

С.И.Плужникова, А.И.Воронков, А.П.Иванова,
М.А.Васильева, А.Д.Припадчев, Ж.К.Усенбаева

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧИХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ТОРООБРАЗНОМ ВИБРОСМЕСИТЕЛЕ

На основе элементов параметрического синтеза рассмотрен подход к формированию модели описания процесса движения сыпучих ингредиентов в торообразном вибрационном смесителе. Проанализирован комплекс параметров лежащих в основе технологического описания процесса с выявлением их взаимосвязей.

Одним из важных условий определения оптимального режима смесеприготовления, является описание данного процесса математическими методами. Существует несколько направлений моделирования, имеющих совершенно различные отправные моменты, но в основе их обнаруживаются концепции связанные с физической сущностью природы процесса смешения. Вероятно справедливым будет утверждение, что в основе моделей лежит предположение идеального смешения, приобретающее смысловое значение при использовании принудительной гомогенизации. Обращает на себя внимание, отсутствие достаточно четких представлений о сложных физических процессах гомогенизации, что приводит к формированию приближенных динамических моделей смесительных систем. К таким моделям можно отнести поведенческие (кибернетические), описываемые дифференциальными уравнениями. Все факторы, оказывающие влияние на процесс приготовления кормосмеси, отразить в математической модели процесса, не представляется возможным, поэтому акцентируется внимание на тех, которые воздействуют наиболее существенно, при этом функция модели не должна быть только описательной, так как важна роль предсказательного характера процесса.

Следует отметить, что процесс смешения сыпучих компонентов, зависит от характера потребления и перераспределения механической энергии передаваемой от рабочей виброактивной поверхности к приготавливаемой кормосмеси.

Неотъемлемым звеном, учитываемым в моделировании процесса, физико-механические характеристики смешиваемых ингредиентов.

В зависимости от этих особенностей будет меняться качество готового продукта, но в тоже время механико-математическая модель описывающая технологический процесс, представляет собой сложные системы включающие передачу энергии от рабочих органов к обрабатываемому материалу.

В качестве основы для формирования математической модели параметрического синтеза, берется структура математической модели технологического процесса [1], в соответствии с которой, рассматриваются отдельные множества параметров: конструктивно-технологических (КТП), физико-механических (ФМП) и режимных (РП).

Множество физико-механических параметров (ФМП), задаваемых исходя из технологических требований, представляется физико-механической моделью. Взаимосвязь множества конструктивно-технологических параметров (КТП) и режимных параметров (РП) процесса представляется моделью механического взаимодействия рабочих органов с обрабатываемым материалом.

Процесс смешения является динамическим процессом, зависящим от времени. Изменения рассматриваемого процесса отражаются внутренней характеристикой системы, которая представляет собой функцию передачи энергии обрабатываемому материалу.

На основании выведенных взаимосвязей, формируется комплекс параметров эффекта необходимых для параметрического синтеза. Следовательно, для формирования математической модели необходимо поэтапно сформировать множества выше перечисленных параметров. Математическая модель будет представлять связанную систему в случае, если параметры эффек-

та выразятся функциями зависящими от внутренней характеристики системы, с наличием физического смысла [2].

Процесс механического взаимодействия поверхности виброконтакта с сыпучими компонентами, описывается уравнениями движения кормосмеси в рабочем пространстве. Процесс вибросмещения сыпучих кормов является стохастическим, поэтому движение смеси может быть, при определенных допущениях описано дифференциальным уравнением Колмогорова-Фоккера-Планка, совпадающим с уравнением диффузии в силовом поле [3].

$$d_M = 0,005, \quad (1),$$

где ρ - текущая плотность распределения вероятности изучаемого процесса,
 t - время,
 h - ось направления процесса
 y - импульс.

Введем переменную Лагранжа:

$$\xi_1 = y + \omega \cdot t \Rightarrow \rho_1 = \rho(\xi_1, h)$$

Преобразуем (1) к виду:

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial \xi_1} = \frac{D}{2\omega} \cdot \frac{\partial^2 \rho_1}{\partial h^2}$$

С граничными условиями:

$$\rho_1(0, h) = \begin{cases} \rho_0 h \leq H \\ 0 \cdot h > H \end{cases}; \quad \rho_1(\xi_1, H) = 0,$$

где H - высота смесильной камеры ($H=10$),

ρ_0 - вес ключевого компонента в смеси.

Общее решение уравнения (1) имеет вид:

$$\rho_1 = \frac{\rho_0}{2} \left(1 - \Phi \left(\frac{(h_1 - h_{10}) \cdot H}{\sqrt{\frac{2 \cdot D(y + \omega \cdot t)}{\omega}}} \right) \right) \quad 0 \leq h \leq H,$$

где $h_1 = \frac{h}{H}$; $h_{10} = 1$

$\Phi(h)$ - есть интеграл вероятности (функции Лапласа)

$$h = 0 \Rightarrow h_1 = 0 \quad h = H, \quad h_1 = 1$$

Для $\Phi(h)$ имеются таблицы значений.

$$\Phi(h) = \frac{2}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_0^{\frac{h}{2}} e^{-\frac{h^2}{2}} dh$$

В соответствии с общим решением уравнения движения кормовой массы (1), формируются параметры эффекта процесса смешения, от-

ражающие объем процесса, материально - энергетические расходы и качество приготавливаемого продукта [1].

