Аннотация

МОДЕЛЬ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ИЗНОСА РАБОЧЕГО ОРГАНА КАК СЛУЧАЙНЫЙ ПРОЦЕСС ТА ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТСЧЕТОВ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Борак К.В.

Получено решение стохастического дифференциального уравнения, как модели случайного процесса изнашивания рабочих органов дисковых почвообрабатывающих орудий и разработана программная поддержка для возможности его решения с помощью ЭОМ.

Abstract

MODEL OF RELATIVE WEAR OF WORKINGS ORGANS AS CASUAL PROCESS AND SOFTWARE SUPPORT IS FOR DETERMINATION OF COUNTING OUT OF HIS REALIZATION

K. Borak

The decision of stochastic differential equalization is got, as models of casual process of wear of workings organs of disk soil-cultivating instruments and software support is developed for possibility of his decision by computer.

УДК 621.923

МАТЕМЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗВОРОТНОЇ ТЕЧІЇ КОРМОВОЇ СУМІШІ В ГІДРОДИНАМІЧНОМУ ПОДРІБНЮВАЧІ

Мерінець Н.А., аспірант
(Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка)

В результаті математичного моделювання зворотної течії кормової суміші в гідродинамічному подрібнювачі визначена потужність необхідна для приводу шнеку в залежності від проміжку між шнеком і кожухом подрібнювача.

Постановка проблеми та її актуальність. Для інтенсивного і рентабельного ведення свинарства згідно з рекомендаціями учених для годівлі тварин необхідно готувати рідкі кормові суміші вологістю 50…75%, що забезпечить зростання приростів на 10 – 12% і зменшить витрати корму у порівнянні із сухим годуванням [1]. Тому удосконалення засобів механізації приготування рідких кормів, які будуть відрізнятися простотою конструкції, низькими енергоємністю і металоємністю є актуальною і перспективною науковою задачею для розвитку тваринницької галузі України.

Для реалізації гідродинамічної технології подрібнення зернових кормів кафедрою технічних систем і технологій тваринництва Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка запропонована нова технологія і конструкція подрібнювального пристрою [2-4].

Викладення основного змісту. Відповідно раніше приведеного [5] математичного моделювання процесу взаємодію шнека і зернової суміші при «мокрому» подрібненні, досліджуємо область зворотної течії ($Q_o > 0$), яка за певних умов може виникати в області між шнеком Σ_{s1} і кожухом дробарки Σ_k (рис.1).

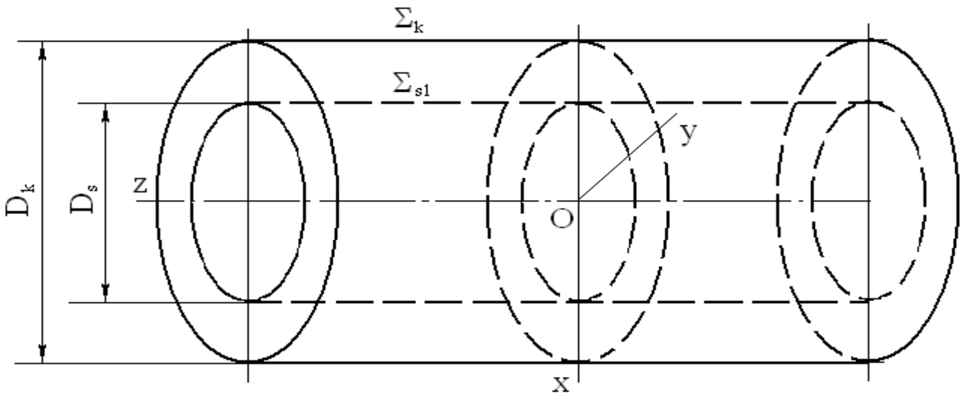

Рис.1. Зворотна течія зернової суміші (зерно + вода)

Вище умовилися вважати, що суміш яка не стискається являється ньютонівською рідиною з динамічною в'язкістю $\mu(\nu = \mu / \rho)$. Динаміка цієї рідини описується рівняннями Навьє-Стокса [6]

$$div\,\vec{\mathrm{v}} = 0 \tag{1}$$

$$\rho\left(\frac{\partial\vec{\mathrm{v}}}{\partial t} + \left(\vec{\mathrm{v}}\cdot\nabla\right)\vec{\mathrm{v}}\right) = -\nabla p + \mu\Delta\,\vec{\mathrm{v}} + \rho\,\vec{\mathrm{g}}. \tag{2}$$

