



УДК 631.363.285

МОМЕНТ НА ВАЛУ ГВИНТА ГРАНУЛЯТОРА ЗІ ЗМІННИМИ ГЕОМЕТРИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГВИНТА

Братішко В.В., к.т.н.,

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН

Тел.: (04571) 3-27-91, email: vbratishko@gmail.com

Анотація - виконано теоретичні дослідження та отримано залежності, які характеризують зміну моменту на валу гвинта гранулятора кормів в залежності від конструкційно-технологічних параметрів робочих органів гранулятора та властивостей кормової сировини.

Ключові слова – гвинт, гранулювання, кормові гранули, момент, тиск.

Постанова проблеми. Гвинтові робочі органи зі змінними за довжиною гвинта геометричними параметрами знайшли застосування у багатьох галузях виробництва [1, 2, 3]. Переважна кількість конструкцій гвинтів зі змінними геометричними параметрами являють собою однозахідні гвинти, глибина, або глибина та ширина каналу яких змінюються лінійно в залежності від довжини гвинта.

Гвинти такого виконання забезпечують підвищення ефективності технологічного впливу на матеріал робочими органами і використовуються у харчовій та кормовій промисловості [4]. Одним із недостатньо досліджених аспектів при проектуванні машин з робочими органами такого типу є питання впливу конструкційно-технологічних параметрів гранулятора та властивостей сировини на зміну моменту на валу гвинта гранулятора.

Мета досліджень полягає у встановленні закономірності зміни моменту, необхідного на привод гвинта гранулятора кормів зі змінними геометричними параметрами.

Основна частина. Дослідження впливу параметрів робочого процесу на момент на гвинті гранулятора спрямоване на встановлення раціональних характеристик приводу гранулятора в залежності від його конструкційно-технологічних та режимних параметрів.

Для побудови відповідної математичної моделі виділимо на робочій поверхні гвинта гранулятора елемент площі dS (рисунок 1).

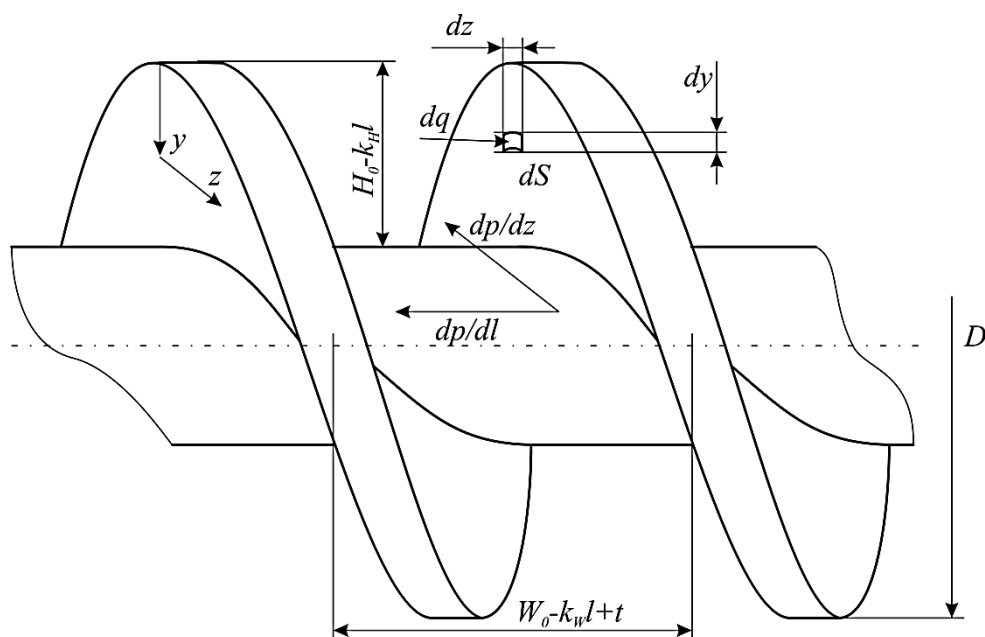


Рис. 1. Схема для визначення моменту на валу гвинта гранулятора: p – тиск, Па; q – бічний тиск, Па; D – зовнішній діаметр гвинта, м; l – довжина гвинта, м; k_H – коефіцієнт зміни глибини каналу гвинта за його довжиною; H_0 – початкове значення висоти каналу гвинта, м; W_0 – початкове значення ширини каналу гвинта, м; k_W – коефіцієнт зміни ширини каналу гвинта за його довжиною; t – ширина витка гвинта, м