Математическая модель параметрического синтеза устанавливает взаимосвязи перечисленных ранее множеств независимых параметров.

При наложении на кормосмесь вибровоздействия, среда приходит в состояние виброкипения, необходимое для начала процесса смешения. Математическая модель будет отражать сущность процесса вибросмещения, если в качестве режимных параметров выбрать кинематические перемещения корпуса смесителя. Эффективная амплитуда колебаний ($A_{\text{Э}}$) корпуса вибросмесителя раскладывается по трем осевым направлениям:

- радиальному (A_x);
- тангенциальному (A_y);
- вертикальному (A_z).

Рассматривая динамику процесса, следует отметить, что отрыв частиц от поверхности виброконтакта происходит при определенном ускорении вибрации, которое должно быть, учтено в исследуемом диапазоне режимных параметров. Из множества конструктивно-технологических параметров (КТП) выделяют наиболее значимые, то есть существенно влияющие на изучаемый процесс. Интенсивность смешения, определяется величиной импульса (i) передаваемой поверхностью виброконтакта (Св. к.) смешиваемым ингредиентам. Из чего следует, что адекватность описания процесса, может быть достигнута, только введением в модель функциональной зависимости:

$$i = f((\text{Св. к.}) (t) (K_3))$$

Продолжительность цикла смешения (t), определяется исходя из найденного решения, удовлетворяющего поставленной задаче - достижения заданной степени однородности ($M\%$), готовой кормосмеси.

Производительность смесителя и качество готового продукта регулируются, объемом заполнения смесильной камеры (K_3 - коэффициентом загрузки), на протяжении продолжительности цикла приготовления комбикорма. Соотношение этих показателей достигает оптимума в определенной области. В остальных случаях решается только одна из поставленных задач, то есть при максимальном заполнении смесильной камеры, растет производительность (и годовая) вибросмесителя, но смесь при этом будет иметь крайне неудовлетворительное качество. Практически диффузии не будет,

так как данный процесс начинается в момент виброкипения, что предусматривает разрыхление и увеличение объема насыпной массы, для чего необходим свободный объем смесителя. При снижении уровня заполнения рабочей камеры, резко падает производительность, возрастают энергозатраты, но при этом обеспечивается высокое качество готового продукта. Исходя из этих предпосылок, будем считать процесс целесообразным, при достижении оптимума между производительностью смесителя и качеством кормосмеси, регулировочным звеном которых является коэффициент заполнения рабочей камеры (Кз), определяемый экспериментально.

Зависимость технологического процесса от площади виброконтакта является параметром виброактивности:

$$Sv = \frac{m K_z}{S_{в.к.} \rho_n},$$

где ρ_n - насыпная плотность, кг/м.

В качестве примера (рисунок 1) можно привести характеристику изменения однородности смеси М, в зависимости от параметра виброак-

тивности Sv, полученную на двух поверхностях виброконтакта S1 и S2, причем $S1 < S2$.

Следует отметить, что характеристики получены при меняющемся амплитудно - частотном режиме работы вибросмесителя.

Из полученной характеристики следует, что площадь поверхности виброконтакта, являющаяся КТП, оказывает непосредственное влияние на качество приготавливаемого корма.

В структуре математической модели существенное значение, с точки зрения технологичности процесса, будет иметь эта группа факторов.

Наиболее важным условием, учитываемым при разработке математической модели, можно считать, соотношение размера смешиваемых частиц с режимными параметрами процесса, выражаемое геометрическим симплексом:

$$\Gamma = \frac{A}{d_3},$$

где d_3 - эквивалентный диаметр частиц.

Следует иметь в виду, что нижняя граница размера частиц, практически определяется, ми-

