

Abstract

THEORIES OF GRINDING DOWN AND THEIR POWER ESTIMATIONS

A.Nanka, I.Boyko

The analysis of the most widespread hypotheses of grinding down of solids is executed which it is set as a result of, that in most cases the process of grinding down depends on many factors of casual character and hardness added an analytical design. The terms of improvement of processes of grinding down and constructions of grindings down, introduction of which will allow considerably to reduce power charges on the process of grinding down, are certain.

УДК 631.363.9

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ З ЖИРОРОЗЧИННИМИ ВІТАМІНАМИ

Славкова Л.Г., аспірант

(Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка)

Розглядаючи динаміку двохфазного розрідженого шару концентрованих кормів, на який діє направлений потік дрібнодисперсних краплин жиророзчинних вітамінів побудовані траєкторії їх руху і визначено якість їх розподілення в залежності від технологічних параметрів змішувача.

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 математичне моделювання процесу змішування концентрованих кормів з жиророзчинними вітамінами та

визначення «коефіцієнта корисної дії» змішувача, що визначається відношенням кількості жиророзчинних вітамінів, які розподіляються в шарі концентрованих кормів до їх кількості які подаються форсункою, в процентах.

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.

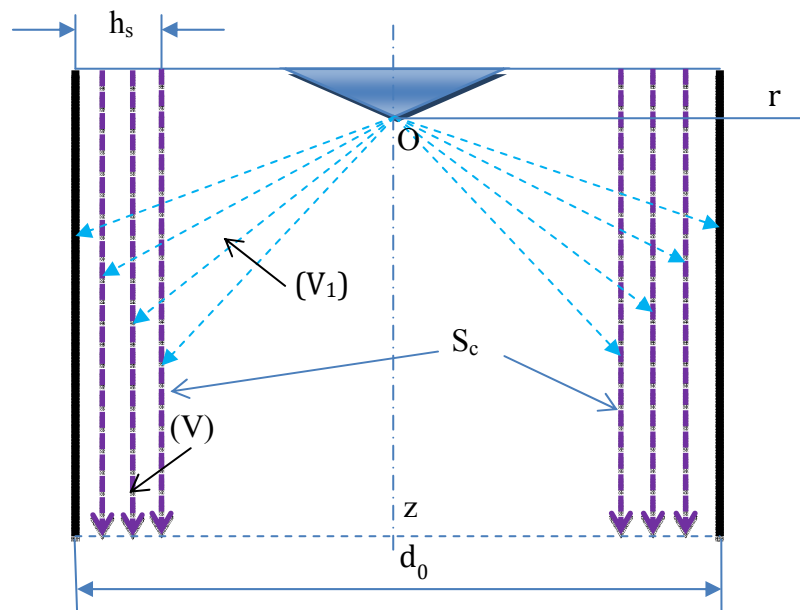


Рис. 1. Принципова схема пристрою для змішування концентрованих кормів з жиророзчинними вітамінами

З ціллю моделювання процесу змішування концентрованих кормів з жиророзчинними вітамінами виникає необхідність в математичному описанні динаміки шару концентрованих кормів і динаміки двофазного шару, якій складається із концентрованих кормів, що взаємодіє з краплинним потоком жиророзчинних вітамінів.

Динаміка шару концентрованих кормів. Концентровані корми поступають зверху по периметру циліндра і рухається уздовж утворюючих цього циліндра вниз у вигляді шару постійної товщини h_s (рис.1). При цьому на вході в циліндр концентровані корми проходить через решето. Це приводить до того, що шар концентрованих кормів не буде щільним і при подальшому русі шар можна розглядати як суцільне середовище частинок, що не взаємодіють між собою. При цьому на частинки концентрованих кормів діють сили тяжіння $\vec{G} = m\vec{g} = \bar{g}\rho_s\pi d_s^3 / 6$ і сили Стоксу $\vec{f} = -3\pi\mu_g d_s \vec{V}$ опору в'язкого газу ($m = \rho_s\pi d_s^3 / 6$ - маса; ρ - щільність; d_s - діаметр частинок [5]. На початку руху

має місце нерівність нулю головного вектора цих сил і частинка рухається з прискоренням згідно другого закону Ньютона

$$m = \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{G} + \vec{f}_C. \quad (1)$$

Рух частинок відбувається у вертикальному напрямі, з яким сумісно напрям осі Oz . Тоді проекція векторного рівняння (1) на цю вісь може бути записана у вигляді

$$\frac{dV}{dt} = \frac{V}{\tau_s} = g, \quad (2)$$

де параметр τ_s грає роль часу релаксації руху частинки в повітрі

$$\tau_s = \frac{\rho_s^0 d_s^2}{18\mu_g},$$

де μ_g - в'язкість повітря; ρ_s^0 - дійсна щільність частинки концентрованого корму.