Як видно з рисунку 1, елемент площі витка гвинта гранулятора площею $dzdy$ знаходиться під дією тиску $dq = \mu dp$, де μ – коефіцієнт бічного тиску.

А отже, можемо в загальному вигляді записати вираз моменту на валу гвинта:

$$dM = \mu p \sin \gamma_y \left(\frac{D}{2} - y \right) dz dy, \quad (1)$$

де V_{yz} – колова швидкість обертання елемента площі витка гвинта гранулятора, як функція координат z та y , м/с;

γ_y – кут нахилу гвинтової лінії, який відповідає розташуванню елемента площі витка гвинта гранулятора, град.

У свою чергу:

$$V_{yz} = 2\pi n y, \quad (2)$$



$$\operatorname{tg} \gamma_y = \frac{W_0 - k_w l + t}{2\pi y}, \quad (3)$$

де довжина гвинта l пов'язана із координатою z залежністю:

$$z = \pi l \sqrt{\frac{(D - H_0 - k_H l)^2}{(W_0 - k_w l + t)^2} + \frac{1}{\pi^2}}. \quad (4)$$

Рівняння (4) можливо розв'язати відносно змінної l , проте отримані корені є занадто громіздкими і в подальшому не дають можливість проінтегрувати у натуральному вигляді вираз (1).

Однак, залежність (4) дає змогу зробити зміну змінної при подальшому розв'язанні наведеного рівняння. Отже, продиференціюємо ліву та праву частини виразу (4) та запишемо:

$$dz = \frac{\pi(D - H_0 - k_H l)[k_w(D - H_0) - k_H(W_0 + t)]}{(W_0 - k_w l + t)^3 \sqrt{\frac{(D - H_0 - k_H l)^2}{(W_0 - k_w l + t)^2} + \frac{1}{\pi^2}}} dl. \quad (5)$$

Враховуючи, що $k_w = \text{const}$ та ґрунтуючись на прикладі [5] запишемо вираз (3) у вигляді:

$$\operatorname{tg} \gamma_y = \frac{W_0 - \frac{1}{2} k_w l_{\max} + t}{2\pi y}. \quad (6)$$

Звідси можемо записати вирази синусу кута γ_y :

$$\sin \gamma_y = \frac{-k_w l_{\max} + 2(W_0 + t)}{y \sqrt{16\pi^2 + \frac{(k_w l_{\max} - 2(W_0 + t))^2}{y^2}}}. \quad (7)$$

У свою чергу, функція тиску у каналі гвинта гранулятора [6], як складова залежності (1), за твердженням авторів [7, 8], які наводять характер зміни тиску при пресуванні маси шнековими пресами, може бути апроксимована виразом вигляду:

$$p = p_0 e^{A_p l}, \quad (8)$$

де p_0 – тиск на початку гвинтового каналу, Па;

l – відстань по осі гвинта, м;

A_p – деякий постійний коефіцієнт, що описує характер зміни тиску у каналі гвинта гранулятора та його довжиною.

