ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.171:636.085.55

И.Я. Федоренко,
С.Н. Васильев,
А.Ф. Кнорр

ВОЗМОЖНОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА КОМБИКОРМОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Специалисты по кормлению, разрабатывая рецепты комбикормов, руководствуются многими требованиями — это кормовая ценность, содержание протеина, кальция, фосфора, клетчатки и т.д. Все эти показатели определяются подбором состава и соотношения исходных ингредиентов. Соответствие приготовленного комбикорма рецепту характеризуется показателем качества.

Отклонение процентного соотношения компонентов от задания (или даже одного из многих составляющих) снижает качество, соответственно, прогнозируемый эффект от использования данного комбикорма. Поэтому задача стабилизации и поддержания требуемого соотношения компонентов в комбикормах актуальна и в то же время является проблемой, так как не многое комбикормовое оборудование в полной мере отвечает таким требованиям.

Состав комбикормов зависит, в первую очередь, от точности применяемых дозаторов, принятой технологии приготовления (например, циклический или поточный ритм) и т.д.

Даже если дозаторы не имеют систематической ошибки, их подача имеет неравномерный характер, что обусловлено изменением по случайным законам технологических свойств ингредиентов, питающего напряжения, параметров окружающей среды и т.д.

Рассматривая процесс многокомпонентного дозирования для упрощения, примем, что приготовляемый комбикорм состоит из двух компонентов. Один из них (x) представляет контрольный компонент, ко второму *(y)* условно отнесем все другие компоненты.

Соотношение ε контрольного компонента с другими составляет:

$$\varepsilon = x / y.$$

Для упрощения примем, что случайные воздействия *x* и *y* на нашу систему представляют собой не случайные функции, а случайные величины. Сама система представляется безынерционной, т.е. свойства запаздывания не учитываются. Таким образом, выходная переменная ε также рассчитывается как случайная величина, а не случайная функция. Такое описание объекта является во многих случаях достаточным для приближенного решения задач управления, к которым, в частности, могут быть отнесены задачи управления качеством выпускаемой продукции, расчеты точности, надежности и другие [1, 2, 3, 4, 5].

Итак, в функциональном виде можно записать:

$$\varepsilon = F(x, y) = x/y. \qquad (1)$$

Определим случайную погрешность ε, если практически в нескольких испытаниях определены погрешности *x* и *y* (систематическую ошибку при этом не учитываем).

Используя методы теории ошибок, можем записать:

$$\varepsilon + \eta_1 = F(x + \xi_{x1}; y + \xi_{y1});$$

$$\varepsilon + \eta_2 = F(x + \xi_{x2}; y + \xi_{y2});$$

$$\varepsilon + \eta_n = F(x + \xi_{xn}; y + \xi_{yn}),$$

где i = 1, ..., n;

η_i и ξi - погрешности, выявленные в i-том анализе (пробе) комбикорма;

ε, *x*, *y* — средние значения величин.

Полагая, что погрешности малы, функцию *F(x, y)* можно разложить в ряд Тейлора по степеням ξi в области среднего значения ε.

Погрешности ε_i обусловлены погрешностями ξ_{xi} и ξ_{yi} и с учетом (1) можно записать:

$$\eta_1 \approx \frac{dF}{dx}\xi_{x1} + \frac{dF}{dy}\xi_{y1};$$

$$\eta_2 \approx \frac{dF}{dx}\xi_{x2} + \frac{dF}{dy}\xi_{y2}; \qquad (2)$$

$$\eta_n \approx \frac{dF}{dx}\xi_{xn} + \frac{dF}{dy}\xi_{yn}.$$

Возведя в квадрат каждую строку (2) и просуммируя правую и левую части равенств, получим:

$$\sum_{i=1}^{n}\eta_i^2 = \left(\frac{dF}{dx}\right)^2 \sum_{i=1}^{n}\xi_{xi}^2 + \left(\frac{dF}{dy}\right)^2 \sum_{i=1}^{n}\xi_{yi}^2 + 2\frac{dF}{dx}\cdot\frac{dF}{dy}\sum_{i=1}^{n}\xi_{xi}\xi_{yi}. \qquad (3)$$

Для получения соотношения между оценками среднеквадратичных отклонений для величин ε, *x* и *y* разделим обе части (3) на n. Считая, что n , будем иметь

$$\sigma_\varepsilon^2 = \left(\frac{dF}{dx}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{dF}{dy}\right)^2 \sigma_y^2 + 2\frac{dF}{dx}\cdot\frac{dF}{dy}\cdot\sigma_{xy}, \qquad (4)$$

где $\sigma_\varepsilon^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\eta_i^2$; $\sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\xi_{xi}^2$; $\sigma_y^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\xi_{yi}^2$; $\sigma_{xy} = \frac{1}{n}\cdot\sum_{i=1}^{n}\xi_{xi}\xi_{yi}$

- так называемый смешанный второй момент, близко связанный с коэффициентом корреляции между погрешностями переменных *x* и *y*.