Побудуємо залежності швидкості падіння частинок концентрованих кормів від змінної координати z для різних значень його витрат Q_s і наступних параметрів $d_s = 0,003$ м; $\rho_s = 600$ кг/м³; $\mu_g = 10^{-4}$ м⁻¹ с⁻¹.

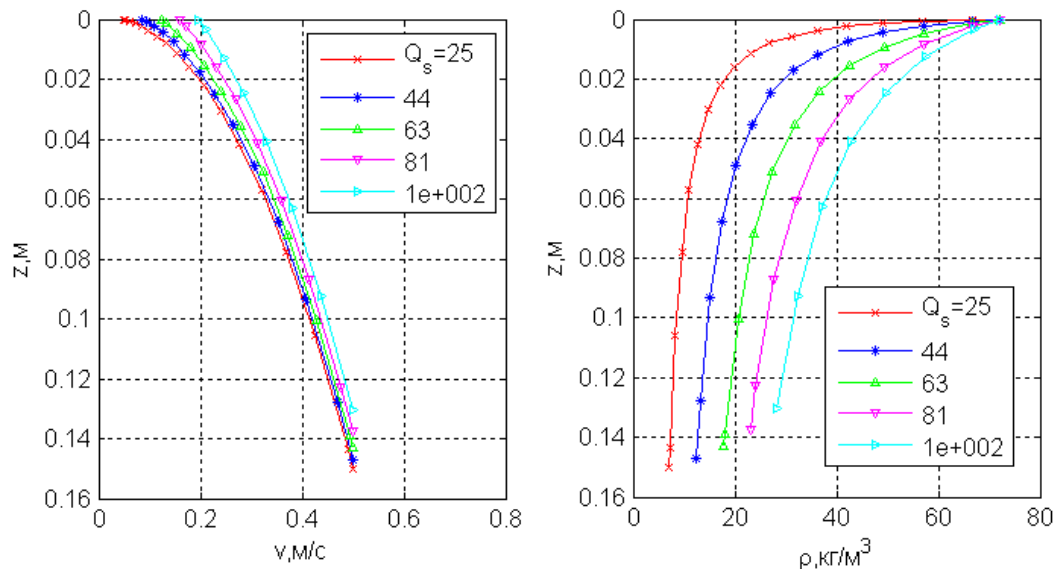


Рис. 2. Залежності: а - швидкості падіння частинок; б - щільності концентрованих кормів від змінної координати z

Із рисунку слідує, що швидкість руху частинок концентрованого корму при падінні з часом наближається до деякої граничної швидкості «вітання» V_*

$$V_* = \tau_s g,$$

що визначається із умови рівності нулю правої частини рівняння (1) і

зменшення щільності шару концентрованих кормів. Розрахунки показують, що в нашому випадку досягнення швидкості «вітанія» відбувається на достатньо великій відстані від місця входження частинок концентрованих кормів в пристрій ($z = 0$). Тому в границях вертикального розміру пристрою має місце неустановленого руху частинок, відповідно його руху під дією сили тяжіння ($\tau_s = \infty$)

$$\frac{dV}{dt} = g. \quad (3)$$

Для того щоб отримати залежність швидкості від змінної z в цьому випадку скористаємося формулою диференціювання складної функції

$$\frac{dV[z(t)]}{dt} = \frac{dV}{dz} \frac{dz}{dt} = \frac{dV}{dz} V$$

перемножив ліву і праву частини рівняння (3) на V і перетворимо його до вигляду

$$\frac{d}{dz} = \left(\frac{V^2}{2} - gz \right) = 0.$$

Останнє рівняння легко інтегрується і дає наступне співвідношення

$$V(z) = \sqrt{V^2(0) + 2gz} \quad (4)$$

Динаміка двохфазного шару, який зрошується крапельним потоком. Маса частинки концентрованого корму значно більша маси краплини жиророзчинних вітамінів, яка проникає в шар концентрованого корму. Тому можна знехтувати впливом руху краплинного потоку в середині шару на рух концентрованого корму. В цьому випадку поле швидкостей потоку концентрованих кормів буде описуватися рівнянням (4), а щільність його буде визначатися із закону зберігання маси [6]

$$\rho(z)V(z) = \rho(0)V(0). \quad (5)$$

Введемо поняття об'ємної щільності потоку концентрованих кормів ε - об'єм концентрованих кормів в одиниці об'єму середовища в цілому, для якої справедлива рівність

$$\rho = \varepsilon \rho_s^0. \quad (6)$$

Права частина рівняння (6) визначається через витрати концентрованих кормів Q_s (кг/год.) через решето, яке встановлене в верхній частині змішувача (рис. 3) згідно формули

$$Q_s = 3600 \rho_s^0 n_r \pi d_r^2 V(0) / 4, \quad (7)$$

де n_r - число отворів в решеті з діаметром d_r .

