на цьому радіусі, а на радіусі R_2 колова швидкість рівна 0 (патрубок вводу плава у корзину не обертається). Тоді рівняння для визначення колової швидкості приймає вигляд:

де ω – кутова швидкість обертання корзини.

$$V_\phi(r, z) = \frac{1}{\rho} \sqrt{r \frac{\left(\frac{2 \ln(z) + 2 \ln(\pi) + \ln\left(\frac{\omega^2 R_2^2 H_k^2}{Q^2}\right) + 2 \ln(R_2)}{(R_1^2 - z^2)} - \ln((R_1 - z)(R_1 + z)) + 2 \ln(R_2) \right)}{\ln((R_1 - z)(R_1 + z))} \rho^2 \omega^2 (R_1^2 + z^2) \left(\frac{2 \ln(z) + 2 \ln(\pi) + \ln\left(\frac{\omega^2 R_2^2 H_k^2}{Q^2}\right) + 2 \ln(R_2)}{(R_1^2 - z^2)} - \ln((R_1 - z)(R_1 + z)) + 2 \ln(R_2) \right)}{\left(\frac{2 \ln(z) + 2 \ln(\pi) + \ln\left(\frac{\omega^2 R_2^2 H_k^2}{Q^2}\right) + 2 \ln(R_2)}{(R_1^2 - z^2)} - \ln((R_1 - z)(R_1 + z)) + 2 \ln(R_2) \right) + \ln((R_1 - z)(R_1 + z))} \right)} \quad (8)$$

Для отримання математичного виразу визначення залежності тиску у внутрішньому просторі корзини granulатора ОВГ використовуємо наступні твердження: на внутрішній поверхні корзини при $r=r_0$ та у отворах цієї поверхні у рідині буде діяти тиск $P(r, z) = \rho * g * H_a$, де значення H_a визначається по формулі (6); при $r=R_2$ тиск $P(r, z) = \rho * g * (H + z)$. Використовуємо також і знайдені

раніше, при знаходженні формул для колової та радіальної швидкості, значення невизначених функцій, що входять також і до рівняння тиску (перше рівняння у системі (5)). Тоді математична залежність для тиску приймає вигляд:

де ν – коефіцієнт кінематичної вязкості рідини (плаву).

$$P(r, z) = \frac{1}{r^2 r_0^2} \rho \left(\frac{4.05 \cdot 10^{-19} \left(\frac{r^2}{2} - \frac{r_0^2}{2} \right) \left(6.96 \cdot 10^9 H_k \sqrt{H_a \sqrt{R_1^2 - z^2}} R_2 \phi - 6.96 \cdot 10^9 H_k \sqrt{H_a \sqrt{R_1^2 - z^2}} \phi r - 2.5 \cdot 10^8 \sqrt{R_1^2 - z^2} Q + 2.5 \cdot 10^8 Q r \right)^2}{H_k^2 (\sqrt{R_1^2 - z^2} - R_2)} - \frac{6.37 \cdot 10^{-10} (r_0^2 - r^2) \nu \left(6.96 \cdot 10^9 H_k \sqrt{H_a \sqrt{R_1^2 - z^2}} R_2 \phi - 6.96 \cdot 10^9 H_k \sqrt{H_a \sqrt{R_1^2 - z^2}} \phi r - 2.5 \cdot 10^8 \sqrt{R_1^2 - z^2} Q + 2.5 \cdot 10^8 Q r \right)}{H_k (\sqrt{R_1^2 - z^2} - R_2)} + g r^2 H_a r_0^2 \right) \quad (9)$$

При отриманні попередніх математичних формул (7, 8, 9) були вирішені завдання знаходження невизначених функцій, що входять і до виразу $V_z(r, z)$ у системі

диференціальних рівнянь (5). Тому математичний вираз для осьової складової швидкості приймає наступний вигляд:

$$V_z(r, z) = \left(\frac{(0.1 R_1^2 n^2 - 0.1 n^2 z^2) r^2 + (19.62 z R_1^2 - 19.62 z^3) g \rho \phi^3 - 6 \nu^2 g \rho \phi \sqrt{R_1^2 - z^2} \times}{\times \sqrt{\frac{0.1 n^2 z^2 + 19.62 z g}{g}} (0.1 R_1^2 n^2 - 0.1 n^2 z^2) \nu r^2 + (19.62 z R_1^2 - 19.62 z^3) \nu g \rho \phi^2} \right) \left(r g \phi \sqrt{\frac{0.1 n^2 z^2 + 19.62 z g}{g}} \sqrt{R_1^2 - z^2} - \nu \right) \times \rho \left(3 \nu + \sqrt{\frac{0.1 n^2 z^2 + 19.62 z g}{g}} \sqrt{R_1^2 - z^2} \right) \quad (10)$$

Для перевірки дієвості отриманих рівнянь для швидкості та тиску було зроблено розрахунки для реальної корзини ОВГ у виробництві карбаміду з наступними геометричними розмірами та технологічними параметрами: швидкість обертання корзини – 60 об/хв; коефіцієнт швидкості витікання рідини з отворів – 0.77; висота стовпа плаву над корзиною – 0.5 м; радіус сферичної поверхні корзини – 0.25 м; радіус патрубку уводу плаву у корзину – 0.0125 м; висота корзини – 0.25 м; щільність плаву карбаміду – 1210 кг/м³; витрата плаву – 60 т/год.

