

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТА ГРАНУЛЯТОРА КОРМІВ З ОСНОВОЮ КАНАЛУ У ВИГЛЯДІ ЧАСТИНИ КОЛА

В.В. Братішко, канд. техн. наук

(Національний науковий центр

«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»)

Виконано теоретичний аналіз геометричних параметрів гвинта гранулятора кормів з основою каналу у вигляді частини кола. Встановлено геометричні характеристики каналу гвинта.

Проблема. Результати численних досліджень та загальні тенденції розвитку галузі кормовиробництва у країнах з розвинутим тваринництвом свідчать, що годівля тварин кормовими гранулами має суттєві переваги у порівнянні зі згодовуванням раціонів у вигляді розсипчастих кормосумішей [1]. Використання для виробництва кормових гранул гвинтових грануляторів, у порівнянні з машинами інших типів, дозволяє за рахунок дії на корм високої температури та тиску підвищити поживну цінність компонентів раціону, як це відбувається при екструдюванні, забезпечити більшу міцність готового корму та його знезараження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як зазначають автори [2], найбільш широке застосування у гвинтових машинах отримали машини з трапецієподібним та прямокутним перерізом витка гвинта. Проте, набули поширення і машини з гвинтами, основа перерізу каналу яких являє собою частину кола. Аналізу геометричних параметрів таких гвинтів і присвячена ця робота.

Мета досліджень. Полягає у визначенні геометричних характеристик гвинтів грануляторів кормів з основою каналу у вигляді частини кола.

Методика досліджень. При проведенні досліджень використовували відомі методи математичного аналізу, алгебри та тригонометрії. Для розв'язання залежностей та їх аналізу використовувався програмний продукт Wolfram Mathematica.

Результати досліджень. В загальному вигляді схема робочого органу одnogвинтового гранулятора з циліндричним корпусом та каналом гвинта з основою у вигляді частини кола наведена на рис. 1.

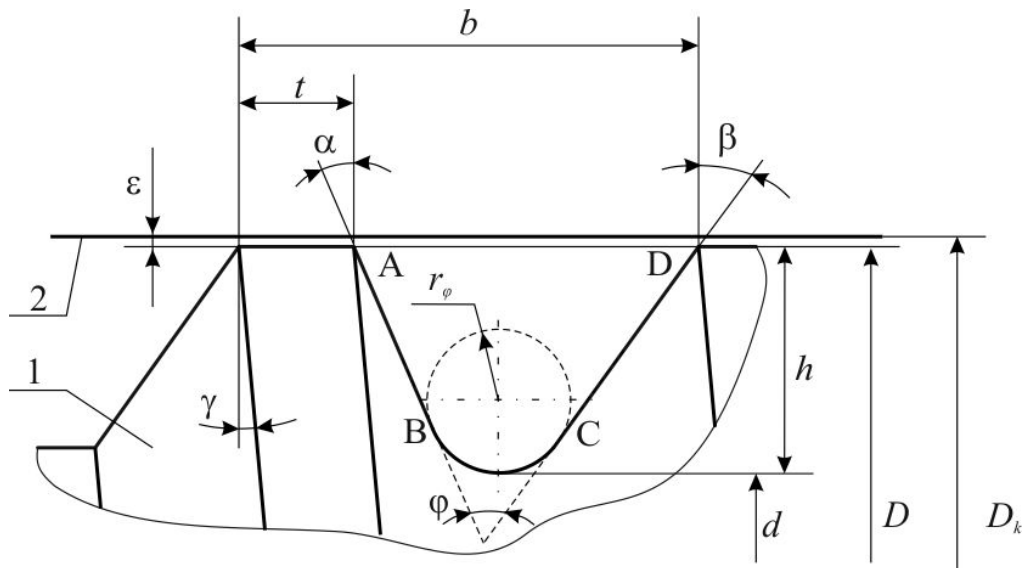


Рис. 1. Схема гвинта гранулятора з основою каналу у вигляді частини кола: 1 – гвинт, 2 – внутрішня стінка робочої камери, h – глибина каналу гвинта, α – кут нахилу передньої стінки витка гвинта, β – кут нахилу задньої стінки витка гвинта, b – ширина витка гвинта або крок гвинта, t – ширина витка гвинта, r_φ – радіус кола твірної основи каналу гвинта, D – зовнішній діаметр гвинта, γ – кут нахилу гвинтової лінії по зовнішньому діаметру гвинта, d – діаметр основи гвинта, D_k – діаметр робочої камери гранулятора; ε – зазор між гвинтом та робочою камерою гранулятора

