

# ОЦЕНКА ВАРИАЦИЙ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОМБИКОРМЕ

И. ПАНИН, д-р техн. наук, Ю. КОЛПАКОВ, Е. ШЕНЦОВА, кандидаты техн. наук, В. ГРЕЧИШНИКОВ, ООО КормоРесурс

Исследования отечественных и зарубежных специалистов в области кормления сельскохозяйственных животных и птицы показали, что отклонения от норм по содержанию питательных веществ в потребляемом корме существенно влияют на их продуктивность и конверсию корма.

Идеальная смесь комбикорма должна содержать все сырьевые компоненты и питательные вещества в любой единице массы в тех пропорциях, которые определены составом рецепта. Количество любого  $j$ -ого питательного вещества  $C_j$  в идеальной смеси рассчитывается по формуле:

$$C_j = \sum_{i=1}^n m_i C_{ji}$$

где  $C_{ji}$  — содержание  $j$ -ого питательного вещества в  $i$ -м компоненте;  $m_i = M_i / M_{\Sigma}$  — относительная массовая доля содержания  $i$ -го компонента в комбикорме;  $M_i$  — масса  $i$ -го компонента;  $M_{\Sigma}$  — масса комбикорма;  $n$  — количество компонентов в комбикорме.

В реальных условиях комбикормового производства из-за воздействия на технологический процесс множества факторов возникают отклонения показателей питательности от рассчитанных значений. Величина этих отклонений и характеризует однородность смеси.

В литературных источниках определения «однородность комбикорма», «однородность питательных веществ в комбикорме» и «однородность питательных веществ в суточном рационе животного» чаще всего воспринимаются как равнозначные, что в общем случае, как будет показано ниже, не всегда справедливо.

Большинство современных методик оценивают однородность выработанной партии комбикорма на основании анализа представительной выборки. В соответствии с правилами статистической обработки экспериментальных данных она формируется не менее чем из 10 точечных проб. Представительную выборку анализируют по индикаторному веществу и полученное значение однородности распространяют, как правило, на все его показатели.

Приведем простой пример того, что такое утверждение не всегда правомерно. Пусть смешиваются в равной пропорции два компонента: пшеница с содержанием сырого протеина 11,0% и ячмень с таким же количеством протеина. Коэффициент однородности смеси по индикаторному веществу оказался равным 80%. Чему же равен коэффициент однородности смеси по сырому протеину? Он будет равен не 80%, как может показаться на первый взгляд, а 100%, поскольку в любой выборке независимо от механической однородности смеси протеин будет одинаков — 11,0%. Но, например, по лизину она будет уже меньше, чем 100%, поскольку содержание этой аминокислоты в пшенице и ячмене различается. Таким образом, показатель, характеризующий однородность смешивания частиц комбикорма по какому-то одному индикаторному веществу, не является полной характеристикой однородности смеси.

Конечно, для специалистов по кормлению важна характеристика механической однородности смеси, определяемая работой смесителя. Не менее важно знать оценку равномерности распределения в ней основных

питательных и биологически активных веществ, поскольку животное потребляет не представительную, а единичную выборку из партии комбикорма, и чем меньше масса животного, тем меньше величина этой выборки и тем больше она отличается от представительной.

Несколько лет назад нами была поставлена задача: разработать методику оценки вариаций питательных веществ в комбикорме в зависимости от различных факторов технологического процесса и объемов потребляемого животного корма. Результаты были опубликованы в журналах «Комбикорма» (№ 3 — 1999, № 5 — 2002, № 4 — 2005) и «Аграрная наука» (№ 8 и № 10 — 2004, № 8 — 2008).

Было показано, что стандартное отклонение  $S_j$  содержания  $j$ -го питательного вещества  $C_j$  в любой части выработанной партии комбикорма можно представить выражением:  $S_j^2 = S_{jk}^2 + S_{jg}^2 + S_{jc}^2$ , где  $S_j^2$  — суммарная дисперсия;  $S_{jk}^2$  — дисперсия, определяемая погрешностью оценки питательности компонентов (погрешности методов анализа и таблиц питательности при использовании в расчетах ее данных);  $S_{jg}^2$  — дисперсия, определяемая погрешностями дозирующих систем;  $S_{jc}^2$  — дисперсия, определяемая неоднородностью смешивания компонентов в смесителе.