Результати розрахунків представлено у вигляді чотирьох мірних графічних зображень (рис. 4).

Отримані математичні рівняння, у разі іншої форми поверхні корзини гранулятора, дозволяють, при встановленні іншої функціональної залежності $r_0=f(z)$ проводити аналогічні розрахунки і для корзин, форма поверхні яких відмінна від сферичної.

Обговорення. Результати дослідження є актуальними з точки зору визначення основних параметрів гранулювання за допомогою обертового вібраційного гранулятора. Поряд із такими результатами є можливість співставлення результатів (Yurchenko et al., 2023), що містять розрахунки, що представляють актуальність при аналізі роботи вібраційних грануляторів для промислових масштабів з метою оцінки їх грануляційного складу

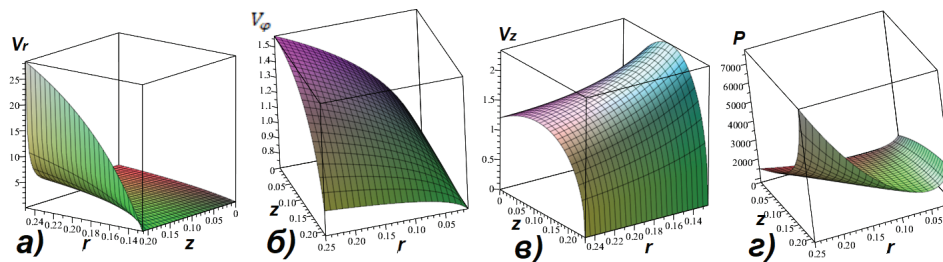


Рис. 4. Зміна швидкостей (м/с) та тиску (Па) у внутрішньому просторі корзини гранулятора ОВГ: а – радіальна швидкість; б – колова швидкість; в – осьова швидкість; г – тиск

продукту. Спираючись на них та на результати досліджень (Yurchenko et al., 2023), є можливість визначення чисельних параметрів впливу імовірнісних факторів на отримання гранул необхідного розміру.

Разом зі співставленими вище джерелами літературного огляду та обговорення поруч з роботою (Yurchenko et al., 2023) було проведено теоретичний аналіз математичних рівнянь, що описують такі основні процеси як витікання струменя плаву 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.

Висновки. Таким чином, у результаті проведених теоретичних досліджень було отримано ряд аналітичних математичних залежностей, що описують рух плаву та розподіл тиску у внутрішньому просторі корзини

обертового вібраційного гранулятора. Така аналітична форма дозволяє провести уточнення раніше отриманих теоретичних рішень для подібних течій з урахуванням їх трьох вимірного характеру.

З практичної точки зору розроблена модель розрахунку гідродинаміки руху плаву дає можливість проводити теоретичний аналіз руху плаву на етапі проектування грануляторів, для оптимізації розподілу тиску та швидкостей плаву по внутрішній поверхні корзини при різних її геометричних формах, виявляти потребу у необхідності встановлення додаткових пристроїв в корзині для розподілу та перемішування плаву. А це, у свою чергу, впливає на струмені плаву, що витікають із отворів корзини, на поділ цих струменів на краплі, які у подальшому перетворюються на гранули, на однорідність складу цих гранул і, у кінцевому результаті, на якість продукту, що отримують у процесах гранулювання у баштах промислового виробництва мінеральних добрив.

Бібліографічні посилання:

1. Cheb-Terrab, E.S. (1995) A computational approach for the analytical solving of partial differential equations / Cheb-Terrab, E.S., von Bülow, K.//Computer Physics Communications, 90(1), pp. 102–116.
2. Skydanenko M.S., Artiukhov A.I., Sklabinskyi V. I. (2011) Perspektivy otrymannia mikrohranul u vibratsiinykh hranulatorakh. [Prospects for obtaining microgranules in vibrating granulators]. Suchasni tekhnologii v promyslovomu vyrobnytstvi: materialy naukovo-tekhnichnoi konferentsii vykladachiv, spivrobotnykiv, aspirantiv i studentiv fakultetu tekhnichnykh system ta enerhoefektyvnykh tekhnolohii, Sumy, 18-22 kvitnia 2011.: tezy dopovidei. – Sumy: SumDU. – Part. 1. – p. 117 (in Ukrainian).
3. Yurchenko O., Sklabinskyi V., Ochowiak M., Ostroha R., Gusak O. (2022). Rational choice of a basket for the rotational vibropriller. Journal of Engineering Sciences, Vol. 9(1), pp. F16-F20, doi: 10.21272/jes.2022.9(1).
4. Yurchenko O.I., Sklabinskyi V.I., Gusak O.G. (2023) Teoretychnyi analiz dii mekhanichnykh ta hidrodinamichnykh chynnykiv na utvorennia krapel u vibratsiinomu hranulatori. [Theoretical analysis of the effect of mechanical and hydrodynamic factors on the formation of droplets in a vibrating granulator]. Materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi

konferentsii «Tekhnichne zabezpechennia innovatsiinykh tekhnolohii v ahropromyslovomu kompleksi» (Zaporizhzhia, 01-24 lystopada 2023), 22-24 p. (in Ukrainian).

5. Yurchenko O.I., Sklabinskyi V.I., Gusak O.G. (2023) Vplyv formy dnyshcha vibratsiinoho hranuliatora mineralnykh dobyrv na osnovni parametry tekhnolohichnoho protsesu. [The influence of the shape of the bottom of the vibrating granulator of mineral fertilizers on the main parameters of the technological process]. XXIII Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia AS PHP «Promyslova hidravlika i pnevmatyka». Kyiv, 15–16 hrudnia 2022: m-ly konf. «Hlobus-Pres», 2023. – 164-166. (in Ukrainian).

6. Yurchenko O.I., Sklabinskyi V.I., Gusak O.G. (2023). Vplyv hidrodynamichnykh ta mekhanichnykh chynnykiv na formuvannia hranul u hranuliatsiinii bashti vykorystanniam obertovoho vibratsiinoho hranuliatora. [Influence of hydrodynamic and mechanical factors on the formation of granules in the granulation tower using a rotating vibrating granulator]. Pratsi TDATU, 2023. Vypusk 23. Tom 1. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-96-103 (in Ukrainian).

7. Yurchenko, O.Y., Ostroha, R.O., Sklabinskyi, V.I., Gusak, O.G., Bocko, J. (2023). Formation of Liquid Droplets at the Prilling Bucket Outlet Under Free Oscillations of the Liquid Jet. In: Ivanov, V., Pavlenko, I., Liaposhchenko, O., Machado, J., Edl, M. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing VI. DSMIE 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32774-2_18

Sklabinskyi V. I., PD, Sumy State University, Sumy, Ukraine

Gusak O. G., PhD, Sumy State University, Sumy, Ukraine

Yurchenko O. Yu., postgraduate, Sumy State University, Sumy, Ukraine

Nichvolodin K. V., postgraduate, Sumy State University, Sumy, Ukraine

Hydrodynamics of float movement in the internal space of a rotating vibrating granulator (RVG)

Granulation of mineral fertilizers using a rotating vibrating granulator makes it possible to obtain a high-quality monodisperse composition of the finished product. This production technology is quite effective from the point of view of the set of structural elements, due to which the work of the installation is carried out. Adjustment of the main parameters, such as the speed of rotation of the basket, the frequency of the generator of mechanical oscillations, the level of the liquid column, and others make it possible to adjust not only the productivity of a specific installation, but also the size of drops, that is, granules, as a finished product of the granulation process. However, despite considerable attention to the development of construction calculation methods and the determination of technological parameters of the operation of a rotary vibrating granulator, there are still no theoretical studies of the movement of viscous fluid in the inner space of the granulator basket and the influence of these parameters on the determination of the number of holes for flow of fluid into the granulation tower and on the shape of this basket itself. Therefore, in this paper, with the aim of improving the calculation methods of the rotary vibration granulator of mineral fertilizers taking into account the three-dimensional flow of water in the basket of the OVG granulator at the Department of Chemical Engineering of Sumy State University, theoretical studies were carried out using the equations of motion in the form of a system of partial differential equations in cylindrical coordinates with taking into account the axial symmetry of the flow in the OVH granulator basket. As a result, a number of analytical mathematical dependencies were obtained, which describe the movement of the float and the pressure distribution in the inner space of the basket of the rotating vibrating granulator. This analytical form allows us to refine previously obtained theoretical solutions for similar flows, taking into account their three-dimensional nature. From a practical point of view, the developed model for calculating the hydrodynamics of float motion makes it possible to carry out a theoretical analysis of float motion at the stage of designing granulators, to optimize the distribution of pressure and float speeds on the inner surface of the basket with different geometric shapes, to identify the need for installing additional devices in the basket for distribution and mixing of the float.

Key words: granulation, hydrodynamics, peripheral speed, basket rotation speed, basket shape, buoyancy, basket parameters; float parameters.