

Вараксин С.В., Маркин Д.А., Самуйло В.В. Теоретические аспекты получения гранулированного и пастообразного корма на основе композиций из сои и зерна

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

УДК 664.6/.7

Теоретические аспекты получения гранулированного и пастообразного корма на основе композиций из сои и зерна

Вараксин С.В., Маркин Д.А., Самуйло В.В.

Дальневосточный государственный аграрный университет

Аннотация

В статье рассмотрено приготовление пастовых композиций на основе соевого коагулята и соево-зернового нерастворимого остатка и сушёного гранулята из них. Представлена схема приготовления кормовых продуктов на основе соево-зернового нерастворимого остатка (НСЗО) и коагулята.

Предложенное устройство по приготовлению пастовых композиций показывает, что длина цилиндрической камеры L_k зависит от таких факторов, как касательное напряжение сдвига (скольжения) вязко-пластичного тела τ ; коэффициента трения продукта о стенки камеры - f , радиуса камеры - R и, соответственно, от давления, создаваемого в компрессионной камере - P .

Анализируя рассматриваемые процессы, можно сделать следующие выводы:

- загрузка бункера устройства компонентами должна выполняться в определённом соотношении;*
- формирование монолита в компрессионной камере будет выполняться определённого диаметра и длины, под определённым давлением P .*

Ключевые слова: ПАСТОВАЯ КОМПОЗИЦИЯ, КОРМОВЫЕ ПРОДУКТЫ НА ОСНОВЕ СОЕВО-ЗЕРНОВОГО НЕРАСТВОРИМОГО ОСТАТКА (НСЗО) И КОАГУЛЯТА, РАСЧЁТЫ, РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ПАСТООБРАЗНОЙ СМЕСИ

Приготовление пастовых композиций на основе соевого коагулята и соево-зернового нерастворимого остатка и сушёного гранулята из них характеризуется количественными и качественными показателями готового продукта, а также совокупными затратами на его получение. О качестве готового продукта судят по такому показателю, как прочность гранул Pr , %. Существенное влияние на прочность гранул и

затраты на их получение будут оказывать как управляемые, так и неуправляемые факторы, которые можно подразделить на технологические - ТКФ, определяющие параметры исходного сырья, его влажности, и конструктивно-режимные - КРФ, зависящие от задаваемых оборудованию характеристик.

На рис. 1 представлена структурная схема приготовления гранулята на основе нерастворимого соево-зернового остатка (НСЗО).

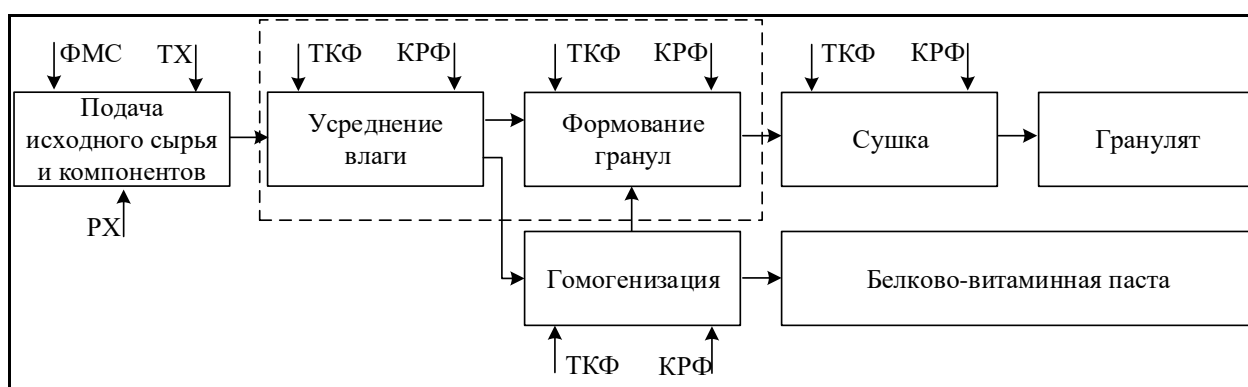


Рис. 1. Схема приготовления кормовых продуктов на основе соево-зернового нерастворимого остатка (НСЗО) и коагулята

Примечание: ТКФ - технологические факторы; КРФ - конструктивно-режимные факторы; ТХ - технологические и РХ - реологические характеристики исходного сырья и компонентов.