Знайдемо залежності, які пов'язують між собою геометричні параметри гвинта, представленого на рисунку 1, а саме – вирази площі F_φ перерізу витка гвинта, зайнятих сировиною (фігура ABCD), та вираз довжини L_φ відповідної частини периметру перерізу витка гвинта (лінія ABCD).

Для знаходження залежності площі F_φ перерізу каналу гвинта з основою каналу у вигляді частини кола на основі рисунка 1 побудуємо схему, представлену на рисунку 2.

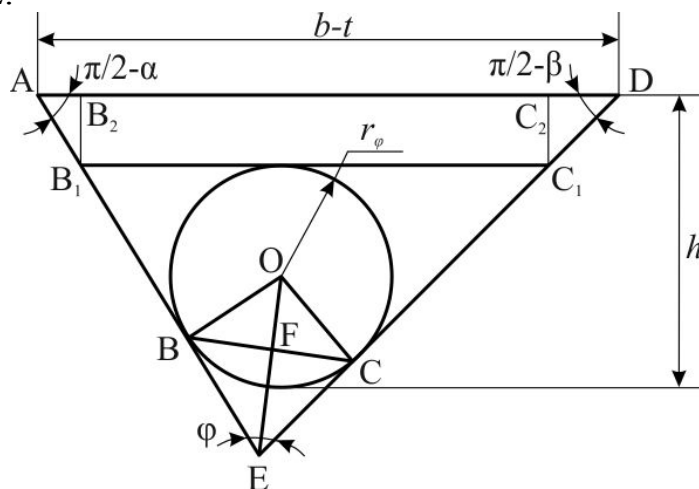


Рис. 2. Схема для визначення геометричних параметрів гвинта з основою каналу у вигляді частини кола

Шукану площу фігури ABCD на рисунку 1 представимо за допомогою фігур з рисунка 2 у вигляді суми площ трикутника AED та сектора кола радіуса r_φ , обмеженого радіусами OB та OC, без врахування площі фігури BECO.

З аналізу рисунків 1 та 2, після деяких перетворень, можемо записати вирази шуканих площ:

$$F_{AED} = (b-t)^2 \frac{\cos \alpha \cos \beta}{2 \sin(\alpha + \beta)}, \quad (1)$$

$$F_{BECO} = 2F_{BEO} = r_\varphi^2 \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right), \quad (2)$$

$$F_{BC} = \frac{r_\varphi^2}{2}(\pi - \alpha - \beta). \quad (3)$$

Тоді вираз площі F_φ перерізу каналу гвинта з основою каналу у вигляді частини кола запишеться так:

$$F_\varphi = (b-t)^2 \frac{\cos \alpha \cos \beta}{2 \sin(\alpha + \beta)} - r_\varphi^2 \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) + \frac{r_\varphi^2}{2}(\pi - \alpha - \beta). \quad (4)$$

У свою чергу, вираз довжини L_φ частини периметру перерізу каналу гвинта, що контактує із сировиною, для гвинта з основою каналу у вигляді частини кола запишеться наступним чином:

$$L_\varphi = \frac{(b-t)(\cos \alpha + \cos \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} - 2r_\varphi \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) + r_\varphi(\pi - \alpha - \beta) \quad (5)$$

Як видно із залежностей (4) та (5), вони не містять такого параметру, як глибина каналу гвинта h . При дослідженні та проектуванні гвинтових робочих органів подібного типу необхідно узгодження параметрів радіусу кола твірної основи каналу гвинта r_φ та глибини гвинта h . Для цього скористуємось відомою залежністю, що пов'язує радіус кола, вписаного в трикутник, з площею та напівпериметром останнього. З рисунку 2 після деяких перетворень запишемо:

$$r_\varphi = \frac{2[b-t - (h-2r_\varphi)(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta)]^2 \frac{\cos \alpha \cos \beta}{2 \sin(\alpha + \beta)}}{b-t - (h-2r_\varphi)(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta) + \frac{(b-t)(\cos \alpha + \cos \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} - \frac{h-2r_\varphi}{\cos \alpha} - \frac{h-2r_\varphi}{\cos \beta}} \quad (6)$$