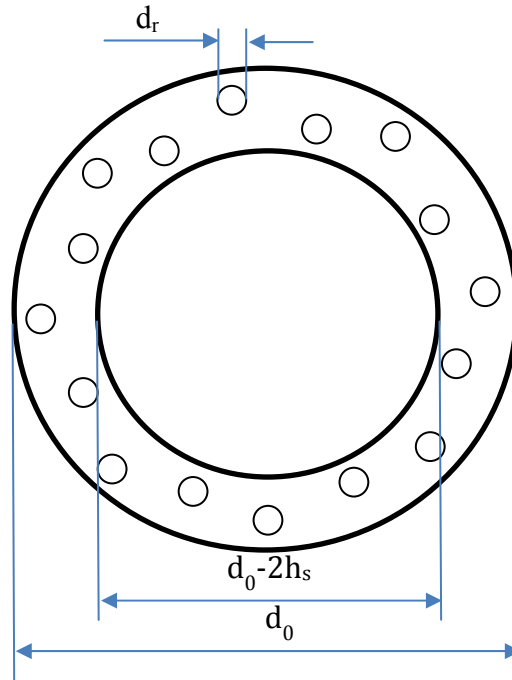


Рис. 3. Решето для розрідження концентрованих кормів з другої сторони

$$Q_s = 3600 \rho_s(0) V(0) \pi d_0^2 / 4.$$

Зрівнюючи два останніх вирази отримаємо рівність

$$\rho_s(0) = \rho_s^0 n_r (d_r / d_0)^2, \quad (8)$$

або в термінах ε

$$\varepsilon(0) = n_r (d_r / d_0)^2. \quad (9)$$

Остання рівність дозволяє показати обмеження для граничного значення ε

$$\varepsilon(0) \equiv n_r (d_r / d_0)^2 \leq \varepsilon_\rho, \quad (10)$$

де ε_ρ - об'ємна щільність концентрованих кормів при щільному пакуванні.

Розглянемо динаміку краплин після їх проникнення в шар через поверхню S_c (рис. 4). Згідно прийнятому раніше припущенню, рух концентрованих кормів має осьову симетрію, тому достатньо в подальшому розглядати динаміку цього середовища в півплощині $r\theta z$. Границі області S_0 проникнення краплин в шар і швидкість краплин при досягненні S_0 визначені нами раніше при вирішенні задачі про рух краплинного потоку від форсунки. Позначимо координати точок падіння краплин на поверхню S_0 через $r_k = d_0 / 2 - h, z_k$ і швидкість краплин як V_{rk}^0, V_{zk}^0 .

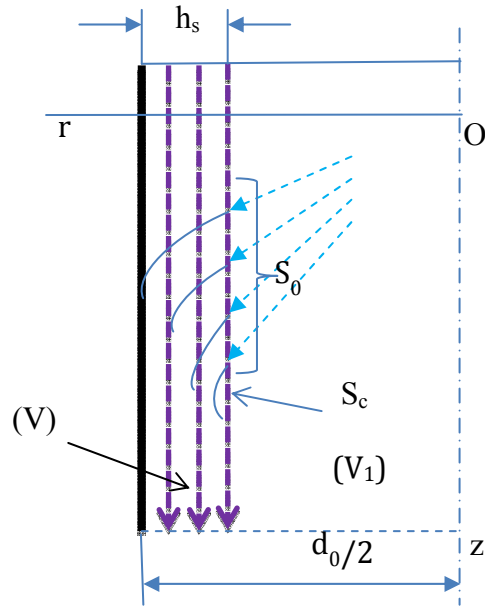


Рис. 4. Динаміка краплин після їх проникнення в шар через поверхню S_c

На краплину жиророзчинного вітаміну, що рухається діють сили тяжінні \vec{G}_d і в'язкого опору \vec{f}_{dC} аналогічно співвідношенню (1), де

$$\begin{aligned}\vec{G}_d &= m_d \vec{g} = \vec{g} \rho_d \pi d_d^3 / 6, \\ \vec{f}_{dC} &= -3\pi \mu_s d_d (\vec{V}_d - \vec{V}_s),\end{aligned}$$

ρ_d, d_d, \vec{V}_d - щільність, діаметр, швидкість краплин;

μ_s, \vec{V}_s в'язкість і швидкість шару концентрованого корму.