Для оценки технологии приготовления кормовых продуктов, представленной на рис. 1, нами принята следующая модель:

$$\left. \begin{aligned} Z_{\Gamma} &= I_{\Gamma} \cdot Q_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma} \rightarrow \min \\ R_{\Pi\Gamma}(t) &= f(\theta_y; P; \text{Пр}_n; \text{Пр}_k) \rightarrow \max \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где Z_{Γ} – совокупные затраты по приготовлению гранулята;

I_{Γ} – удельные эксплуатационные затраты на процесс получения гранулята;

Q_{Γ} – производительность гранулятора;

t_{Γ} – время работы гранулятора;

θ_y – равномерность перераспределения влаги в формуемых влажных гранулах;

P – давление в гомогенизаторе-грануляторе;

Пр_n – прочность влажных гранул (до сушки);

Пр_k – прочность высушенных гранул.

Качество получаемых гранул возможно охарактеризовать функциональной

зависимостью:

$$\text{Pr} = f[\theta_y = f(\tau_y); \theta_y = f(\rho_o)] \rightarrow \max(100\%), \dots \dots \dots (2)$$

где τ_y - продолжительность усреднения содержания влаги в перемешиваемых компонентах (диффузионного процесса).

Параметры процесса усреднения влаги в получаемом кормовом продукте, возможно и целесообразно рассматривать с позиций конвективной диффузии [1], для которой справедлива следующая зависимость [2, 3]:

$$M_B = (D_H + \varepsilon_o) \frac{F \cdot \Delta W \cdot \tau_y}{\Delta}, \dots \dots \dots (3)$$

где M_B - количество перемещаемых частиц воды из частиц НСЗО в частицы смежного компонента с меньшей влажностью;

D_H - коэффициент диффузии;

ε_o - поправочный коэффициент диффузии;

F - площадь контакта перераспределяемых частиц компонентов;

ΔW - разность концентраций воды в частицах компонентов;

τ_y - время контакта частиц компонентов (время усреднения влаги);

Δ - толщина контактируемых слоев компонентов.

Схема, поясняющая обоснование параметров процесса перераспределения влаги в винтовом гомогенизаторе-грануляторе для компонентов с различной влажностью, представлена на рис. 2 [4].

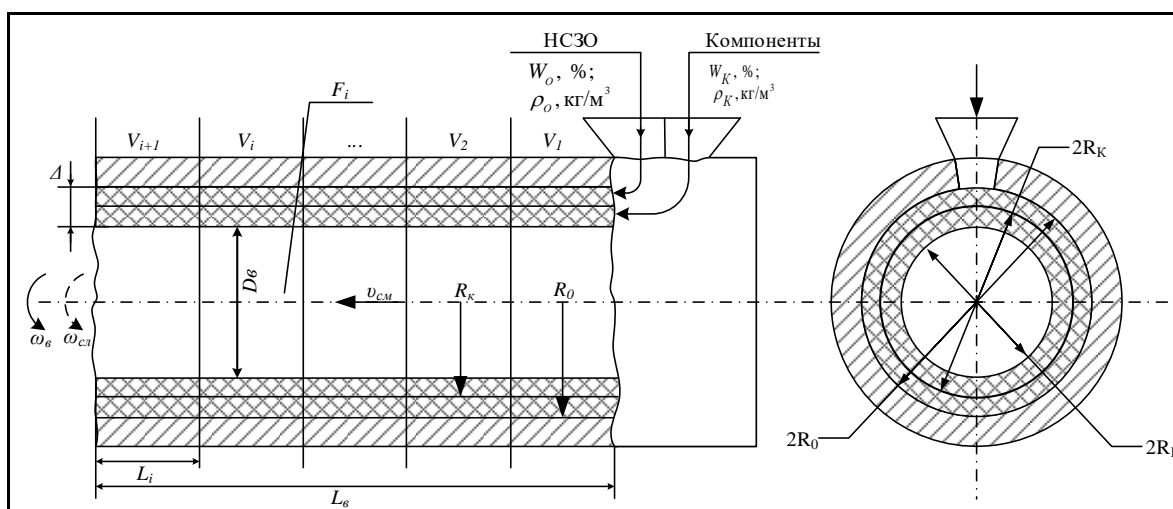


Рис. 2. Схема к обоснованию процесса усреднения влаги при получении композиций в гомогенизаторе-грануляторе

