УДК 664.7:631.3-52

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМА

Диордиев В.Т., к.т.н.
Таврический государственный агротехнологический университет
Тел. (0619) 425797
Фурман И.А., д.т.н.
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко
Тел. (057) 7123537

Аннотация **– в статье приведена методика расчета и анализ параметров динамики движения компонентов комбикорма как сыпучей среды.**

Ключевые слова **- робастная модель, вариация внешних возмущений, широкополосный шум, ордината колебаний.**

Постановка проблемы. При движении компонент меню комбикорма, как результатов решения задачи определения напряжённо-деформированного состояния материалов, необходимы измерения скорости распространения и показателя затухания (коэффициента демпфирования) упругих волн [1]. В этом случае необходима информация о гармонической зависимости от времени амплитуд колебаний: для сред, в которых волны удовлетворяют линейным уравнениям, где квазисинусоидная зависимость сохраняется при распространении волы, её отражении и рассеяния в потоке компонентов. Получение таких данных сопряжено со значительным объемом как экспериментальных исследований, так и вычислений.

Анализ последних исследований. В настоящее время большинство авторов [1-3] оценку параметров процессов массопередачи выполняют по параметрам гармонических волн разных частей, используя традиционный принцип суперпозиции и разложения в ряд Фурье. Поэтому актуальным является разработка менее трудоемкой методики оценки динамических свойств сыпучих сред.

Формулирование цели статьи. Целью статьи является разработка и реализация методики цифровой обработки сигналов, которая позволит значительно упростить вид робастных моделей распространения волн при реальной вариации вида и характеристик внешних возмущений и установок регуляторов, а также анормальности их законов распределения для случаев плоской, сферической и цилиндрической идеализированных волн.

Основная часть. Наиболее распространённой является плоская волна (в линеаризованном представлении), в которой для ординат продольных (или поперечных) колебаний в направлении абсциссы {x} в момент времени t справедливо выражение

$$Y(x,t) = A_o l^{-\alpha x} \sin w\left(t + x/v + y_0\right), \tag{1}$$

где A_0 – амплитуда колебаний возбудителя (рабочего органа) (x=0);

Y_0 - начальная фаза колебаний (t=0); w = круговая частота возбудителя.

Далее уравнение (1) представляется в виде ряда отсчётов по x с нагом h, меньшим чем длинна волны $\lambda = 2\pi/w$, произведённых в идентичные моменты времени t_i

$$y(kh,t) = A_o l^{-\alpha k_s} * \sin\left(w_0 kh + \psi_{0i}\right), \tag{2}$$

где w_0-w/v; $\psi_{0i} = wt_i + Y_{0.}$

После применения к (2) z – преобразования по пространственной переменной и после обратного преобразования получаем разностную математическую модель авторегрессии

$$\mathrm{Y}_{\mathrm{ki}} = \lambda_1 Y_{(k-1)i} - \lambda_2 Y_{(k-2)i} + c_{oi}\delta_k + c_{11}\delta_{k-1}, \tag{3}$$

где $\lambda_1 = \lambda \exp(-\lambda h); \lambda_2 = \exp(-2\alpha h); \lambda_0 = 2\cos w_0 h$ - инварианты разностной схемы, определяемые динамическими характеристиками v, α - и известной частотой W ;

$c_{oi} = A_o \sin\psi_{oi}; c_{1i} = A_o l^{-\alpha h} * \sin(w_o h - \psi_{oi}); \delta_k = \begin{Bmatrix} 1, k = 0; \\ 0, k \neq 0 \end{Bmatrix}$ - цифровой

анализ дельта-функции.

При к≥2 модель (3) приобретает более простой вид. Для уменьшения случайных и систематических погрешностей измерения в ней λ_1 и λ_2 по отчётам ординат колебаний обратимся к среднеквадратическому приближению модели, осуществляя N+1 раз во времени измерения в принятых точках, т.е. должно быть

$$E_1 = \sum_{i=p}^{N+P} \left(y_{ki} - \lambda_1 y_{(k-1)} + \lambda_2 y_{(k-2)i} \right)^2 \to \min(\lambda_1, \lambda_2), \tag{4}$$

где индекс {k} при выполнении текущего усреднения по временной координате будет переменным;

E_1 – мера адекватности модели (2).

