

# ОЦЕНКА ВАРИАЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОМПОНЕНТОВ В СУТОЧНОМ РАЦИОНЕ

ПРОБЛЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРЕМИКСАХ БЫЛИ ПОСВЯЩЕНЫ НЕСКОЛЬКО СТАТЕЙ В НАШЕМ ЖУРНАЛЕ (С. КРЮКОВ, А. СПЕСИВЦЕВ, А. АНТИПОВ).

**И. ПАНИН**, Д-Р ТЕХН. НАУК, **Ю. КОЛПАКОВ**, КАНД. ТЕХН. НАУК, **В. ГРЕЧИШНИКОВ**, **А. ПАНИН** (ООО «КОРМОРЕСУРС») ПРОДОЛЖАЮТ ЭТУ ТЕМУ, ПРИВОДЯТ КОНКРЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ВАРИАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОКОМПОНЕНТОВ В СУТОЧНЫХ РАЦИОНАХ ЖИВОТНЫХ.

Идеальная кормовая смесь (комбикорма, БВМК, премиксы) должна содержать все сырьевые компоненты и питательные вещества в любой единице массы в пропорциях, определяемых рецептом. На равномерность распределения частиц компонентов в кормовых смесях влияет много факторов, важнейшим из которых является процесс заключительного смешивания. Современные смесители обеспечивают однородность смешивания на достаточном высоком уровне (95–98%), при этом для всех типов смесителей и параметров смешивания сохраняются общие закономерности:

- вариации содержания питательного вещества в корме будут тем больше, чем меньше уровень ввода компонентов, содержащих это питательное вещество;
- отклонения по содержанию питательного вещества от среднего значения в отдельно взятой навеске корма будет тем больше, чем меньше масса навески.

Последняя закономерность проявляется в том, что объемы суточного рациона различных видов и половозрастных групп животных существенно отличаются; корм с одинаковыми характеристиками однородности может быть вполне удовлетворительным для одной группы (с большим объемом потребления корма) и неудовлетворительным — для другой (с малым объемом потребления), то есть вариации некоторых компонентов, имеющих малую дозировку, в суточных рационах небольшой массы могут быть выше, чем в комбикорме в целом. Мерой равномерности распределения каждого  $i$ -го компонента или питательного вещества является коэффициент вариации  $C_{vi}$ .

Проанализируем, с какой степенью однородности распределяются в суточных рационах животных биологически активные вещества (БАВ), имеющие самый низкий уровень ввода в корма. (По этой причине их называют микрокомпонентами.) К ним относятся витамины, микроэлементы, ферменты, лекарственные препараты и другие активные вещества. Все эти БАВ вводятся в комбикорм в составе премиксов.

В нормативах по кормлению животных содержание конкретного  $i$ -го вещества в комбикорме или премиксе  $A_i$  указывается в виде его массовой доли или процентного соотношения с другими компонентами. Но, как правило, эти вещества используются в корме не в «чистом» виде, а в форме соединений, которые также характеризуются концентрацией в нем  $i$ -го БАВ —  $K_i$ .

Для того чтобы малые дозы БАВ были равномерно распределены в малых дозах корма, их носители должны быть в достаточной мере измельчены. Частицы компонентов кормовой смеси обычно различаются по форме и размерам. При производстве комбикорма для оценки размера его частиц обычно используют ситовой способ, позволяющий построить гранулометрические кривые. Важной характеристикой этих кривых является показатель  $d_{50}$ , характеризующий средний диаметр частиц микрокомпонента после его измельчения и составляющий 50% от крайних значений (мелкой и крупной фракции).

Для расчета вариаций БАВ в суточных рационах оценим их концентрацию  $M_i$  в рационе массой  $M_{\text{рац}}$ , предполагая, что  $i$ -й БАВ в своем носителе распределен равномерно:

$$M_i = \frac{M_{\text{рац}} A_i}{K_i} \quad (1)$$

Общее количество частиц любого  $i$ -го БАВ в суточном рационе можно оценить, если принять в первом приближении, что все частицы компонента массой  $M_i$  имеют форму шара с диаметром  $d_{50}$ . В этом случае среднее количество частиц  $i$ -го БАВ в рационе определяется по формуле:

$$\bar{N}_i = \frac{6M_i}{\pi \rho_i d_{50}^3}, \quad (2)$$

где  $\rho_i$  — плотность  $i$ -го компонента, г/см<sup>3</sup>.

Распределение частиц  $i$ -го компонента в объемах равной массы носит случайный характер. При выполнении условия  $\frac{\bar{N}_i}{N_{\Sigma}} < 0,1$ , где  $N_{\Sigma}$  — общее количество частиц всех компонентов в рационе массой  $M_{\text{рац}}$ , случайное распределение частиц  $i$ -го компонента подчиняется закону Пуассона. Расчеты показывают, что для микрокомпонентов это отношение выполняется. Заметим, что дальнейшие рассуждения и выводы относятся только к тем компонентам, для которых выполняется указанное отношение.

Используя свойство функции Пуассона, мы можем вычислить коэффициент вариации  $C_{vi}$  частиц  $i$ -го микроэлемента в рационе по формуле, %:

$$C_{vi} = \frac{100}{\sqrt{\bar{N}_i}}, \quad (3)$$

где  $\bar{N}_i$  — среднее количество частиц  $i$ -го микрокомпонента в рационе.