Для компонентов различной степени измельчения, структуры, размеров и свойств, будет справедливо выражение:

$$\lambda = D/d \text{ и } \lambda = l_n/l_k, \quad (4)$$

где D , d , l_n , l_k - начальные и конечные значения размеров частиц по их диаметру и длине, а $d = [dr]$.

Для случая, когда объёмы смежных компонентов рассматриваются по i -поперечным сечениям (где $i \rightarrow \infty$) (рис. 2), для i -го слоя можно записать:

- для продолжительности усреднения влаги в i -м сечении:

$$\tau_i = 2\pi/\omega_{сл_i}, \quad (5)$$

где $\omega_{сл_i}$ – угловая скорость перемещения слоя продукта в i -м слое;

для площади i -го сечения

$$F_i = \pi D_k \cdot L_b / n_i \quad (6)$$

где D_k - внутренний диаметр продуктового кольца по его границе;

L_b - длина винта;

n – количество сечений.

$$\Delta_i = D_o - D_b, \quad (7)$$

где D_o - внутренний диаметр корпуса гомогенизатора.

С учётом данных выражений равенство (3) примет вид:

$$M_{B_i} = (D_n + \varepsilon_0) \frac{2\pi^2 D_k L_b (W_o - W_k) \tau_y}{n(D_o - D_b) \omega_{сл_i}}, \quad (8)$$

где $W_o - W_k$ – разность значений влажности в компонентах, составляющих композицию (НСЗО + соломенная мука).

При количестве элементарных слоёв, равном $n = (L_b \cdot \lambda)/d = (L_b \cdot \lambda)/l_k$ с учётом равенства (4) для уравнения (8) окончательно имеем, что:

$$M_B = \sum_{i=1}^n (D_n + \varepsilon_0) \frac{2\pi^2 D_k \cdot n \cdot d^2 (W_o - W_k) \tau_i}{L_b \cdot \lambda^2 (D_o - D_k) \omega_{сл_i}} \quad (9)$$

В результате усреднения влажности исходных компонентов в разработанном устройстве на выходе влажность пасты или гранул составит:

$$W_H^\Gamma = \frac{W_o \cdot M_o + W_k \cdot M_k}{M_o + M_k}, \quad (10)$$

где W_o , W_k – влажность исходных компонентов;

M_o , M_k - массы исходных компонентов.

Количество воды в составе полученной композиции по i -м сечениям на выходе составит:

$$M_{Bi} = \frac{M_B - W_o(M_{oi} + M_{ki})}{W_o - W_k}, \quad (11)$$

где M_B - масса воды в составе исходной композиции;

M_{oi} - масса НСЗО в i -м сечении;

M_{ki} - масса соломенного компонента в i -м сечении.

Среднее значение массы воды в составе продукта равно:

$$M_{cp} = \sum_{i=1}^n M_{Bi} / 2 \quad (12)$$

С учётом расчётов (9) и (11) выражение для определения допустимого значения дисперсии колебаний массы воды $[Dy]$ по длине усреднителя-гомогенизатора-гранулятора, схема которого представлена на рис. 3, запишется в виде:

$$[Dy] = \sum_{i=1}^n \left[\frac{2\pi^2(D_n + \varepsilon_o) \cdot D_k \cdot n \cdot d^2 (M_o - M_k) \cdot \tau_i}{L_B \cdot \lambda^2 (D_o - D_B) \omega_{cli}} - M_{cp} \right], \quad (13)$$

Для оценки процесса усреднения влаги с помощью устройств данного типа введём коэффициент вариации θ_y :

$$\theta_y = \frac{[\sqrt{Dy}]}{M_{cp}}, \quad (14)$$

С другой стороны, справедливо равенство:

$$\theta_y = 1 - e^{k\tau_y},$$

где k - коэффициент, характеризующий свойства исходных компонентов.

