

УДК 631.363.285

В.В. Братішко, ст. наук. співроб., канд. техн. наук

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», смт. Глеваха

Узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю

В статті наведено результати теоретичних досліджень руху пластифікованої кормосуміші крізь матрицю гвинтового гранулятора кормів. На основі спільного аналізу об'ємної продуктивності та зміни тиску в каналах матриці гранулятора було знайдено математичний вираз, що дозволяє здійснити узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю.

гвинт, гранулятор, канал, матриця, продуктивність, тиск

В.В. Братишко, ст. научн. сотр., канд. техн. наук

Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», пгт. Глеваха
Согласование конструкционных параметров матриц винтовых грануляторов кормов по показателям давления и пропускной способности

В статье приведены результаты теоретических исследований движения пластифицированной кормосмеси сквозь матрицу винтового гранулятора кормов. На основе совместного анализа объемной производительности и изменения давления в каналах матрицы гранулятора было найдено математическое выражение, позволяющее осуществить согласование конструкционных параметров матриц винтовых грануляторов кормов по показателям давления и пропускной способности.

винт, гранулятор, давление, канал, матрица, производительность

Постановка проблеми. Тенденції розвитку світового кормовиробництва свідчать про збільшення частки використання кормів у вигляді гранул. Так, у Нідерландах 86% кормів у тваринництві використовується у гранульованому вигляді [1], зокрема 99% кормів для годівлі ВРХ, 93% – свиней та 54% – птиці.

Серед машин для виробництва кормових гранул знайшли своє місце гранулятори гвинтового типу, однією з переваг яких є відносна легкість заміни формувальних матриць. При цьому постає задача забезпечення сталості робочих характеристик грануляторів при використанні матриць різного виконання.

В загальному випадку продуктивність роботи гвинтових грануляторів кормів визначається на основі сумісного розгляду двох залежностей – продуктивності гвинта та пропускної здатності матриці, як функцій тиску [2, 3, 4].

Точка перетину цих функцій і є робочою продуктивністю гранулятора (рисунок 1).

Виробництво гранульованих комбікормів з різними діаметрами гранул потребує використання матриць з формувальними отворами (каналами) відповідного діаметра. При цьому, припускаючи, що формування кормових гранул відбувається при забезпеченні необхідного тиску, створюваного гвинтом гранулятора, постає питання

щодо узгодження параметрів змінних матриць різних конструкцій (з відмінними довжиною, діаметром та кількістю формувальних каналів) між собою. А таке узгодження передбачає відповідність характеристик «тиск-продуктивність» для кожної змінної матриці гранулятора.

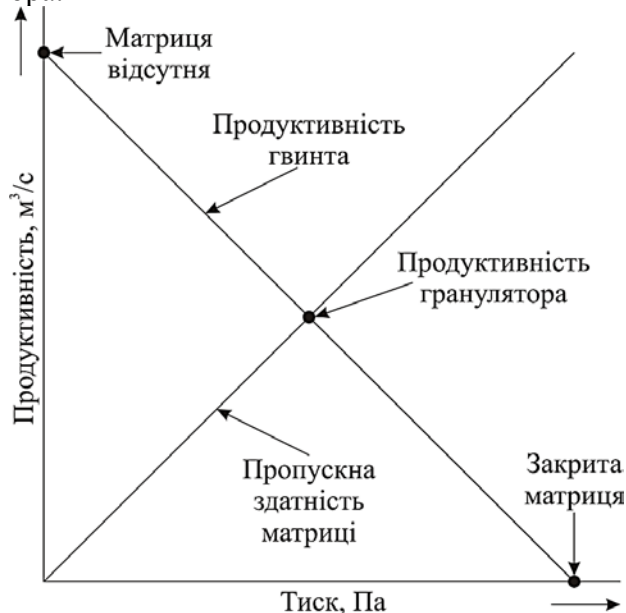


Рисунок 1 – Схема співвідношення продуктивності гвинта та пропускної здатності матриці

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В науковій практиці існує декілька підходів для аналізу пропускної здатності формувальних пристроїв пресів різного виконання. Основна відмінність між цими підходами полягає у представленні моделі матеріалу (рідини), що формується. Так, з наведеного у [5] аналізу течії під тиском неньютонівської рідини «ступеневого» типу у круглому каналі можна записати вираз відповідної об'ємної продуктивності Q_m матриці гранулятора:

$$Q_m = n \frac{\pi d_m^2}{4} \left(\frac{s+1}{s+3} \right) \frac{d_m}{2(s+1)} \left(\frac{d_m}{4m} \frac{\partial p}{\partial z} \right)^s, \quad (1)$$

де n – кількість отворів матриці, шт.;

d_m – діаметр отвору матриці, м;

s – величина, обернена індексу течії;

m – показник консистенції пластифікованої кормосуміші; $\partial p / \partial z$ – градієнт тиску в напрямку осі отвору матриці, Па/м.