Для знаходження об'єму та площі поверхні витків гвинта за його довжиною запишемо:

$$S_\varphi = L_\varphi l_s, \quad (7)$$

$$V_\varphi = F_\varphi l_s. \quad (8)$$

де l_s – довжина гвинтової лінії, описаної центром мас (центром ваги) площі перерізу каналу гвинта за довжиною гвинта, м.

Відомо, що координата центра мас фігури дорівнює відношенню статичного моменту цієї фігури відносно визначеної осі до площі цієї фігури [3], тобто для перерізу каналу гвинта гранулятора можна записати:

$$y_c = \frac{S_{\varphi ABCD}}{F_{\varphi}}, \quad (9)$$

де $S_{\varphi ABCD}$ – статичний момент інерції перерізу каналу гвинта, м³.

Якщо розглядати переріз каналу гвинта як сукупність геометричних фігур (рисунок 2), а саме, трикутника AED та сегмента кола з центром у точці O , обмеженого хордою BC , без врахування площі трикутника BEC , то його статичний момент інерції можна представити як суму добутків площ відповідних фігур та відстаней від центрів їх мас до відповідної осі (в нашому випадку – до осі гвинта), тобто:

$$S_{\varphi ABCD} = F_{AED}y_{cAED} + F_{BC}y_{cBC} - F_{BEC}y_{cBEC}. \quad (10)$$

З аналізу рисунку 2 після перетворень можна записати вираз статичного моменту інерції перерізу каналу гвинта:

$$\begin{aligned} S_{\varphi ABCD} &= F_{AED}y_{cAED} + F_{BC}y_{cBC} - F_{BEC}y_{cBEC} = (b-t)^2 \frac{\cos \alpha \cos \beta}{2 \sin(\alpha + \beta)} \times \\ &\times \left[\frac{D}{2} - \frac{1}{3} \frac{(b-t) \cos \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \right] + \frac{r_{\varphi}^2}{2} [(\pi - \alpha - \beta) - \sin(\alpha + \beta)] \times \\ &\times \left[\frac{D}{2} - \cos\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right) \left(\frac{(b-t) \cos \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta) \cos\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)} - \frac{r_{\varphi}}{\sin\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)} + \right. \right. \\ &\left. \left. + \frac{4}{3} \frac{r_{\varphi} \cos^2\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)}{(\pi - \alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)} \right) \right] + \frac{1}{2} r_{\varphi}^2 \operatorname{ctg}^2\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) \sin(\alpha + \beta) \times \\ &\times \left(\frac{D}{2} - \cos\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right) \left[\frac{(b-t) \cos \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta) \cos\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)} - \frac{2}{3} r_{\varphi} \frac{\cos^2\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)} \right] \right). \quad (11) \end{aligned}$$

Для знаходження довжини гвинтової лінії, описаної центром мас (центром ваги) площі перерізу каналу гвинта за довжиною гвинта скористуємось способом, використаним авторами [4] при дослідженні впливу кута при вершині гребеня витка на працездатність шнека екструдера.

Для цього побудуємо схему розгорток гвинтових ліній гвинта (рисунок 4).