Очевидно, що для наших умов (при $l = 0$ $p = 0$, при $l = l_{\max}$ $p = p_m$ – тиск перед матрицею, Па) вираз (8) має бути записаний у вигляді:

$$p = p_m e^{-A_p \left(\frac{l_{\max} - l}{l} \right)}. \quad (9)$$



Сумісний аналіз цих залежностей дає змогу записати вираз для визначення коефіцієнту A_p :

$$A_p = \frac{k_p \eta a'_0}{\left(1 - \frac{l_{\max}}{l}\right) k_H k_W} \left(e^{\frac{kH_0}{k_H} (f_b + f_s)} k_W \left[Ei \left(kl_{\max} - \frac{kH_0}{k_H} \right) - Ei \left(kl - \frac{kH_0}{k_H} \right) \right] + \right. \\ \left. + 2e^{\frac{kW_0}{k_W} f_s} k_H \left[Ei \left(kl_{\max} - \frac{kW_0}{k_W} \right) - Ei \left(kl - \frac{kW_0}{k_W} \right) \right] \right), \quad (10)$$

де η – в'язкість кормової сировини, Па·с;

f_b, f_s – коефіцієнти тертя кормосуміші, відповідно, по матеріалу робочої камери та гвинта гранулятора;

l_{\max} – максимальна довжина гвинта, м;

a'_0 – розрахунковий коефіцієнт, $a'_0 = \pi \sqrt{\left(\frac{D - H_0}{W_0 + t}\right)^2 + 1/\pi^2}$;

Ei – інтегральна показникова функція.

Причому, з огляду на характер припущень, значення коефіцієнту A_p потрібно визначати за умов $l \rightarrow l_{\max}$.

Графік залежності (10) для умов $l \rightarrow l_{\max}$ наведено на рис.2.

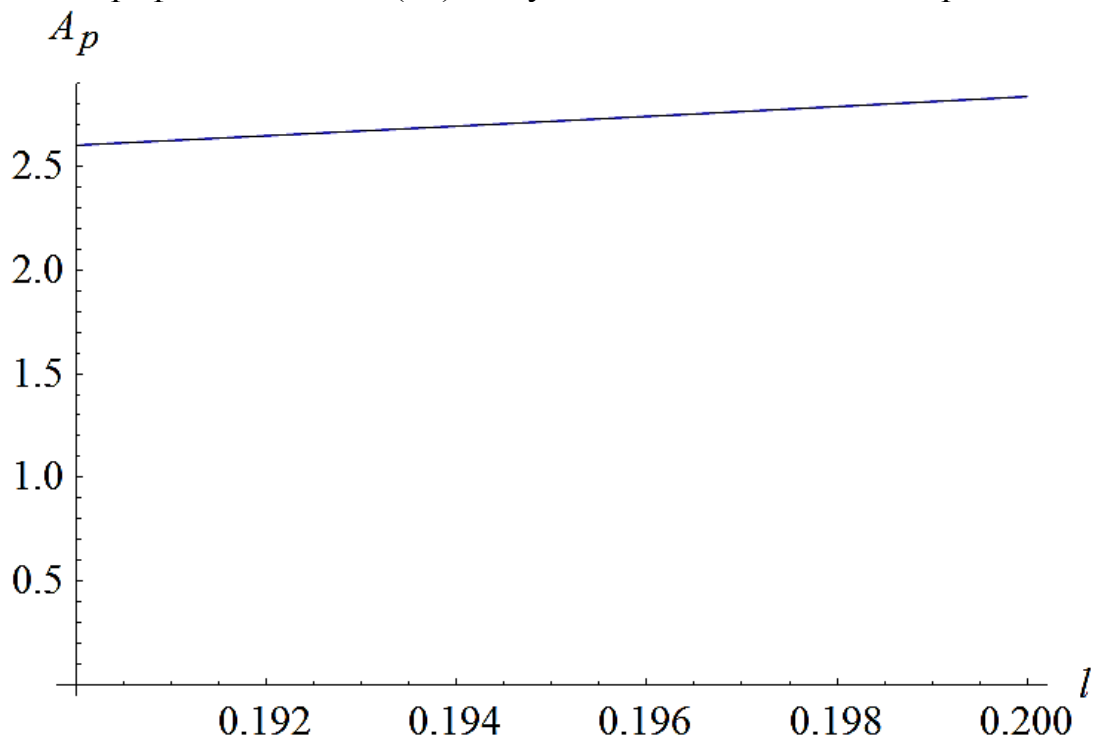


Рис. 2. Вплив параметрів процесу гранулювання на коефіцієнт A_p характеру зміни тиску в каналі гвинта гранулятора за умов: $k_H = 0,038$; $k_W = 0,049$; $H_0 = 0,016$ м; $W_0 = 0,022$ м; $t = 0,005$ м; $D = 0,08$ м; $f_s = f_b = 0,3$; $k = 2,77$; $\mu = 0,3$; $k_p = 0,03$