Из решения нормальной системы уравнений $\frac{э\, E_1(\lambda_1, \lambda_2)}{э\, \lambda_i} = 0; i = 1{,}2$

определяются оптимальные, в среднеквадратическом смысле оценки λ_1и λ_2:

$$\hat{\lambda}_1 = \frac{R_2(p)R_1(p-1) - R_1(p)R_0(p-2)}{R_1^2(p) - R_0(p-1)R_0(p-2)}; \tag{5}$$

$$\hat{\lambda}_2 = \frac{R_0(p-1)R_2(p) - R_1(p)R_1(p-1)}{R_1^2(p) - R_0(p-1)R_0(p-2)}; \tag{6}$$

где $R_m(p) = \sum_{i=P}^{N+P} Y_{ki} Y_{(k-m)i}; k \ge 2.$

С учётом обозначений в (3) динамические характеристики плоской волны определяются через λ_1 (или $\hat{\lambda}_i$) из(5) и (6):

$$\upsilon = wh \Big/ \arccos \frac{\lambda_1}{\sqrt{\lambda_2}}, \tag{7}$$

$$\alpha = \frac{1}{2h} \ln \frac{1}{\lambda_2}. \tag{8}$$

Из соотношения (2) и (3) следует выражение для амплитуды огибающей колебаний в момент времени t_i в точке с координатой (к-1) h по направлению x

$$A_{(k\text{-}1)i} = \sqrt{Y_{(k\text{-}1)i}^2 + \frac{\left(2Y_{ki} - \lambda_1 Y_{(k\text{-}1)i}\right)^2}{4\lambda_2 - \lambda_1^2}}. \tag{9}$$

Используя в (9) помехозащищённые оценки $\hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2$, целесообразно и $A_{(k-1)i}$, находим из условия среднеквадратического приближения

$$\hat{A}_{k-1} = \frac{1}{N+1} \sum_{i=P}^{N+P} A_{(k-1)i}. \tag{10}$$

Выше, в формулах (5) – (10) не использовались абсолютные значение абсциссы x. При известном A_0 найденные значения $\hat{A}_{k-1}$ из (10) используются для определения x.

Если по каким-либо причинам амплитуда колебаний не измеряется, но х известна, то через $\hat{\lambda}$ и $\hat{A}_{k-1}$ вычисляется A_0.

Известно, что оценки (5), (6) и (10) обеспечивают высокую точность в предположении нормального широкополосного шума в пространственно-временных отчётах $У_{кі}$. При существенной неоднородности среды, импульсных помехах в датчиках, трактах усиления и преобразования сигналов, неблагоприятных сочетаниях значений помех и сигналов модели (2) возникает проблема мультиколлиниарности соответствующих уравнений нормальной системы, устойчивости и возможности определения $\hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2, \hat{A}_{k-1}$.

Для обеспечения робастности измерений следует принять p=var при среднеквадратическом сглаживании по временной переменной, где на ряду с множеством оценок $\hat{\lambda}_{1p}, \hat{\lambda}_{2p}, \hat{A}_{(k-1)p}$ необходимо вычислять и меру среднеквадратического приближения E_{1p}. В этом случае при ранжировании оценки $\hat{\lambda}_{1p}, \hat{\lambda}_{2p}, \hat{A}_{(k-1)p}$, отбрасывая часть из них, заменяя определёнными значениями или принимая их с весом, обратнопропорциональным соответствующей мере адекватности $E_{1p,}$ получаем устойчивые оценки динамических характеристик. Моменты принятия i-х отсчётов во времени могут быть неэквидистантны, а выбираться из удобства каких - либо физических условий, например, $Y_{(k-1)i} = 0, \forall_i$, учёта характера помех в указанных точках фазового пространства. Сферическая волна описывается моделью для ординат колебаний:

$$y(x,t) = \frac{A_0 e^{-\alpha x}}{x} \sin \omega \left(t + \frac{x}{v} + \varphi_0 \right), \tag{11}$$

которая представляется нестационарной разностной схемой

$$k y_{ki} = (k-1)\lambda_1 y_{(k-1)i} - (k-2)\lambda_2 y_{(k-2)i} + c_{0i}\delta_0 - c_{1i}\delta_1, \tag{12}$$

в которой λ_i, c_i, δ_i имеют тот же смысл, что и в (3), х – радиус волновой поверхности.

При $k \to \infty$ схема (12) переходит в (3), т.е. сферическое поле можно аппроксимировать, в первом приближении, плоским.