Тоді рівняння руху краплини в шарі корму набуває вид аналогічний (8)

$$\frac{d\vec{V}_d}{dt} = \vec{g} - \frac{\vec{V}_d - \vec{V}_s}{\tau_d}, \quad (11)$$

де

$$\tau_d = \frac{\rho_d d_d^2}{18\mu_s},$$

$\vec{V}_s = \vec{e}_z V(z)$, а $V(z)$ визначається формулою (4).

В цьому випадку має місце також швидкість «вітанія» V_{dp} , яка дорівнює

$$V_{dp} = \tau_d \vec{g} + \vec{V}_s. \quad (12)$$

Приймаючи до уваги, що напрямки векторів \vec{g}, \vec{V}_s збігаються, тому векторну рівність (12) можна записати в скалярному вигляді

$$V_{dp} = \tau_d \vec{g} + V_s. \quad (13)$$

В проекціях на осі координат Or, Oz векторне рівняння руху (13) може бути зведене до системи звичайних диференціальних рівнянь відносно

невідомих координат центру мас краплини R, Z і проєкцій швидкості центру краплини V_r, V_z

$$\begin{cases} \frac{dR}{dt} = V_r \\ \frac{dZ}{dt} = V_z \\ \frac{dV_r}{dt} = \frac{V_r}{\tau_d} \\ \frac{dV_z}{dt} = g - \frac{V_z - V_s}{\tau_d} \end{cases}, \quad (14)$$

при початкових даних

$$R(0) = r_k \equiv d_0 / 2 - h_s$$

$$Z(0) = z_k$$

$$V_r(0) = V_{rk}^0$$

$$V_z(0) = V_{zk}^0$$

Числові розрахунки, пов'язані з вирішенням систем звичайних диференціальних рівнянь і побудови графічних залежностей розподілення жиророзчинних вітамінів в шарі концентрованих кормів виконувалися з залученням пакета прикладної програми MATLAB. Окрім того визначався «коефіцієнта корисної дії» змішувача (рівномірність змішування), який дорівнює відношенню кількості жиророзчинних вітамінів, які розподіляються в шарі концентрованих кормів до їх кількості які подаються форсункою, в процентах.

На рис.5 зображені траєкторії руху краплин жиророзчинних вітамінів до розрідженого шару концентрованих кормів і всередині нього при заданих значеннях масових витрат газу, жиророзчинних вітамінів і концентрованих кормів.

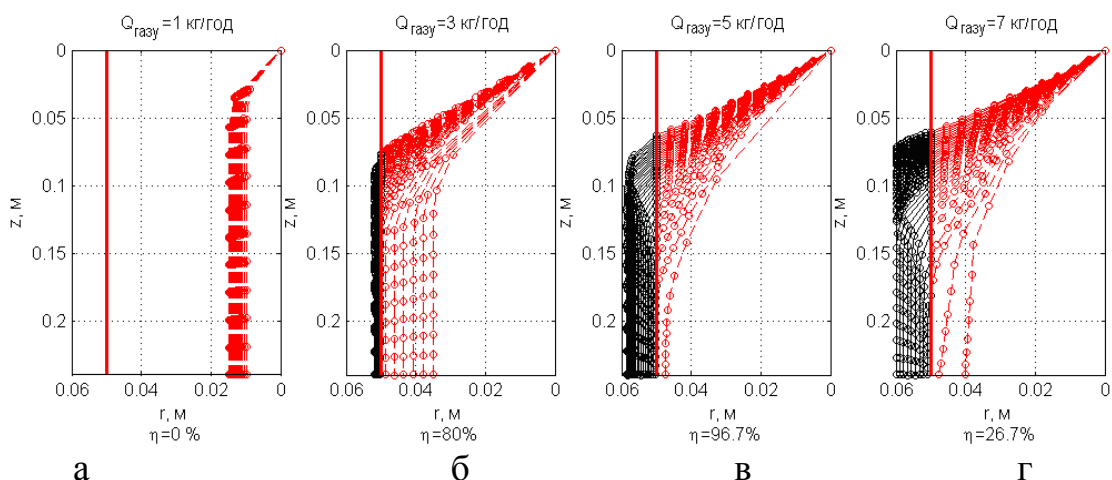


Рис. 5. Траєкторії руху краплин жиророзчинних вітамінів в розрідженому шарі концентрованих кормів при $Q_{жсв} = 1$ кг/год., $Q_{кк} = 1000$ кг/год.: а - $Q_2 = 1$ кг/год.; б - $Q_2 = 3$ кг/год.; в - $Q_2 = 5$ кг/год.; г - $Q_2 = 7$ кг/год.