Межі інтегрування при розв'язанні залежності (1) становитимуть:

$$\begin{aligned} l &\in [0; l_{\max}] \\ y &\in [0; H_0 - k_H l] \end{aligned} \quad (11)$$

Отримані вирази дають змогу записати шукану залежність моменту на валу гвинта гранулятора:

$$\begin{aligned} M = \mu p_m \int_0^{l_{\max}} \int_0^{H_0 - k_H l} e^{-A_p \left(\frac{l_{\max} - l}{l} \right)} \frac{-k_W l_{\max} + 2(W_0 + t)}{y \sqrt{16\pi^2 + \frac{(k_W l_{\max} - 2(W_0 + t))^2}{y^2}}} \times \\ \times \left(\frac{D}{2} - y \right) \frac{\pi(D - H_0 - k_H l) [k_W(D - H_0) - k_H(W_0 + t)]}{(W_0 - k_W l + t)^3 \sqrt{\frac{(D - H_0 - k_H l)^2}{(W_0 - k_W l + t)^2} + \pi^2}} dy dl. \end{aligned} \quad (12)$$

Залежність (12) є складною для інтегрування у натуральному вигляді, проте застосування методів чисельного інтегрування дає можливість використати її для встановлення значень моментів, необхідних для приводу гвинтів грануляторів кормів із заданими геометричними параметрами.

Висновок. В результаті теоретичних досліджень було знайдено залежність, яка характеризує зміну моменту на валу гвинта гранулятора кормів в залежності від конструкційно-технологічних параметрів робочих органів гранулятора та властивостей кормової сировини.

Література.

1. Ахтямов Р.Р., Зейдулин М.М. Двухроторный винтовой безмасляный вакуумный насос. Описание изобретения к авторскому свидетельству, SU №1820035 A1, F04 C 18/16, 07.06.93.
2. Люлько, В.Н. Получение геометрии винтовой части роторов винтовых компрессоров с использованием систем САПР [Текст] / В.Н. Люлько // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2005. – №1(73). – С. 140-150.
3. Ревяко М.М., Касперович О.М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс. – Мн.: БГТУ, 2005. – 344 с.
4. Extrusion-Cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability: [edited by Leszek Moscicki]. – Weinheim: WILEY-VCH, 2011. – 234 p.



5. Харламов С.В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отд-ние, 1991 – 256 с., ил.
6. Братишко В.В. Аналіз тиску в каналі гвинта гранулятора кормів зі змінними геометричними параметрами // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Вип. 98. Т 2. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – С. 74-84.
7. Остриков А.Н., Абрамов О.В., Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. – СПб.: ГИОРД, 2003 – 352 с.
8. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник для втузов по специальности «Машины и аппараты пищевых производств». – М.: Машиностроение, 1983. – 447 с., ил.

МОМЕНТ НА ВАЛУ ВИНТА ГРАНУЛЯТОРА С ПЕРЕМЕННЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ВИНТА

В.В. Братишко

Аннотация – выполнены теоретические исследования и получены зависимости, характеризующие изменение момента на валу винта гранулятора кормов в зависимости от конструктивно-технологических параметров рабочих органов гранулятора и свойств кормового сырья.

THE TORQUE OF THE PELLET MILL SCREW AXLE WITH VARIABLE GEOMETRIES OF THE SCREW

V. Bratishko

Summary

In this article shows the results of the theoretical research and the resulting relationships that characterize the change of the torque of screw axle of pellet mill with variable geometries, depending on the constructional and technological parameters of the working bodies of the pellet mill and properties of feed raw materials.