

ТЕОРЕТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФАКЕЛУ РОЗПИЛЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОЮ ФОРСУНКОЮ

Славкова Л.Г., аспірант, Науменко О.А., к.т.н., професор
(Харківський національний технічний університет сільського
господарства ім. Петра Василенка)

Розглядаючи векторне рівняння динаміки краплини рідини в повітрі і приймаючи до уваги вираз швидкості центру мас краплини, отримана система звичайних диференціальних рівнянь в результаті рішення якої визначені параметри факелу розпилення краплини пневматичною форсункою

Постановка проблеми. Однією з умов підвищення продуктивності тварин і зниження собівартості продукції тваринництва є повноцінне вітамінне живлення тварин, яке сприяє росту молодняку, покращує репродукційні функції, збільшує продуктивність і запобігає захворювання тварин, а також знижує витрати кормів на одиницю продукції і покращує їх якість. З ціллю забезпечення вітамінного живлення тварин, вітаміни вносяться в премікси, якими збагачуються комбікорми і згодуюються в вигляді кормової суміші разом з концентрованими кормами.

Аналіз останніх досліджень. Приймаючи до уваги наукові розробки виконані на кафедрі технічних систем і технологій тваринництва ХНТУСГ ім. Петра Василенка [1-4], які передбачають процес змішування концентрованих кормів і жиророзчинних вітамінів виконувати при розрідженні комбікормів і розпиленні жиророзчинних вітамінів, що забезпечить збільшення поверхонь міжфазового контакту концентрованих кормів і жиророзчинних вітамінів та рівномірному їх розподіленні.

Мета роботи. Метою роботи є теоретичне визначення параметрів факелу розпилення жиророзчинних вітамінів пневматичною форсункою, які забезпечать рівномірне проникнення вітамінів в розріджений стан концентрованих кормів.

Результати досліджень. Пристрій для змішування концентрованих кормів з жиророзчинними вітамінами є вертикально розташований циліндр діаметру d_0 . Зверху уздовж утворюючих циліндра рухається шар розріджених концентрованих кормів постійної ширини h_s (рис.1). По центру циліндра розташована пневматична форсунка, яка призначена для розпилення жиророзчинних вітамінів і направлення факелу розпилу в зону руху концентрованих кормів.

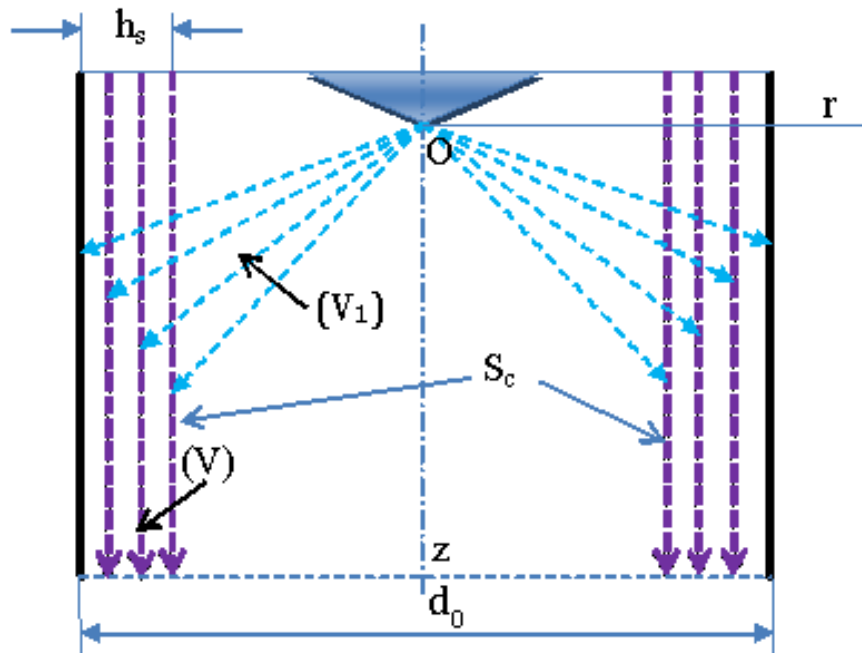


Рис. 1. Принципова схема пристрою для змішування концентрованих кормів з жиророзчинними вітамінами

З отвору форсунки O рухається потік жиророзчинних вітамінів в вигляді дрібнодисперсних краплин, утворюючи факел V_1 , який проникає в розріджений шар концентрованого корму V , що спричиняє їх змішуванню. Далі краплі жиророзчинних вітамінів рухаються усередині V разом з концентрованим кормом як двофазне середовище.