Выражения (13) и (14) можно уравнивать:

$$1 - e^{k\tau_y} = [D_y^{0,5}] / M_{cp}, \quad (15)$$

или

$$e^{k\tau_y} = 1 - [D_y^{0,5}] / M_{cp}, \quad (16)$$

Тогда продолжительность усреднения влаги в композициях составит

$$\tau_y \geq \frac{1}{k} \ln \left\{ \frac{1}{1 - ([D_y^{0,5}] / M_{cp})} \right\}$$

или

$$\tau_y \geq k^{-1} \ln \left\{ \left[1 - ([D_y^{0,5}] / M_{cp}) \right]^{-1} \right\} \quad (17)$$

Но продолжительность усреднения влаги в соево-зерновой композиции будет напрямую зависеть от конструктивно-режимных параметров усреднителя-гомогенизатора:

$$\tau_y = L\delta / v_{cp} \geq [\tau_y], \quad (18)$$

где v_{cp} – средняя скорость перемещения обрабатываемого продукта в устройстве;
 $[\tau_y]$ – допускаемое время усреднения.

По зоотехническим требованиям продолжительность диффузионного процесса усреднения влаги определим из выражения:

$$[\tau_y] = \ln[W_0/(W_0 - W_k)]/\alpha, \quad (19)$$

где W_0, W_k - массовая доля влаги в начальный и конечный моменты времени;

α – эмпирический коэффициент для конкретных условий усреднения влаги в композициях.

Среднюю скорость движения продукта в зоне усреднения можно определить из выражения:

$$v_{cp} = L_B \cdot / \ln[W_0/(W_0 - W_k)]/\alpha, \quad (20)$$

а производительность усредняющего устройства:

$$[Q_{11} + Q_9] = [Q_{12} + Q_8] = F \cdot \rho \cdot v_{cp} = \frac{F \cdot \rho \cdot L_B \cdot \alpha}{\ln[W_0/(W_0 - W_k)]} \quad (21)$$

Для разработанной схемы приготовления белково-витаминного кормового продукта основной машиной является гомогенизатор-гранулятор, схема которого представлена на рис. 3.