де $\vec{\mathrm{v}} = \vec{\mathrm{v}}(\mathrm{t},\mathrm{x},\mathrm{y},\mathrm{z}) = \mathrm{v}_x\,\vec{e}_x + \mathrm{v}_y\,\vec{e}_y + \mathrm{v}_z\,\vec{e}_z$ - поле швидкостей рухомого середовища;

$\rho = \rho(t,x,y,z)$ – щільність середовища;

$p = p(t,x,y,z)$ – тиск;

$\vec{g} = \vec{g}(t,x,y,z)$ – щільність зовнішніх масових сил;

$\nabla = \vec{e}_x\,\dfrac{\partial}{\partial x} + \vec{e}_y\,\dfrac{\partial}{\partial y} + \vec{e}_z\,\dfrac{\partial}{\partial z}$ – оператор градієнт (у декартовій системі координат);

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа.

Перше рівняння виражає собою умову середовища, яке не стискається, а друге – закон руху (рівняння зміни імпульсів). Приведена система рівнянь є нелінійною системою диференціальних рівнянь в частних похідних щодо невідомих функцій $p, \mathrm{v}_x, \mathrm{v}_y, \mathrm{v}_z$, залежних від часу і просторових координат, відноситься до складних завдань математичної фізики [7]. Область, в якій розшукуються невідомі, має межу, наприклад, у вигляді твердих стінок. Для однозначного визначення вирішення таких завдань потрібне завдання граничних умов. На твердій стінці для в'язкої рідини задається умова прилипання, яка з погляду механіки означає збіг швидкостей частинок рідини на межі із швидкістю точок цієї межі.

Застосуємо співвідношення (1), (2) для знаходження стаціонарного руху рідини в області між коаксіальними циліндрами кожуха дробарки і шнека Σ_{1s}. Введемо циліндрову систему координат (r, φ, z) з віссю Oz, яка лежить на осі циліндрів. Вважатимемо, що $(D_s - d_s)/l_s << 1$. Тоді можна вважати, що циліндри є нескінченно довгими, а рух рідини направлений уздовж осі циліндрів і незалежним від полярного кута φ: $p = p(r, z)$, $\vec{\mathrm{v}} = \left(0, 0, \mathrm{v}_z(r, z)\right)$. Крім того нехтуватимемо дією сили тяжіння. В цьому випадку система співвідношень (1), (2) записується у вигляді [8]

$$\frac{\partial \mathrm{v}_z}{\partial z} = 0 \tag{3}$$

$$0 = -\frac{\partial p}{\partial r} \tag{4}$$

$$0 = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial \mathrm{v}_z}{\partial r}\right) + \frac{\partial^2 \mathrm{v}_z}{\partial z^2}\right] \tag{5}$$

З рівняння (3) витікає, що швидкість v_z не залежить від змінної z, з (41) – тиск p не залежить від змінної r. Отже, в рівнянні (5) в правій частині перший доданок може залежати тільки від змінної z, а другий доданок – тільки від змінної r, що можливо тільки у випадку, якщо обидва доданки є константами. Не хай тиск на початку каналу шнека дорівнює атмосферному p_a, а в кінці співпадає з тиском P в області нерухомого ножа. Константу для рівняння (5) виберемо у вигляді $\left(P - p_a\right)/l_s$ і прирівняємо

$$-\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{P - p_a}{l_s} \tag{6}$$

Тоді маємо

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial \mathrm{v}_z}{\partial r} \right) = -\frac{P - p_a}{\mu\, l_s} \tag{7}$$

Враховуючи те, що p залежить тільки від змінної z, а V_z - від змінної r, можемо розглядати співвідношення (6), (7) як звичайні диференціальні рівняння щодо відповідних невідомих. Вирішення рівняння (6) з урахуванням умови $p(0) = p_a$ має вигляд