Дрібнодисперсні краплини факелу розпилення, які рухаються від пневматичної форсунки до розрідженого шару концентрованих кормів V представляють собою потік частинок, що не взаємодіють між собою і зазнають дію сили тяжіння $\rho_d \vec{g}$ і навколишнього повітря у вигляді сил Стоксу і Мангуса [5]. Відповідні складові цих сил, що діють на одну краплю рівні

$$f_c = -3\pi\mu_g d_d \vec{V}, \quad f_M = \frac{\pi}{8} d_d^3 \rho_g (\vec{\omega} \times \vec{V}), \quad (1)$$

де ρ_f, ρ_g - щільність жиророзчинних вітамінів і навколишнього повітря;

μ_n - динамічний коефіцієнт зсувної в'язкості повітря;

d_d - діаметр краплин;

$\vec{V}, \vec{\omega}$ - вектори швидкості центру мас краплини і миттєвої кутової швидкості її обертання.

Позначимо через \vec{r} радіус-вектор центру кульової краплини, $I = md_d^2/10$ вісний момент інерції краплини ($m = \rho_f \pi d_d^3/6$ - маса краплини). Тоді, приймаючи до уваги момент сил $M = -8\pi\mu_g (d_d/2)^3 \omega$, які діють на краплину з боку повітря, векторне рівняння динаміки краплини можна записати в наступному вигляді [6]

$$m = \frac{d\vec{V}}{dt} = -3\pi\mu_g d_d \vec{V} + \frac{\pi}{8} d_d^3 \rho (\vec{\omega} \times \vec{V}), \quad (2)$$

$$I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = -\pi\mu_g d_d^3 \vec{\omega}. \quad (3)$$

Введем позначення: R, Z - координати центру маси краплини в циліндричній системі координат (r, θ, z) , C_M, K_M - константи рівні

$$C_M = \frac{\mu_g}{\rho_f d_d}, \quad K_M = \frac{3\rho_g}{4\rho_f}.$$

Будемо рахувати, що рух краплин в факелі володіє осьовою симетрією, і прийнемо до уваги вирази для компонент V_r, V_z швидкості центру мас краплини в вигляді

$$V_r = \frac{dR}{dt}, \quad V_z = \frac{dZ}{dt}.$$

Тоді система рівнянь (2) і (3) в проекціях на осі координат rOz перетворюється в наступні співвідношення

$$\begin{cases} \frac{dR}{dt} = V_r \\ \frac{dZ}{dt} = V_z \\ \frac{dV_r}{dt} = -18C_M V_r + K_M \omega V_z \\ \frac{dV_z}{dt} = -18C_M V_z - K_M \omega V_r + g \\ \frac{d\omega}{dt} = -60C_M \omega \end{cases} \quad (4)$$

Дані співвідношення представляють собою систему звичайних диференціальних рівнянь відносно невідомих R, Z, V_r, V_z, ω .