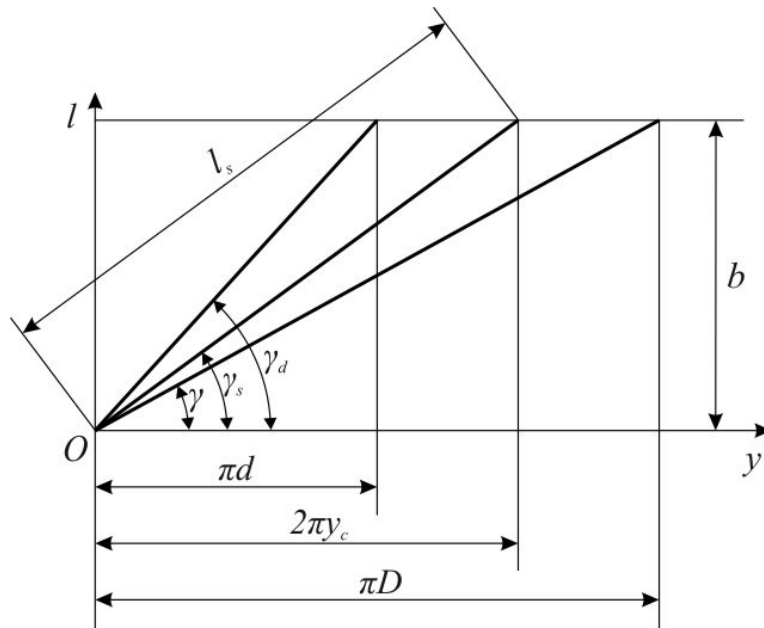


Рис. 4. Схема розгортки гвинтових ліній гвинта

З рисунку 4 можемо записати вирази ширини витка гвинта або кроку гвинта b :

$$b = \pi D \operatorname{tg} \gamma = 2\pi y_c \operatorname{tg} \gamma_s = \pi d \operatorname{tg} \gamma_d, \quad (12)$$

де γ – кут нахилу гвинтової лінії по зовнішньому діаметру гвинта, град.;

γ_s – кут нахилу гвинтової лінії, яка відповідає положенню центру мас перерізу каналу гвинта, град.;

γ_d – кут нахилу гвинтової лінії по основі гвинта, град.;

d – діаметр основи гвинта, м.

Із залежності (12) запишемо вираз кута нахилу гвинтової лінії, яка відповідає положенню центру мас перерізу каналу гвинта y_c :

$$\gamma_s = \operatorname{arctg} \left(\frac{D \operatorname{tg} \gamma}{2y_c} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{2\pi y_c} \right). \quad (13)$$

Тоді, з використанням рисунку 4, запишемо вираз довжини гвинтової лінії, описаної центром мас перерізу каналу гвинта:

$$l_s = \frac{l}{\sin \gamma_s} = \frac{l}{\sin \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{b}{2\pi y_c} \right) \right]} = l \frac{2\pi y_c}{b} \sqrt{1 + \frac{b^2}{4\pi^2 y_c^2}} = 2\pi l \sqrt{\frac{y_c^2}{b^2} + \frac{1}{4\pi^2}}, \quad (14)$$

де параметр y_c визначається за залежністю (9) з урахуванням виразів (4) та (11).

Отже, залежність (14) та сукупність отриманих вище залежностей (4)-(9) та (11) дають змогу встановити такі основні геометричні характеристики гвинтів грануляторів з основою каналу у вигляді частини кола, як площа перерізу та периметр перерізу каналу гвинта, площа каналу гвинта за довжиною гвинта та загальний об'єм каналу гвинта гранулятора.

Висновки. В результаті теоретичних досліджень конструкції гвинта гранулятора кормів з основою каналу у вигляді частини кола було отримано математичні залежності, які дозволяють пов'язати геометричні параметри гвинта гранулятора з його конструкційними показниками, що впливають на виконання робочого процесу.

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. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин: Монография / М.В. Соколов, А.С.Клишков, О.В. Ефремов, П.С. Беляев, В.Г. Однолько. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 248 с.
3. Опір матеріалів/Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. За ред. Г. С. Писаренка – К.: Вища школа, 1993.– 655 с.
4. Барсуков В.Г. Влияние угла при вершине гребня витка на работоспособность шнека экструдера / В.Г. Барсуков, Е.В. Грахольская, О.С. Волк // Вестник Брестского государственного технического университета. – Машиностроение. – 2009. – № 4 (58). – С. 87-91.

Аннотация

Исследование геометрических параметров винта гранулятора кормов с основой канала в виде части окружности

Братишко В.В.

Выполнен теоретический анализ геометрических параметров винта гранулятора кормов с основой канала в виде части окружности. Установлены геометрические характеристики канала винта.

Abstract

Study of geometrical parameters pellet feed screw with the base channel in the form of a circle

V. Bratishko

Theoretical analysis of the geometrical parameters of screw pellet feed to the base of the channel in the form of a circle. Defined the geometric characteristics of the channel screw.