Из формулы следует, что погрешность ε может существенно увеличиться или уменьшиться в зависимости от знака и значения смешанного второго момента σx_y.

Для функции (1) имеем следующие значения производных:

$$\frac{dF}{dx} = \left(\frac{x}{y}\right)' = \frac{1}{y}; \quad \frac{dF}{dy} = \left(xy^{-1}\right)' = -\frac{x}{y^2}. \qquad (5)$$

С учетом этого выражение (4) запишем в виде

$$\sigma_\varepsilon^2 = \frac{\sigma_x^2}{y^2}\sigma_x^2 + \left(-\frac{x}{y^2}\right)^2 \sigma_y - \frac{2x}{y^3}\cdot\frac{dF}{dy}\cdot\sigma_{xy}. \qquad (6)$$

Разделим полученное выражение почленно на выражение

$$\varepsilon^2 = \frac{x^2}{y^2},$$

тогда получим

$$\frac{\sigma_\varepsilon^2}{\varepsilon^2} = \frac{\sigma_x^2}{x^2} + \frac{\sigma_y^2}{y^2} - 2\frac{\sigma_{xy}}{yx}. \qquad (7)$$

Полученное выражение можно записать в другом виде

$$v_\varepsilon^2 = v_x^2 + v_y^2 - 2\frac{\sigma_{xy}}{yx}, \qquad (8)$$

где $v_\varepsilon = \frac{\sigma_\varepsilon}{\varepsilon}$; $v_x = \frac{\sigma_x}{x}$; $v_y = \frac{\sigma_y}{y}$ — коэффициенты вариации соответствующих величин.

Именно по коэффициентам вариации подачи оценивается качество дозирования того или иного компонента тем или иным дозатором.

Выражение (8) можно записать и в таком виде

$$v_\varepsilon = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 - 2\frac{\sigma_{xy}}{xy}}. \qquad (9)$$

Анализируя выражение (9), приходим к выводу, что при дозировании компонентов можем иметь три характерных случая.

1. Случайные величины x и y некоррелированы и поэтому $\sigma xy = 0$. Это означает, что дозаторы, подающие компоненты, не связаны друг с другом, т.е. статистически независимы.

Для этого случая имеем геометрическое сложение коэффициентов вариаций подач отдельных дозаторов:

$$v_\varepsilon = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}. \qquad (10)$$

Из этого выражения следует, что стабилизация состава комбикорма по содержанию контрольного компонента зависит не только от дозатора, подающего его, но и от дозаторов, подающих другие компоненты. Единственный путь попадания величины v_ε в допустимые рамки - улучшение характеристик всех дозаторов, т.е. снижение v_x и v_y.

Именно этот случай чаще всего встречается в технологических схемах комбикормовых заводов и цехов.

2. Другим крайним случаем является чисто детерминированная связь между величинами x и y, что возможно при существовании какой-либо связи (механической, электрической и др.) между дозаторами.

В этом случае смешанный второй момент удовлетворяет так называемому равенству Шварца:

$$|\sigma_{xy}| = \sigma_x \sigma_y.$$

Подставляя его в выражение (9), получим

$$v_\varepsilon = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 - 2v_x v_y} = \sqrt{(v_x - v_y)^2},$$

т.е.

$$v_\varepsilon = |v_x - v_y|. \qquad (11)$$

Это самый благоприятный для дозирования случай, поскольку можно получить малое значение v_ε даже в том случае, когда вариации подач отдельных дозаторов v_x и v_y не малы. Этот принцип несет не просто зависимое, а именно связное дозирование. Его суть заключается в том, что неравномерность подачи каждого дозатора не регламентируется, устанавливается ограничение лишь на колебания соотношения компонентов ε. В этом случае, если подача одного из компонентов по каким-то причинам изменилась, то подача второго компонента изменяется (копируется) точно по такому же закону. В результате соотношение компонентов ε остается примерно одинаковым при этих изменениях подач.