Для рішення задачі Коши системи рівнянь (4) необхідно задати початкові умови, при цьому будемо керуватися наступними міркуваннями. Розміри вихідного отвору форсунки малі в порівнянні з діаметром d_0 , тому можна рахувати початкові координати краплин однаковими і рівними нулю

$$R(0) = 0, \quad Z(0) = 0. \quad (5)$$

Начальні значення останніх змінних визначаються параметрами форсунки [7], формула (31).

$$\begin{aligned}
V_r(0) &= V_c \left[1 - \left(\frac{2y_D}{s} \right)^2 \right] \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \\
V_z(0) &= V_c \left[1 - \left(\frac{2y_D}{s} \right)^2 \right] \sin\left(\frac{\beta}{2}\right), \\
\omega(0) &= \frac{6}{d_s^2} \sin^2\left(\frac{\beta}{2}\right) V_c y_D
\end{aligned} \tag{6}$$

де

$$V_c = V_6^0 \frac{3d_s^2 l_c^2}{4s \left[3d_s l_c^2 + 6 \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) l_c^3 - s^2 d_s + 2s^2 l_c \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]}$$

y_D - координата центру краплини при її знаходженні в отворі V_6 , що знаходиться в інтервалі $[-y_c, y]$ ($-y_c/2 \leq y_D \leq y_c/2$), $y_c = (s - d_d)/2$ [8] рисунок 1;

V_6^0 - швидкість суміші рідини з повітрям на вході в отвір розпилювача форсунки V_6 ;

d_s - діаметр вхідного отвору V_6 ;

l_c - товщина стінки конічної частини форсунки;

s - проміжок між стінкою вихідного отвору форсунки і направляючим конусом;

β - кут розхилу конусу форсунки.

Задача (4)-(6) вирішувалась для кожної краплини до моменту попадання її на поверхню шару концентрованих кормів ($r = d_0/2 - h_s$), який рухається в циліндрі, при цьому визначалися координати і швидкості краплин при досягненні поверхні S_s .

Результати числового вирішення задачі представлені в вигляді графічних залежностей координат положення краплин від тиску повітря і витрат жиророзчинних вітамінів (рис. 2 а) та план швидкостей окремих краплин рідини (рис. 2 б).

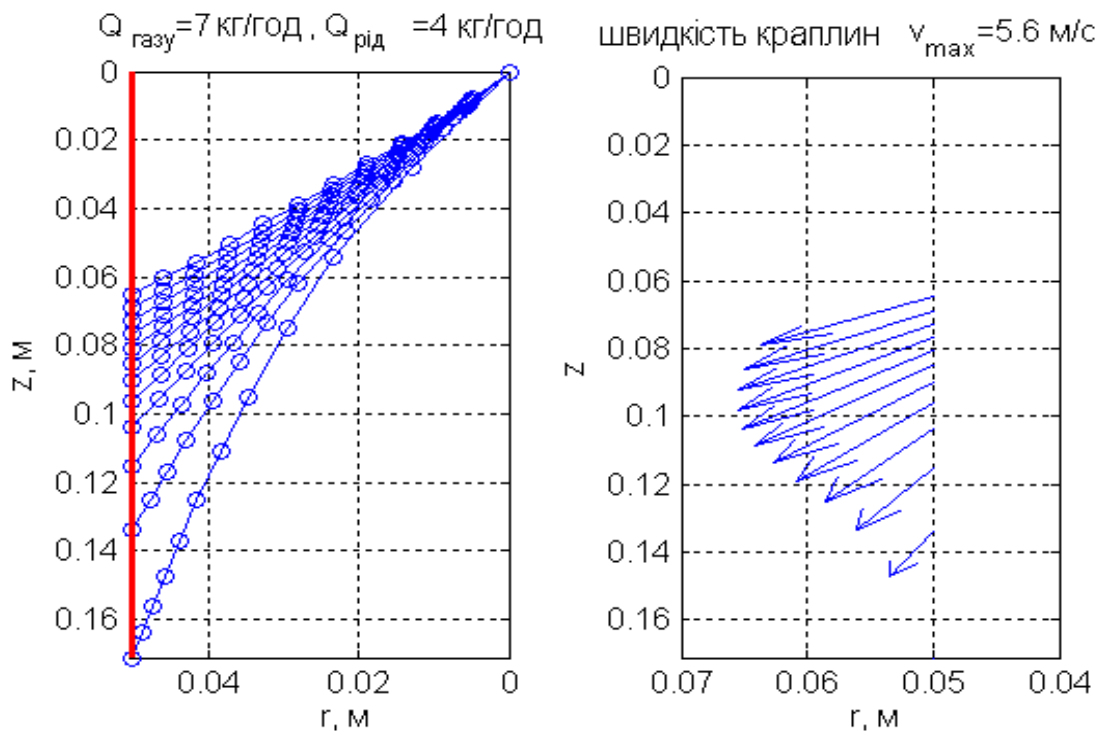


Рис. 2. Графічні залежності координат положення краплин від тиску повітря і витрат жиророзчинних вітамінів (а) та план швидкостей окремих краплин рідини (б)