При оценке суммарной дисперсии содержания питательных веществ в суточных рационах слагаемые  $S_{jg}^2$  и  $S_{jk}^2$  рассчитываются по формулам, представленным в упомянутых выше публикациях. Что же касается составляющей  $S_{jc}^2$ , то при оценке вариаций небольшой массы в суточных рационах она определяется как работой смесителя (однородностью смешивания), так и законами распределения случайных дискретных величин — измельченных частиц различных компонентов комбикорма. В этом случае дисперсия  $S_{jc}^2$  может быть представлена в виде суммы:  $S_{jc}^2 = S_{jc1}^2 + S_{jc2}^2$ , где  $S_{jc1}^2$  — составляющая, определяемая характеристиками смесителя (коэффициентом механической однородности);  $S_{jc2}^2$  — составляющая, определяемая законами распределения дискретных случайных величин.

Если через  $P_i$  обозначить отношение среднего количества частиц  $i$ -го компонента  $\bar{N}_i$  в рационах массой  $M_p$  к общему количеству частиц всех компонентов в рационе, то при  $P_i \leq 0,1$  распределение частиц в рационах будет подчиняться закону Пуассона, а при  $P_i > 0,1$  — биномиальному закону.

Для упрощения расчетов принимается, что каждый компонент (носитель питательных веществ) может быть представлен частицами шарообразной формы с диаметром  $d_{50}$ , соответствующим диаметру отверстий сита, через которое проходит 50% массы компонента при исследовании его гранулометрического состава с помощью сит.

После завершения цикла смешивания количество частиц любого  $i$ -го компонента в выборках равной массы, взятых из произведенной партии комбикорма, является величиной случайной, которая определяется Пуассоновским или биномиальным законом распределения.

Среднее количество частиц  $\bar{N}_i$  любого  $i$ -го компонента в суточных рационах можно найти по формуле:

$$\bar{N}_i = \frac{6M_p C_i}{100 \pi \rho_i d_i^3}$$

где  $M_p$  — масса рациона, г;  $C_i$  — концентрация  $i$ -го компонента в рационе, соответствующая рецепту, %;  $\rho_i$  — плот-

ность  $i$ -го компонента, оцененная пикнометрическим методом,  $g/cm^3$ ;  $d_i$  — средний диаметр частиц, равный  $d_{50}$ , см.

Можно показать, что суммарная дисперсия  $S_{jc}^2$ , определяемая работой смесителя, находится по формуле:

$$S_{jc}^2 = F(N_i) \cdot (1 - k_n)^2 \sum_{i=1}^n (C_{ji} - C_j)^2 m_i^2,$$

где  $F(N_i)$  — функционал, учитывающий закон распределения частиц  $i$ -го компонента в смеси;  $k_n$  — степень однородности массы по индикаторному веществу, установленная после смешивания (показатель механической однородности смеси).

Анализ двух последних формул ( $\bar{N}_i$  и  $S_{jc}^2$ ) позволяет сделать выводы:

- чем выше механическая однородность смеси, тем меньше отклонений по питательности;

- чем больше частиц любого сырьевого компонента в смеси, тем меньше отклонений по его массе (или чем больше объем рациона, тем меньше коэффициент вариации);

- чем больше разность между  $j$ -м показателем питательности всей смеси и  $j$ -м показателем данного компонента, тем весомей вклад этого компонента в вариации  $j$ -го показателя.

Второй и третий выводы свидетельствуют о критичности ввода компонентов с малыми дозировками и большой концентрацией в них питательных веществ. Это относится в первую очередь к поваренной соли, фосфатам, синтетическим аминокислотам, ферментам и др.