$$p = p_a + z\frac{P - p_a}{l_s} \tag{8}$$

Вирішення ж рівняння (7), якщо ввести позначення

$$C = \left(P - p_a\right) / \mu\, l_s \tag{9}$$

записується у формі

$$\mathrm{v}_z(\mathrm{r}) = A + B\ \ln r - \frac{C}{4}r^2 \tag{10}$$

що містить дві невідомі константи $A,\ B$. Ці константи знаходяться з граничних умов на стінках кожуха дробарки Σ_k і шнека Σ_{1s}. Умови прилипання до стінок $\mathrm{v}_z(\mathrm{D}_s / 2) = 0$, $\mathrm{v}_z(\mathrm{d}_s / 2) = V_s$ дають два рівняння алгебри відносно A і B

$$\begin{cases} A + \ln\left(D_s / 2\right) B = \dfrac{C}{16}D_s^2 - V_s \\ A + \ln\left(D_k / 2\right) B = \dfrac{C}{16}D_s^2 \end{cases} \tag{11}$$

рішення яких має вигляд

$$\begin{aligned} A &= C\frac{D_k^2 \ln\left(2 / D_s\right) + D_s^2 \ln\left(D_k / 2\right)}{16\ \ln\left(D_k / D_s\right)} + V_s\frac{\ln\left(2 / D_k\right)}{\ln\left(D_k / D_s\right)} \\ B &= C\frac{D_k^2 - D_s^2}{16\ \ln\left(D_k / D_s\right)} + \frac{V_s}{\ln\left(D_k / D_s\right)} \end{aligned} \tag{12}$$

Підставляємо знайдені величини A і B в співвідношення (10), отримуємо розподіл швидкостей рідини по поперечному перетину зазору.

Витрата рідини Q_0 через зазор визначається інтегралом [6]

$$Q_0 = 2\pi \int_{D_s/2}^{D_k/2} r\mathrm{v}_z(r)dr =$$
$$= \pi \left\{ \frac{D_k^2 - D_s^2}{128} \left[D_k^2 + D_s^2 - \frac{D_k^2 - D_s^2}{\ln\left(D_k / D_s\right)} \right] C + \frac{1}{8} \left[2D_s^2 - \frac{D_k^2 - D_s^2}{\ln\left(D_k / D_s\right)} \right] V_s \right\} \tag{13}$$

Умовою, що визначає наявність зворотної течії, є нерівність $Q_0 \geq 0$, яку можна записати в розгорненому вигляді таким чином

$$\frac{D_k^2 - D_s^2}{128} \left[D_k^2 + D_s^2 - \frac{D_k^2 - D_s^2}{\ln\left(D_k / D_s\right)} \right] \frac{P - p_a}{\mu l_s} +$$
$$+ \frac{1}{8} \left[2D_s^2 - \frac{D_k^2 - D_s^2}{\ln\left(D_k / D_s\right)} \right] t_s n_s \geq 0 \tag{14}$$

Потужність W_z диссипируємої енергії в області зазору визначається в'язкою дисипацією [6, 8]

$$W_z = \iiint\limits_{V_z} 2\mu V_{ik} V_{ik} dV \tag{15}$$

де V_{ik} $(i, k = 1, 2, 3)$ компоненти тензора швидкостей деформацій;

$\hat{V}$ - (по індексах, що повторюються, тут підсумовування від 1 до 3!).

У разі декартової системи координат (x_1, x_1, x_1), коли поле швидкостей середовища визначається вектором $\vec{\mathrm{v}} = (\mathrm{v}_1, \mathrm{v}_2, \mathrm{v}_3)$, величини V_{ik} визначаються рівністю

$$V_{ik} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \mathrm{v}_k}{\partial x_i} + \frac{\partial \mathrm{v}_i}{\partial x_k} \right). \tag{16}$$

У криволінійній системі координат тензор швидкостей деформацій має вигляд відмінний від (16). Вкажемо відповідні компоненти для $\hat{V}$ в циліндровій системі координат в застосуванні до даного поля швидкостей $\vec{\mathrm{v}} = \mathrm{v}_z(r)\vec{e}_z$ [8]

$$\hat{V} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & V_{rz} \\ 0 & 0 & 0 \\ V_{rz} & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{2}\frac{\partial \mathrm{v}_z}{\partial r} \\ 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2}\frac{\partial \mathrm{v}_z}{\partial r} & 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{17}$$

Тоді підінтегральний вираз у формулі (15) буде рівний

$$2\mu V_{ik}V_{ik} = \frac{\mu}{2}\left(\frac{\partial \mathrm{v}_z}{\partial r}\right)^2 \tag{18}$$