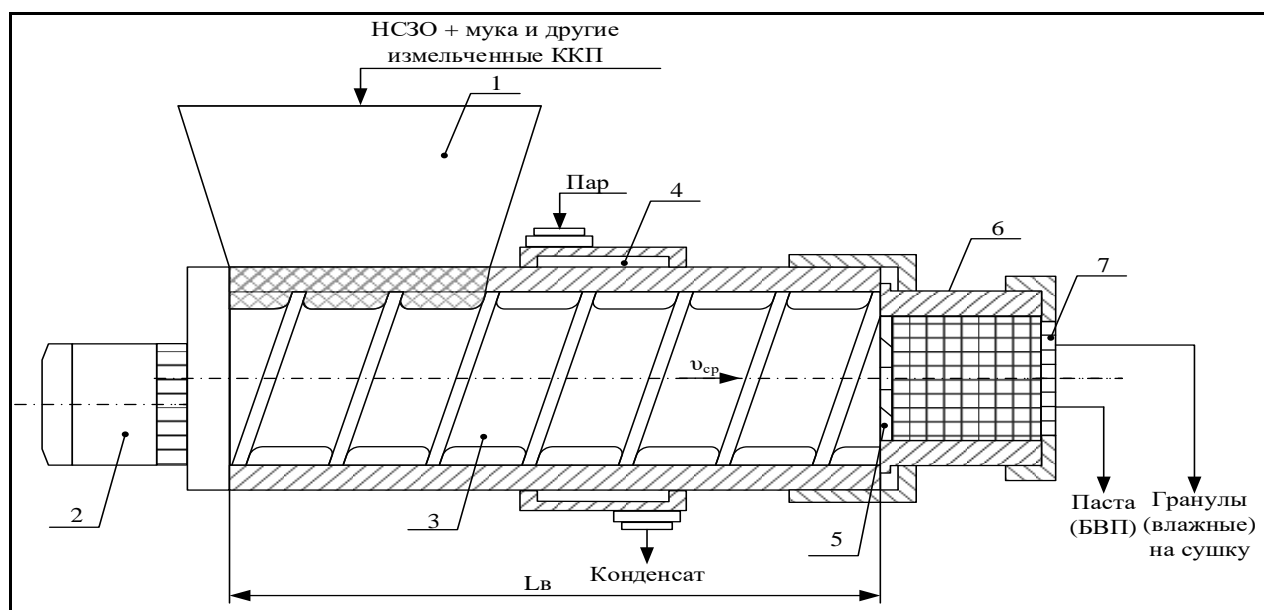


Рис. 3. Конструктивно-технологическая схема гомогенизатора-гранулятора

Примечание: 1 - транспортёр подающий, бункер; 2 - привод; 3 - винтовой рабочий орган; 4 - термокамера; 5 - гомогенизирующий элемент; 6 — компрессионная камера; 7 – решётка.

На процесс усреднения влаги будет оказывать влияние совокупность следующих факторов:

- физико-механические свойства исходного сырья (ФМС);
- технологические характеристики исходного сырья (ТХ);
- реологические характеристики исходного сырья (РХ);
- конструктивно-технологические параметры устройства для получения продукта (КТП).

Тогда для процесса смешивания и гомогенизации функциональную зависимость, связывающую все эти факторы, можно представить, в следующем виде:

$$\Theta_y = f(\text{ФМС}; \text{ТХ}; \text{КТП}; \text{РХ}) \rightarrow \max (100 \%), \quad (22)$$

На рис. 4 представлена структурно-технологическая схема гомогенизатора-гранулятора.

Рассматриваемая система характеризуется двумя потоками: 1) входной поток $Y_{\text{вх}}$ со своими параметрами и свойствами; 2) выходной поток - $Y_{\text{вых}}$ в виде пасты определённого качества однородного состава $\theta_{\text{п}}$.

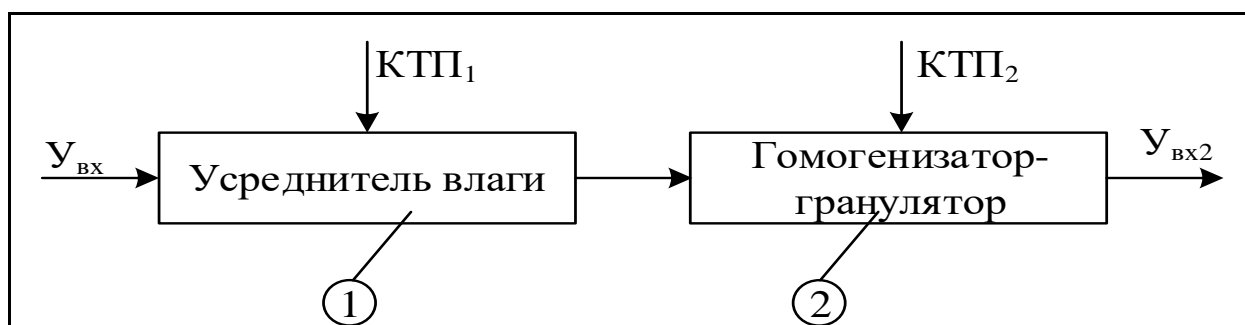


Рис. 4. Структурно-технологическая схема гомогенизатора-гранулятора

Для всех элементов рассматриваемой системы функциональные связи в более раскрытой форме можно представить, как:

- для усреднителя влаги:

$$\theta_y^1 = f(\lambda; W_{k_1}; \rho_1; C; \omega_c; S; L\epsilon; D; d \dots) \rightarrow \max \quad (23)$$