Осуществляя среднеквадратическое приближение

$$E_2 = \sum_{i=P}^{N+P} \left(k y_{ki} - (k-1)\lambda_1 y_{(k-1)i} + (k-2)\lambda_2 y_{(k-2)i} \right)^2 \to \min_{(\lambda_1, \lambda_2)} \tag{13}$$

имеем $\hat{\lambda}_{1P,}\hat{\lambda}_{2P}$, вычислив E_{2P} и осуществив указанную выше регуляризацию, получим устойчивые оценки $\hat{\alpha}$ и $\hat{\nu}$.

Применяя соответственно преобразования (7) и (8) к математическим моделям, приведенным в [4], получим параметры дозированной подачи зерновых компонентов и премиксов с учётом их передаточных функций. На рис. 1 показаны частотные характеристики системы для плоской волны массопередачи;

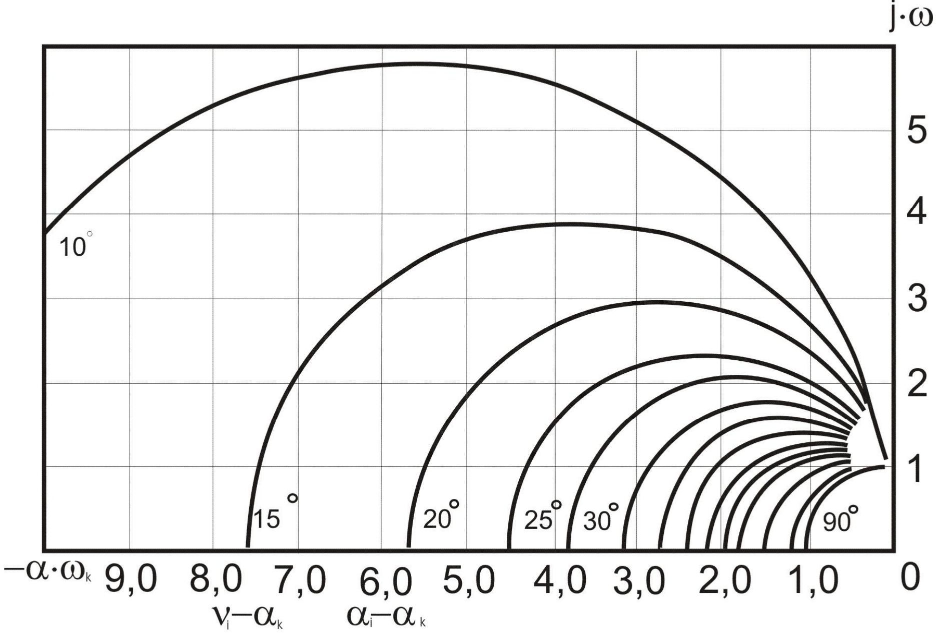

Рис. 1. Частотные характеристики динамического объекта.

Аналогично получены [5] частотные характеристики подсистемы измельчения, смешивания и обеззараживания компонентов.

Вывод. Рассмотренная методика с сохранением всех своих точностных характеристик распространяется и на случаи сферической и цилендрической волн.

Литература

1. *Киричков В.Н.* Идентификация объектов систем управления технологическими процессами / *Киричков В.Н.* – Киев: Высшая школа, 1990. – 263с.

2. *ПросяныК А.В*. От локальных задач автоматизации к интегрированной АСУ комбината хлебопродуктов / *А.В. Просяньк* [и др.] // Хранение и переработка зерна. - 2002. - №4. - С. 43-46.

3. *Грановский В.А.* Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / *Грановский В.А., Сырая Т.Н.* – Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 288с.

4. *Діордієв В.Т.* Теоретические аспекты математического описания процесса производства комбикормов /*В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов.*. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 87 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2009. – С 45-49

5. *Діордієв В.Т.* Декомпозиция задачи идентификации реального технологического процесса кормоприготовления./ В.Т. Діордієв. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету, Вип. 9, Т.3. –Мелітополь: ТДАТУ– 2009 - С. 151 -159

6. *Діордієв В.Т.* Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК. – Сімферополь, Доля, 2004. - 136 с.

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ РУХУ КОМПОНЕНТІВ КОМБИКОРМУ

В.Т. Діордієв, І.О. Фурман

Аннотация **– в статті приведена методика розрахунку та аналіз параметрів динаміки руху компонентів комбікормів як сипкого середовища.**

ANALYSIS OF DYNAMICS OF THE SPACE-TIME TRAFFIC SETTINGS COMPONENT OF THE MIXED FODDER

V. Diordiev, I. Furman

Summary

This article shows a method of calculation and analysis of the settings of the dynamics of motion of the components as loose feed medium.