По предлагаемой нами методике произведен расчет коэффициентов вариации микроэлементов в суточных рационах цыплят, кур-несушек и свиней на откорме. Масса рациона цыплят в нашем примере составляет

10 г, кур-несушек — 110 г, свиней на откорме — 2500 г.

Типовые нормы ввода микроэлементов в комбикорма для этих групп животных приведены в таблице 1.

При расчете коэффициентов вариации мы применяли формулы (2) и (3) и исходили из условий, что частицы измельченных носителей микроэле-

ментов имеют одинаковый размер при вводе в корма для различных половозрастных групп. Например, использование частиц сернокислого железа с одинаковым размером в комбикормах и для цыплят, и для несушек, и для свиней (наиболее вероятный вариант в практике производства премиксов). Значения средних размеров частиц

солей микроэлементов нами взяты из «Правил организации и ведения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности».

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

При одинаковых размерах частиц солей микроэлементов в суточных рационах цыплят, кур и свиней наблюдаются существенно отличающиеся вариации по содержанию различных микроэлементов. Если по содержанию железа, марганца и цинка нет проблем в равномерности их распределения даже в рационе цыплят, этого нельзя сказать о кобальте, йоде, селене, имеющих очень высокие вариации даже в суточном рационе свиней. Отметим, значение  $C_{vi} > 100\%$  по какому-либо микроэлементу означает, существует большая вероятность того, что в суточный рацион какого-то животного не попадет ни одной частицы данного вещества.

Однородность распределения частиц микроэлементов в данном случае можно повысить не совершенствованием конструкций смесителей, а более тонким размолом частиц.

С помощью данной методики не только производится оценка вариаций распределения БАВ в суточных рационах животных при известных параметрах частиц, но и решается обратная задача: рассчитывается требуемый размер частиц БАВ (крупности помола), при котором их вариации в суточных рационах не превышают заданных значений.

Решение уравнений (2) и (3) относительно параметра  $d_i$  (мкм) показывает, что оптимальное значение диаметра частиц носителей БАВ для обеспечения требуемого значения коэффициента вариации можно рассчитать по формуле:

$$d_i = 100 \sqrt[3]{\frac{0,6 M_{\text{рац}} A_i C_{vi}^2}{K_i \rho_i}}, \quad (4)$$

Уравнение (4) доказывает, что значения диаметров частиц носителей микроэлементов находятся в прямой зависимости от массы рациона.

В таблице 3 приведены результаты расчета, когда для каждого микроэлемента в суточном рационе каждой группы животных обеспечивается коэффициент вариации не более 5%.

**Таблица 1. Нормы содержания микроэлементов в 1 кг комбикорма**

Вид животных	Содержание микроэлементов в корме, мг/кг						
	Fe	Mn	Zn	Cu	J	Co	Se
Цыплята	25	100	60	2,5	0,7	1	0,2
Куры-несушки	25	100	60	2,5	0,7	1	0,2
Свиньи на откорме	40	25	75	6	0,4	0,15	0,15

**Таблица 2. Вариации содержания микроэлементов в суточном рационе**

Носитель микроэлементов	Микроэлемент	Концентрация микроэлемента	Средний размер частиц, мкм	Плотность носителя, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент вариации содержания микроэлемента в суточном рационе, %		
					цыплят	кур-несушек	свиней на откорме
Железо сернокислое	Fe	0,200	250	1,898	11,1	3,4	0,6
Марганец сернокислый	Mn	0,220	280	2,103	7,3	2,2	0,9
Цинк сернокислый	Zn	0,225	320	1,957	11,2	2,4	0,6
Медь сернокислая	Cu	0,260	640	2,284	180,6	54,4	7,4
Кобальт сернокислый	Co	0,207	800	1,948	328,8	99,1	55,6
Кобальт углекислый	Co	0,460	560	4,130	418	109,1	70,6
Калий йодистый	J	0,760	620	3,115	649,6	195,9	54,4
Селенит натрия	Se	0,460	320	3,070	348,1	121,2	25,4

**Таблица 3. Оптимальные размеры частиц носителей микроэлементов в рационах**

Химическая формула носителя	Микроэлемент	Концентрация микроэлемента	Плотность носителя	Оптимальные размеры частиц носителей микроэлементов в рационах, мкм		
				цыплят	кур-несушек	свиней на откорме
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	Fe	0,2	1,898	146	325	1077
FeO	Fe	0,77	5,7	65	144	476
MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	Mn	0,22	2,103	217	484	862
MnO	Mn	0,77	5,18	106	236	420
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	Zn	0,23	1,957	186	414	1264
ZnO	Zn	0,8	5,7	85	190	580
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	Cu	0,26	2,284	58	130	493
CuO	Cu	0,79	6,4	29	64	241
CoSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	Co	0,21	1,948	49	109	160
CoCO <sub>3</sub>	Co	0,46	4,13	29	65	96
KJ	J	0,76	3,115	24	54	126
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	Se	0,46	3,07	19	38	108

В заключение отметим: конечно, производители премиксов или микроэлементов не будут настолько усложнять технологический процесс, чтобы для каждого микроэлемента и для каждого рецепта премикса обеспечивать требуемую крупность помола. Однако хотелось бы, чтобы при производстве премиксов, особенно для молодняка животных и птицы, учитывались размеры частиц носителей микроэлементов, приведенные в таблице 2, при которых вариации их распределения в суточных рационах будут находиться в разумных пределах.