Наведена залежність (1) має декілька недоліків для її практичного застосування. Зокрема, невідомими є індекс течії та показник консистенції пластифікованої кормосуміші, значення яких здійснюють визначальний вплив на пропускну здатність матриці. До того ж, при проведених раніше теоретичних дослідженнях руху пластифікованої кормосуміші у каналі гвинта гранулятора [6] нами було прийняте припущення, що пластифікована кормосуміш розглядається саме як ньютонівська рідина.

Формулювання цілей. Метою цієї роботи є пошук математичного апарату, що дозволяє забезпечити сталість показників робочого тиску та продуктивності гвинтових

грануляторів кормів при виробництві кормових гранул різного діаметра шляхом обґрунтування відповідних конструкційних параметрів змінних матриць.

Виклад основного матеріалу. З огляду на вищенаведене, скориставшись наведеним у [4] методом розрахунку формувальних елементів екструдерів, запишемо вираз об'ємної продуктивності Q_m матриці гранулятора для умов ньютонівської рідини:

$$Q_m = n \frac{K_f \Delta p}{\eta}, \quad (2)$$

де K_f – коефіцієнт геометричної форми каналу, м^3 ;

Δp – перепад тиску в матриці, Па;

η – в'язкість пластифікованої кормосуміші, Па·с.

У свою чергу, за даними [3, 7] коефіцієнт геометричної форми циліндричного формувального каналу матриці можна представити так:

$$K_f = \frac{\pi d_m^4}{128 l_m}, \quad (3)$$

де l_m – довжина каналу матриці (товщина матриці), м.

Скориставшись результатами досліджень [8] щодо розподілу тиску в пресувальній камері закритого типу, аналогічно запишемо у загальному вигляді рівняння зміни тиску у відкритому циліндричному каналі матриці за віссю каналу (рисунок 2):

$$p \frac{\pi d_m^2}{4} - (p - dp) \frac{\pi d_m^2}{4} + \mu p f \pi d_m dl_m = 0, \quad (4)$$

де p – тиск у каналі матриці, Па;

f – коефіцієнт тертя пластифікованої кормосуміші по матеріалу стінок каналу матриці;

μ – коефіцієнт бічного тиску.

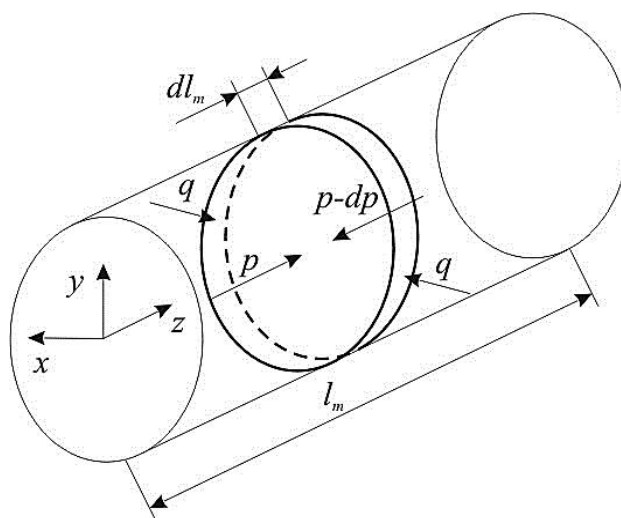


Рисунок 2 – Схема каналу матриці: $q = \mu p$ – бічний тиск

Розділивши змінні та зробивши деякі спрощення рівняння (4) запишеться так:

$$\frac{1}{p} dp = -\frac{4\mu f}{d_m} dl_m. \quad (5)$$

Оскільки межами значень змінних є $p \in [p_m; p_0]$ та $l_m \in [0; l_m]$ після інтегрування залежність (5) запишеться як:

$$\ln p_0 - \ln p_m = -4\mu f \frac{l_m}{d_m}, \quad (6)$$

звідки

$$p_m = p_0 e^{-4\mu f \frac{l_m}{d_m}}. \quad (7)$$

Зважаючи на те, що атмосферний тиск є величиною меншого порядку, порівняно з тиском у матриці ($p_0 \ll p_m$) для подальшого аналізу приймемо припущення, що $\Delta p = p_m$. Тоді, з урахуванням залежностей (3) та (7), вираз об'ємної продуктивності матриці (2) запишеться так:

$$Q_m = \frac{\pi p_0}{128\eta} n \frac{d_m^4}{l_m} e^{-4\mu f \frac{l_m}{d_m}}, \quad (8)$$

де $\pi p_0 / 128\eta = \text{const}$ для кожного типу (рецепту) гранульованої кормосуміші.