где θ_y^1 - равномерность усреднения влаги в компонентах;

λ - степень измельчения исходного сырья и компонентов;

W_{k1} - влажность компонентов;

ρ - плотность исходного сырья и компонентов;

C - соотношение компонентов смеси;

ω_c - угловая скорость винта;

S - шаг расположения витков винта;

L_v - длина винта;

D и d - соответственно диаметры винта и вала винта;

- для гомогенизатора-гранулятора:

$$\theta_y^2 = f(\theta_1; P; \rho_2; v_{щ}; \alpha_{щ}; W_{k2}; r_n; R_{щ}; Z_{щ}; \dots) \rightarrow \max, \quad (24)$$

где P - давление в щелях гомогенизирующего элемента;

ρ_2 - плотность композиции;

$v_{щ}$ - ширина щели гомогенизирующего элемента;

$\alpha_{щ}$ - угол наклона плоскости стенки щели;

W_{k2} - влажность предварительно полученной смеси;

r_n - коэффициент живого сечения пластины;

$R_{щ}$ - длина щели;

$Z_{щ}$ - количество щелей в элементе;

- давление в камере будет определяться:

$$P = f(\omega_c; Z_{щ}; D_k; L_k; \rho_3; \dots) \rightarrow \max, \quad (25)$$

где D_k - диаметр компрессионной камеры;

L_k - длина компрессионной камеры;

ρ_3 - плотность композиции в компрессионной камере.

Анализируя рассматриваемые процессы, можно сделать следующие выводы:

- загрузка бункера устройства компонентами должна выполняться в определённом соотношении;

- формирование монолита в компрессионной камере будет выполняться определённого диаметра и длины, под определённым давлением P .

Поступая в камеру устройства, компоненты смеси перемещаются винтом и дополнительно перемешиваются. Получаемая пастообразная смесь проталкивается через щели гомогенизирующего элемента, изменяя направление своего движения, закручиваясь

по спирали, образуя слои по толщине равной ширине щели. Полученные слои в плоскости, перпендикулярной продольной оси устройства, уплотняются, и из них формируется монолит в виде стержня длиной L^k и диаметром D^k . Далее в компрессионной цилиндрической камере давление P поднимается до P_{max} , и за счёт этого плотность продукта увеличивается от ρ_n до ρ_{max} . После того, как значение давления возрастёт и достигнет значения P_{max} , продукт пройдёт через отверстия решётки диаметром d_0 со скоростью v_0 . Число формируемых слоёв определяется количеством щелей в гомогенизирующем элементе. При данном способе трансформации движения продукта происходит выравнивание колебаний состава смеси и повышается её однородность - θ .

Описанный рабочий процесс предложенного нами устройства показывает, что длина цилиндрической камеры L^k зависит от таких факторов, как касательное напряжение сдвига (скольжения) вязко-пластичного тела τ ; коэффициента трения продукта о стенки камеры - f , радиуса камеры - R и, соответственно, от давления, создаваемого в компрессионной камере - P .

Список использованных источников:

1. Вараксин С.В. Обоснование конструктивной схемы фильтрующей центрифуги / С.В. Вараксин, С.М. Доценко, В.Ю. Фролов // Механизация технологических процессов в животноводстве: Сб. науч. тр. - Благовещенск: ДальГАУ, 1996. - С. 52 - 58.
2. Рекомендации по организации производства экструдированного зерна и использование его в комбикормах для молодняка сельскохозяйственных животных. - М.: Агропромиздат, 1986. - 17 с.
3. Вараксин С.В. Обоснование пропускной способности измельчающе-экстракционного аппарата многофункциональной машины / С.В. Вараксин, С.М. Доценко [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. - 2017. - № 1. - С. 74 -81.
4. Куприц Я.Н. Технология переработки зерна. - М.: Колос, 1965. - 160 с.

Цитирование:

Вараксин С.В., Маркин Д.А., Самуйло В.В. Теоретические аспекты получения гранулированного и пастообразного корма на основе композиций из сои и зерна [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/2/st_240.pdf
DOI: <https://doi.org/10.51419/202142240>.