Висновки. В результаті математичного моделювання динаміки руху краплини рідини в повітрі отримана система звичайних диференціальних рівнянь в результаті рішення якої визначені залежності координат краплин від тиску повітря і витрат рідини та побудований план швидкостей окремих краплин.

Список використаних джерел

- 1.Славкова, Л.Г. Інтенсифікація процесу збагачення комбікормів жиророзчинними вітамінами [Текст] / Л.Г. Славкова, О.А. Науменко, І.Г. Бойко // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій тваринництва: Вісник ХНТУСГ, Вип.108 - Харків: ХНТУСГ, 2011. - С. 98-103.
- 2.Пневматичний розпилювач рідини [Текст]: пат. 62039 Україна: МПК А01М 11/00, В05В 17/00 / Славкова Л.Г., Науменко О.А., Бойко І.Г., заявник і патентовласник Славкова Л.Г., Науменко О.А., Бойко І.Г. - №u201100547; заявл. 18.01.2011; опубл.10.08.2011, Бюл. №15.
- 3.Спосіб змішування сипучих матеріалів з малими кількостями рідини [Текст]: пат.62581 Україна: МПК А21С 1/00, В01F 13/08 / Славкова Л.Г., Науменко О.А., Бойко І.Г., заявник і патентовласник Славкова Л.Г., Науменко О.А., Бойко І.Г. - №u201013146; заявл. 05.11.2010; опубл.12.09.2011, Бюл. №17.
- 4.Змішувач сипучих матеріалів з малими кількостями рідини [Текст]: пат.66522 Україна: МПК А21С 1/06, А21D 13/08, В01F 5/16 / Славкова Л.Г., Нанка О.В., Науменко О.А., Бойко І.Г., заявник і патентовласник Славкова Л.Г.,

Нанка О.В., Науменко О.А., Бойко І.Г. - №u201106992; заявл. 03.06.2011; опубл.10.01.2012, Бюл. №1.

5.Нигматулин, Р.И. Основы механики гетерогенных сред [Текст] / Р.И. Нигматулин. - М.: Наука, 1978. - 336 с.

6.Кильчевский, Н.А. Курс теоретической механики Т.1 [Текст] / Н.А. Кильчевский. - М.: Наука, 1972. - 530 с.

7.Славкова, Л. Г. Математическое моделирование процесса распада струи жидкости в пневматическом распылителе [Текст] / Л.Г. Славкова // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ, Вип.119 - Харків: ХНТУСГ, 2011. - С. 108-125.

8.Славкова, Л.Г. Теоретичні дослідження режимних параметрів потоку рідини в розпилювачі з дросельною мембраною [Текст] / Л.Г. Славкова // Вісник ТДАУ, Вип. 1, Том 3.Мелітополь: Електронне видання, 2011. - С. 102-109.

Аннотация

Теоретическое определение параметров факела распыла пневматической форсункой

Славкова Л.Г., Науменко О.А.

Рассматривая векторное уравнение динамики капли жидкости в воздухе и принимая во внимание выражение скорости центра масс капли, получена система обычных дифференциальных уравнений в результате решения которой определены параметры факелу распыла капли пневматической форсункой

Abstract

Theoretical determination of parameters of torch of by a pneumatic sprayer

L. Slavkova, O.Naumenko

Examining vector equation of dynamics of drop of liquid in mid air and having regard to expression speed of centre-of-mass drop, the system of ordinary differential equalizations is got as a result of decision of which parameters are certain to the torch of drop by a pneumatic sprayer