А отже, можемо записати шуканий вираз умови узгодження параметрів матриць різної конструкції, що застосовуються для виготовлення кормових гранул за однаковим рецептом:

$$n_1 \frac{d_{m1}^4}{l_{m1}} e^{-4\mu f \frac{l_{m1}}{d_{m1}}} = n_2 \frac{d_{m2}^4}{l_{m2}} e^{-4\mu f \frac{l_{m2}}{d_{m2}}}, \quad (9)$$

де індексами 1 і 2 відповідно, позначені геометричні параметри різних матриць гранулятора, наприклад для виробництва кормових гранул різного діаметра.

Практичне застосування цієї залежності дозволяє, наприклад, встановити, що за умов використання матриць однакової товщини (довжини каналу) близькість характеристики «тиск-продуктивність» будуть забезпечувати матриці з такими кількістю та діаметрами отворів: матриця з 48 отворами діаметром 6 мм, матриця з 15 отворами діаметром 12 мм, матриця з 5 отворами діаметром 18 мм.

Висновок. В результаті теоретичних досліджень об'ємної продуктивності та зміни тиску в каналах матриці гранулятора було знайдено математичний вираз, що дозволяє забезпечити сталість показників робочого тиску та продуктивності гвинтових грануляторів кормів при виробництві кормових гранул різного діаметра шляхом узгодження відповідних конструкційних параметрів змінних матриць – кількості, довжини та діаметру їх каналів.

Список літератури

1. Машины и оборудование для производства комбикормов : [Справочное пособие] / Шаршунов В.А., Червяков А.В., Бортник С.А., Пономаренко Ю.А. – Мн: Экоперспектива, 2005. – 487 с.
2. Miller, R.C. Unit operations and equipment IV: extrusion and extruders. [In: R.B. Fast and E.F. Caldwell (eds) Breakfast Cereals and How They are Made]. American Association of Cereal Chemists, Inc., St Paul, MN, 1990 – P. 135-196.
3. Каплун Я.Б., Ким. В.С. Формующее оборудование экструдеров. – М.: Машиностроение, 1967. – 168 с.
4. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров. – М.: Химия, КолосС, 2005. – 568 с.: ил.
5. Раувендааль К. Экструзия полимеров / Пер. с англ. под ред. А.Я. Малкина. – СПб.: Профессия, 2008 – 768 с., ил.
6. Братішко В.В. Аналіз продуктивності гвинтового гранулятора кормів зі змінними геометричними параметрами гвинта за його довжиною // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин», вип. 43, ч. II. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 43-49.
7. Оборудование по переработке пластмасс: Справочное пособие по расчету и конструированию / Под. ред. В.К. Завгороднего. – М.: Машиностроение, 1976. – 406 с.
8. Особов В.И., Васильев Г.К., Голяновский А.В. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.

Vyacheslav Bratishko

National scientific center “Institute for agricultural engineering and electrification”

Harmonization of structural parameters matrix pellet feed screw for pressure and throughput

The aim is to find a mathematical apparatus that ensures sustainability indicators working pressures and productivity screw pellet feed in the production of feed grains of different diameters through grounding of relevant structural parameters of matrix variables.

Productions of animal feed pellets with different diameters require the use of matrices with molding holes (channels) of the appropriate diameter. Thus, assuming that the formation of feed grains occurs at providing the necessary pressure created by screw presses, raises the issue of harmonization of different variables matrix structures (with different length, diameter and number of molding channels) between them. But this coordination involves matching characteristics "performance – pressure" for each variable pellet matrix.

In the article presents the results of theoretical research of plasticized mixed forage movement through matrix of pellet feed screw. Based on the joint analysis of volumetric efficiency and pressure changes in the channels of the matrix pellet was found mathematical expression that allows for coordination of structural parameters matrix pellet feed screw for pressure and productivity.

channel, matrix, pellet mill, pressure, productivity, screw

Одержано 29.04.14