Разработанная нами методика позволяет рассчитывать вариации в комбикорме любого питательного или биологически активного вещества. Покажем, каким образом можно воспользоваться ею при оценке вариации питательных веществ в суточных рационах животных.

Масса суточных рационов различных животных и птицы охватывает довольно широкий диапазон. Например, для цыплят в первые дни жизни она составляет 10-13 г, кур-несушек — 110-130 г, финишных бройлеров — 150-180 г, подсосных поросят — 30-50 г, свиней на откорме — 2,5-3 кг, для взрослого поголовья КРС — 6-10 кг.

Рассмотрим примеры оценки вариаций ферментов, витаминов и микроэлементов в суточных рационах различной массы. Пусть условный фермент Z, имеющий средний размер частиц  $d_{50}=0,03$  см и плотность  $\rho=0,5$  г/см<sup>3</sup>, вводится в комбикорм в количестве  $C_i=0,005\%$ . Поскольку питательная ценность самого фермента в расчетах во внимание не принимается, а только его масса  $M_i$ , то важен сам факт наличия частиц фермента в рационах. С учетом указанных величин коэффициент вариации содержания фермента в рационе (10 г) для цыплят равен 11,9%, в рационе (110 г) для кур-несушек — 3,3%, в рационе (2,5 кг) для свиней — 0,2%.

В таблице представлены результаты расчета по этой методике значений коэффициентов вариации некоторых БАВ в рационах бройлеров различного возраста (в первые дни жизни — масса рациона 10 г и в середине выращива-

ния — масса рациона 110 г). Гранулометрический состав, плотность кормовых форм витаминов и их активность  $C_{ji}$  взяты из стандартов качества изготовителей, средние размеры частиц микроэлементов, плотность и их активность — из справочной литературы. Анализ результатов расчета показывает: чем больше среднее количество частиц любого  $i$ -го компонента в рационе, тем меньше значения их коэффициентов вариации; чем больше объем суточного рациона, тем меньше вариации в нем по питательным веществам.

#### Коэффициенты вариации содержания некоторых БАВ в суточных рационах бройлеров

Компоненты	Плотность, $\rho_j$ , г/см <sup>3</sup>	Диаметр частиц, $(d_i)_{50}$ , см	Среднее количество частиц $\bar{N}_i$ , шт.		Коэффициент вариации, $R_i$ , %	
			рацион 10 г	рацион 110 г	рацион 10 г	рацион 110 г
Витамины						
A	0,65	0,035	6,8	74,8	38,5	11,60
D <sub>3</sub>	0,75	0,02	12,7	139,7	28,0	8,50
E	0,60	0,02	200	2200	7,1	2,10
K <sub>3</sub>	0,70	0,005	1090	11990	3,0	0,91
B <sub>1</sub>	0,40	0,0045	975,6	10731	3,2	0,96
B <sub>c</sub>	0,25	0,012	2470	27170	2,0	0,60
H	0,70	0,01	13,8	159	27,0	8,0
Микроэлементы						
Fe	1,89	0,02	62,9	692,7	12,6	3,80
Zn	1,97	0,032	65,3	719	12,4	3,70
Co	1,89	0,049	0,4	4,4	158,7	47,80
I	3,13	0,062	0,03	0,33	588,0	175,40
Se	4,03	0,032	0,063	0,693	400,0	120,0

Результаты расчета говорят о важности правильной подготовки компонентов (в том числе БАВ) и их равномерного смешивания в комбикормах для птицы и молодняка других животных.

Практический смысл разработанной методики в следующем: она позволяет прогнозировать отклонения любого питательного и биологически активного вещества в суточных рационах животных (прямая задача). Отклонения зависят от состава рецепта, физических свойств измельченных частиц, характеристик используемого технологического оборудования;

задаваясь приемлемыми значениями коэффициентов вариации  $R_i$  в рационах, можно оценить среднее количество частиц компонентов  $\bar{N}_i$ , при котором достигаются эти значения (обратная задача);

зная необходимое количество частиц (в соответствии с формулой для  $\bar{N}_i$ ), можно сформулировать требования по их крупности.