Промежуточный случай, когда

$$0 < |\sigma_{xy}| < \sigma_x \sigma_y$$

соответствует стохастическому объекту, для которого значения входных величин x и y соответствует ряд распределения выходной переменной ε. В зависимости от степени стохастичности объекта значение v_ε лежит в промежутке

$$|v_x - v_y| < v_\varepsilon < \sqrt{v_x^2 + v_y^2}. \qquad (12)$$

Разработки связного дозирования реализуют именно этот третий случай, когда в стохастический объект привносятся элементы детерминированности, т.е. коррелированности.

Как известно, степень соответствия линейной зависимости между величинами x и y утверждает коэффициент линейной корреляции, или просто коэффициент корреляции.

Подставляя выражение $a^\wedge = r\sigma_x\sigma_y$ в формулу (9), получим

$$v_\varepsilon = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 - 2v_x v_y \cdot r}. \qquad (13)$$

Для следующих значений r имеем:

$$\begin{aligned} r &= +1; \quad v_\varepsilon = v_x - v_y; \\ r &= -1; \quad v_\varepsilon = v_x + v_y; \qquad (14) \\ r &= 0; \quad v_\varepsilon = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}. \end{aligned}$$

Как известно, при $r = 0$ имеем чисто стохастическую связь, при r = 1 - прямо пропорциональную детерминированную и при r = -1 - обратно пропорциональную детерминированную связь, а сам коэффициент не выходит за пределы -1 _ r < 1.

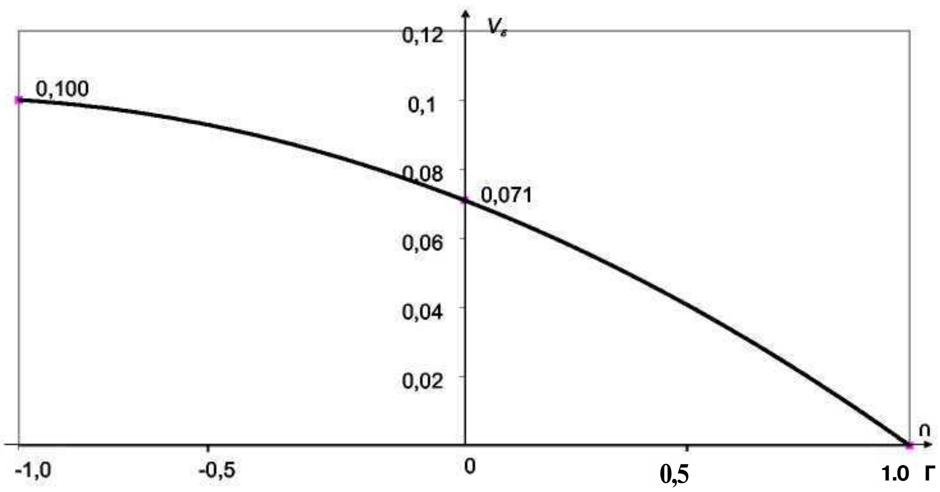

Рис. Зависимость вариации состава комбикорма по содержанию контрольного компонента в зависимости от степени корреляции подач исходных компонентов (при $v_x = v_y = 0,05$)

На рисунке показана зависимость коэффициента вариации состава комбикорма от коэффициента корреляции величин x и y. Коэффициенты вариации подачи контрольного и других компонентов приняты величиной в 0,05, что является допустимым верхним пределом для дозаторов комбикормовых агрегатов.

Таким образом, наилучшие условия дозирования и поддержания требуемого состава комбикорма могут быть достигнуты при связном дозировании и положительной корреляции в работе дозаторов.

Библиографический список

1. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. М.: Статистика, 1974. 192 с.
2. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов / А.Ю. Закгейм. М.: Химия, 1982. 288 с.
3. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств: учеб. пособие для вузов / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. М.: Высш. шк., 1991. 400 с.
4. Пронкин Н.С. Основы метрологии динамических измерений: учеб. пособие для вузов / Н.С. Пронкин. М.: Логос, 2003. 356 с.
5. Райбман Н.С. Построение моделей процессов производства /Н.С. Райбман, В.М. Чадеев. М.: Энергия, 1975. 376 с.

УДК 631.331.003.12

В.И. Беляев,
В.М. Шишов

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПК-8,5 С ДВУМЯ ВАРИАНТАМИ КАТКОВ

Экспериментальные исследования проводились в условиях ОАО «Агрокомплекс» Беловского района Кемеровской области.

Программа исследований в 2006 г. включала в себя проведение энергетической и агротехнической оценки посевных агрегатов на базе ПК-8,5 с двумя вариантами катков: серийным (с пневмошинами) и опытным (с металлическими), а также технико-экономическую оценку МТА.