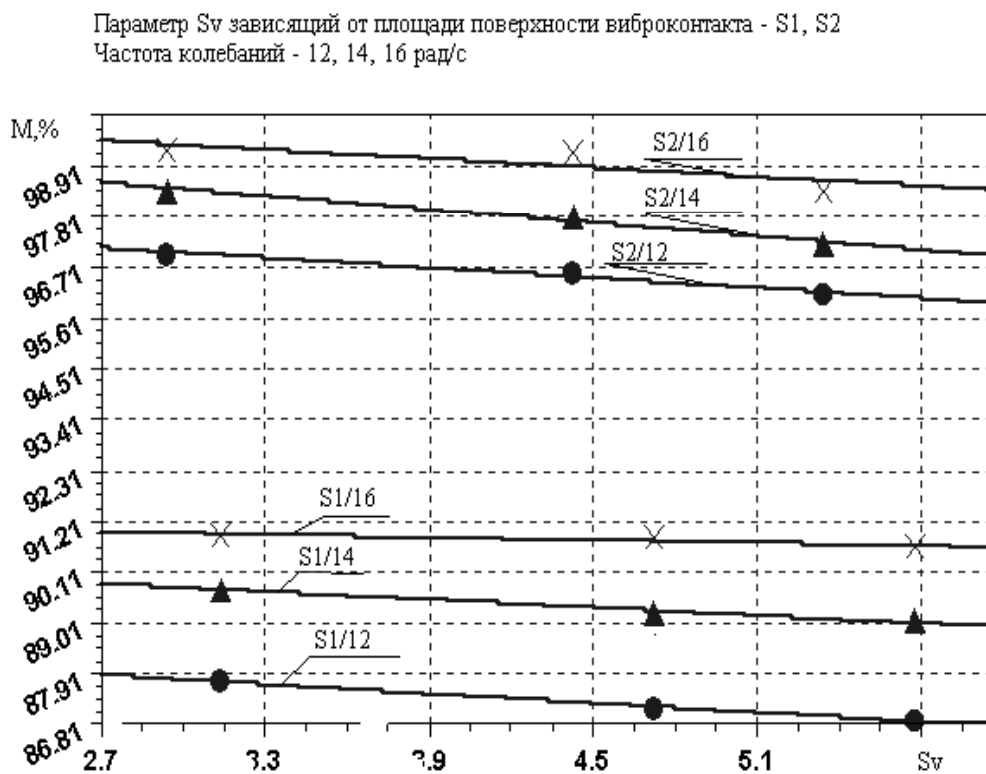


Рисунок 1 Характеристика изменения однородности смеси М в зависимости от параметра виброактивности Sv

нимально возможной величиной сухого измельчения. Эквивалентный диаметр частиц рассчитывается как среднее арифметическое значение их диаметров в объеме материала,

$$d_{\text{э}} = \sum_{i=1}^k d_i \frac{c_i}{100},$$

где d_i - среднее значение диаметра частиц i - го класса,
 c_i - процентное содержание i - го класса в пробе по весу,
 k - число классов.

Геометрический симплекс (Γ), соотношение масс (m), смешиваемых компонентов, угол развода дебалансов (α), могут быть объединены в группу физико-механических параметров.

Рассматривая уравнение движения кормосмеси (1) и формируя на его решении параметры эффекта, можно выбирать в качестве начального звена коэффициент макродиффузии (D), который, при использовании ряда допущений, может быть представлен в следующем виде:

$$D = \frac{\langle (i)^2 t \rangle}{m^2}$$

Следует иметь в виду, что если $D > 0$ - наблюдается процесс смешения, $D = 0$ - динамическое равновесие.

Из описанной внутренней характеристики системы, предлагается выбрать коэффициент макродиффузии D , в качестве параметра эффекта, характеризующего интенсивность процесса смешения, зависящего от вибрационного импульса, передаваемого поверхностью виброконтакта массе смешиваемого материала и приня-

того в качестве внутренней характеристики системы. Вводя значения площади простейшей виброактивной насадки, получим формулу для определения импульса:

$$i = \frac{A_{\text{э}} \cdot m^2 \cdot K_{\text{з}}}{t \cdot d_{\text{э}} \cdot S_{\text{в.к.}} \cdot \rho_{\text{н}}}$$

В зависимости от интенсивности протекающего процесса, меняется его длительность, определяющая границы оптимальности, при выходе за которые возникают следующие отрицательные моменты:

- падает качество смеси до уровня неудовлетворяющего, предъявляемой к готовой продукции требованиям;

- неоправданно растут энергозатраты;

- снижается производительность.

Математическая модель параметрического синтеза устанавливает взаимосвязи множеств конструктивно-технологических параметров (КТП), режимных (РП) и физико-механических (ФМП) параметров и множества параметров эффекта выделенных для данного процесса: (D) - коэффициента макродиффузии, (i) - вибрационного импульса, (W) - энергоемкости, (Q) - производительности, (N) - мощности расходуемой на смешение, (E) - энергии идущей на полный цикл смешения для описания качества продукта (M).

Система сформированная из предлагаемых независимых множеств параметров (ФМП, РП, КТП), на базе внутренней характеристики математической модели, позволяет разрабатывать оптимальные режимы процесса смешения сыпучих компонентов, при приготовлении кормовой массы.

Список использованных источников

1. Карташев Л. П., Полищук В. Ю. "Системный синтез технологических объектов АПК", Екатеринбург: УрО РАН, 1998.
2. Иванова А. П. "Интенсификация и оптимизация процесса смешения компонентов при приготовлении сыпучих кормов". Автореф. Дисс. ...канд. техн. наук, г. Оренбург, 2000г, 19с.
3. Ковтун В. Ф. "Методы расчета новых конструкций низкочастотных вибрационных смесителей". Автореф. Дисс. ...канд. техн. наук, г. Ярославль 1988.