Або, використовуючи співвідношення (10), останній вираз можна привести до вигляду

$$2\mu V_{ik}V_{ik} = 2\mu\left(\frac{B}{r} - \frac{Cr}{2}\right)^2 \tag{19}$$

і відповідно інтеграл (15) можна представити у вигляді

$$\begin{aligned} W_z &= \iiint\limits_{V_z} 2\mu V_{ik}V_{ik}dV = \int\limits_0^{l_s}\int\limits_0^{2\pi}\int\limits_{D_s/2}^{D_k/2} 2\mu V_{ik}V_{ik}rdrd\varphi dz = \\ &= 2\pi\, l_s \int\limits_{D_s/2}^{D_k/2} 2\mu V_{ik}V_{ik}rdr = 4\pi\mu\, l_s \int\limits_{D_s/2}^{D_k/2}\left(\frac{B}{r} - \frac{Cr}{2}\right)^2 rdr = \\ &= 4\pi\mu\, l_s\left[\frac{D_k^4 - D_s^4}{256}C^2 - \frac{D_k^2 - D_s^2}{8}BC + B^2\ln\left(\frac{D_k}{D_s}\right)\right] \end{aligned} \tag{20}$$

Висновок: В результаті теоретичного моделювання процесу зворотної течії суміші (корм + вода) через область між шнеком Σ_{s1} і кожухом дробарки Σ_k отримано рівняння витрати кормової суміші Q_0 і потужності W_z диссипируємої енергії в області цього зазору.

Список літератури

1. Гильман, З.Ф. Свиноводство. [Текст]/ З.Ф.Гильман. - Мн.: Ураджай, 1989. - 311 с.

2. Подрібнювальний пристрій для приготування рідких кормів [Текст]: пат. 73370 Україна, МПК В02С 7/02, А01F 29/00. / Дзюба Н.А., Дзюба А.І., Троянов М.М., Нанка О.В., Бойко І.Г., заявники і патентовласники - №2003032165; заявл.12.03.03; опубл. 15.07.05, Бюл. № 7 – 3 с.

3. Меринець, Н.А. Сучасні технології приготування гомогенної кормової суміші [Текст]/ Мерінець Н.А., Дзюба А.І., Троянов М.М., Нанка О.В., Фісяченко О.І., Семенцов В.І. // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій тваринництва: Вісник ХНТУСГ ім. П.М. Василенка. - Харків: ХНТУСГ, 2010. - Вип.. 95. - С. 199-204.

4. Подрібнювальний пристрій для приготування рідких кормів [Текст]: пат. 93769 Україна, МПК A01F 29/00, B02C 18/30, B02C 7/02/ Дзюба Н.А., Дзюба А.І., Троянов М.М., Нанка О.В., Семенцов В.І.; Дзюба О.А. заявники і патентовласники - №200908083; заявл.31.07.09; опубл. 10.03.11, Бюл. № 5, - 3 с

5. Меринець, Н.А. Математичне моделювання процесу взаємодії шнека з зерном в агрегаті «мокрого» подрібнення [Текст]/Мерінець Н.А.// Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ ім. П.М. Василенка. - Харків: ХНТУСГ, 2011. - Вип. 119. - С. 96-108.

6. Лоцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа [Текст]/ Л. Г.Лоцянский. - М.: Наука.-1978.- 727 с.

7. Кошляков, Н.С. Уравнения в частных производных математической физики [Текст]/ Н.С Кошляков, Э.Б.Глинер, М.М. Смирнов. - М.: Изд-во “Высшая школа“, 1970.- 712 с.

8. Седов, Л.И. Механика сплошных сред [Текст]/ Л.И.Седов. Т.1. - М.: Наука.- 1976.- 536 с.

Аннотация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАТНОГО ТЕЧЕНИЯ КОРМОВОЙ СМЕСИ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМУ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

Меринец Н.А.

В результате математического моделирования обратного течения кормовой смеси в гидродинамическому измельчителе определена мощность необходимая для привода шнека в зависимости от расстояния между шнеком и кожухом измельчителя.

Abstract

MATHEMATICAL DESIGNS OF COUNTERCURRENT OF FEED MIXTURE IN TO HYDRODYNAMIC GRINDING DOWN

N. Merinec

As a result of mathematical design of countercurrent of feed mixture in to hydrodynamic grinding down power is certain necessary for the drive of shneka depending on distance between shnekom and casing of grinding down.