Із представленого рисунку слідує, що з збільшенням витрату газу через форсунку змінюється картина розподілення краплин жиророзчинних вітамінів по розрідженому шару концентрованих кормів: при малих витратах газу краплини не досягають поверхні шару; при збільшенні витрат газу можливо досягнути такого стану, коли краплини рівномірно розподіляться в шарі концентрованих кормів.

Окрім того для оперативного визначення параметрів витрат газу і витрат жиророзчинних вітамінів, які забезпечать сприятливі умови їх змішування, побудовані лінії рівня функції рівномірності змішування $\eta(Q_{газу}, Q_{рід.})$ (рис.6).

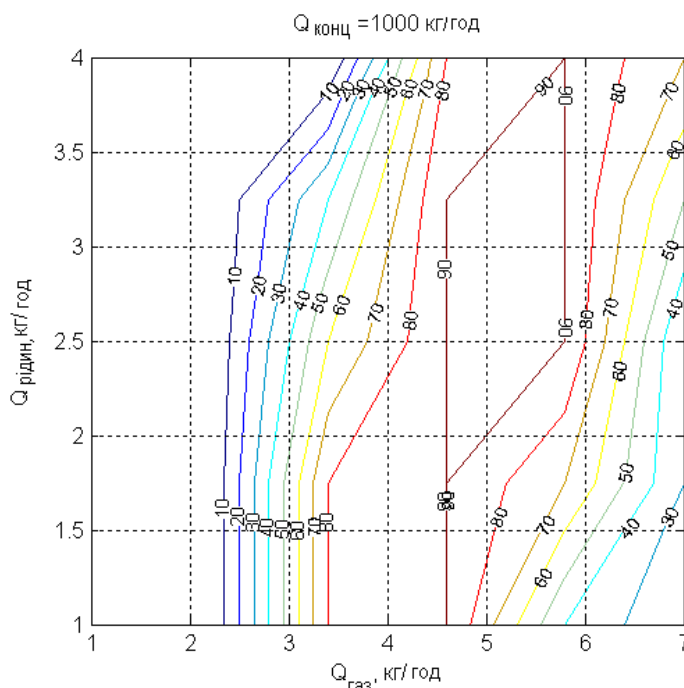


Рис. 6. Лінії рівня функції рівномірності змішування $\eta(Q_{газу}, Q_{рід.})$

Із приведенного рисунку слідує, що найбільш прийнятні значення параметрів $Q_{газу}, Q_{рід.}$ знаходяться в області $4,5 \leq Q_{газу} \leq 5,5$, $1,5 \leq Q_{рід.} \leq 4$.

Висновки. В результаті математичного моделювання процесу змішування концентрованих кормів з жиророзчинними вітамінами побудовані траєкторії руху краплин жиророзчинних вітамінів в розрідженому шарі концентрованих кормів і лінії рівня функції рівномірності змішування $\eta(Q_{газу}, Q_{рід.})$ для визначення раціональних технологічних параметрів змішувача.

Список використаних джерел

- 1.Славкова, Л.Г. Інтенсифікація процесу збагачення комбикормів 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

A01M 11/00, B05B 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. - №u2011013146; 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.Соу, С. Гидродинамика многофазных систем [Текст] / С.Соу // М.: Мир, 1971. - 536 с.

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

Аннотация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ С ЖИРОРАСТВОРИМЫМИ ВИТАМИНАМИ

Славкова Л.Г.

Рассматривая динамику двухфазного разреженного слоя концентрированных кормов, на который действует направленный поток мелкодисперсных капель жирорастворимых витаминов построены траектории их движения и определено качество их распределения в зависимости от технологических параметров смесителя.

Abstract

MATHEMATICAL DESIGN OF PROCESS OF MIXING OF THE CONCENTRATED FORAGES WITH GYRORASTBORYMUMY VITAMINS

L.Slavkova

Examining the dynamics of diphasic разреженного layer of the concentrated forages, on which the directed stream of melcodyspersnyx drops of gyrorastborymumu vitamins operates the trajectories of their motion are built and quality of their distributing is certain depending on the technological parameters of mixer.