

# ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ В КОРМОВЫХ РАЦИОНАХ\*

**А. СПЕСИВЦЕВ**, инженер-технолог комбикормового производства

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ В КОМБИКОРМАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИКАТОРНОГО КОМПОНЕНТА

Некоторые коллеги, вопреки законам природы, описываемым пуассоновским и биномиальным распределениями, продолжают полагать, что если индикаторный компонент распределен в выборках (пробах) комбикормовой продукции с каким-то определенным коэффициентом вариации, то коэффициенты вариации распределения всех других компонентов в них будут такими же. Другие, хотя так и не считают, но все же придерживаются сложившегося стереотипа, чтобы хоть как-то контролировать качество готовой продукции.

На самом деле это, действительно, не так. Но определенная функциональная зависимость между распределением индикаторного и других компонентов существует и для комбикормов выглядит следующим образом:

$$V_{Скмт}^{кбк} = F\{V_{Скмт}^{кбк}; d_{икмп}; \rho_{икмп}; m_{икмп}^{кбк}; M_{Викмп}^{кбк}; d_{кмт}; \rho_{кмт}; m_{кмт}^{кбк}; M_{В}^{кбк}\} (1),$$

где  $V_{Скмт}^{кбк}$  — коэффициент вариации распределения компонентов в выборках комбикорма (в суточном рационе корма животных  $M_{В}^{кбк}$ ), %;

$V_{Скмт}^{кбк}$  — коэффициент вариации распределения индикаторного компонента в выборках (в пробах комбикорма  $M_{Викмп}^{кбк}$ , отбираемых для лабораторного анализа), %;

$d_{икмп}$  — размер частиц индикаторного компонента\*\*, мк;

$\rho_{икмп}$  — плотность индикаторного компонента, г/см<sup>3</sup>;

$m_{икмп}^{кбк}$  — уровень ввода индикаторного компонента, г/т;

$M_{Викмп}^{кбк}$  — вес выборки (проб) при определении коэффициента вариации  $V_{Скмт}^{кбк}$ , г;

$d_{кмт}$  — размер частиц компонентов\*\*, мк;

$\rho_{кмт}$  — плотность компонентов, г/см<sup>3</sup>;

$m_{кмт}^{кбк}$  — уровень ввода компонентов, г/т;

$M_{В}^{кбк}$  — вес выборки (суточного рациона корма животных), г.

*Пример 1.* Необходимо определить, с какими коэффициентами вариации  $V_{Скмт}^{кбк}$  в суточных рационах кур-несушек  $M_{В}^{кбк}$ , равных 120 г, распределятся селенит натрия с частицами размером  $d_{кмт}$  43,16 мк, плотностью  $\rho_{кмт}$  3,1 г/см<sup>3</sup> и поваренная соль с частицами размером  $d_{кмт}$  750 мк, плотностью  $\rho_{кмт}$  2,97 г/см<sup>3</sup>, если уровни их ввода в комбикорм  $m_{кмт}^{кбк}$  составляют соответственно 0,435 и 3000 г/т. Индикаторный компонент (ИК) с частицами размером  $d_{икмп}$  70 мк и плотностью  $\rho_{икмп}$  2,5 г/см<sup>3</sup>, при уровне ввода  $m_{икмп}^{кбк}$  10 г/т, распределен в пробах весом  $M_{Викмп}^{кбк}$  20 г с коэффициентом

**Таблица 1. Коэффициенты вариации распределения компонентов в различных рационах в зависимости от коэффициента вариации распределения индикаторного компонента в лабораторных пробах, от уровня ввода, плотности, размера частиц индикаторного и исследуемых компонентов**

Компонент	Уровень ввода компонента в комбикорм		Плотность компонента, г/см <sup>3</sup>	Размер частиц компонента, мк	Коэффициент вариации распределения компонента (%)			
	%	г/т			в пробе ИК, г		в суточном рационе, г	
					20	120	150	10
Индикаторный компонент	0,0010000	10,000	2,500	70,00	4,74			
Селенит натрия	0,0000435	0,435	3,100	43,16		5,00	4,47	17,33
Соль поваренная	0,3000000	3000,000	2,970	750,0		4,27	3,82	14,79
Селенит натрия	0,0000435	0,435	3,100	1200,00		733,32	655,90	2540,30
Соль поваренная	0,3000000	3000,000	2,970	1200,00		8,64	7,73	29,94

\* Продолжение. Начало в №10-2014

\*\* Диаметр отверстий сита, через которое проходит 50% массы компонента при исследовании его гранулометрического состава (ситовой способ, принятый в комбикормовой промышленности).

вариации  $V_{Скмп}^{кбк}$  4,74 %. Содержание ИК в выборках (пробах) комбикорма определялось лабораторным способом. Коэффициент вариации  $V_{Скмп}^{кбк}$  рассчитывался по известной методике определения однородности продукции комбикормовой промышленности.

Используя функциональную зависимость (1), получаем значения коэффициентов вариации 5,00 и 4,27 %, с которыми распределяются соответственно селенит натрия и поваренная соль в суточном рационе кур-несушек (табл. 1). С ростом размеров частиц поваренной соли до 1200 мк коэффициент вариации ее распределения в суточных рационах кур-несушек увеличится до 8,64%. При увеличении суточных рационов вариации распределения компонентов в них снижаются, при уменьшении — возрастают.

Функциональная зависимость (1) — это самая сложная зависимость из всех рассмотренных ранее, но она позволяет в считанные минуты определить вариации распределения десятков компонентов, включенных в рецепт, рассчитав коэффициент вариации лишь одного из них после лабораторного анализа. Это может быть любой компонент из состава комбикорма, концентрата, премикса, но здесь мы назвали его индикаторным.

*Пример 2.* Многие специалисты задают такой вопрос: как быть, если нас интересует коэффициент вариации распределения какого-либо компонента в суточных рационах, например, цыплят, равных 10 г, а для лабораторного анализа требуются пробы весом 20 г?

Решить эту задачу можно при помощи более простой функциональной зависимости:

$$V_{Скмп}^{СРкбк} = F\{V_{Скмп}^{ЛАкбк}; M_B^{ЛАкбк}; M_B^{СРкбк}\} \quad (2),$$

где  $V_{Скмп}^{СРкбк}$  — коэффициент вариации распределения компонента в выборках, равных по весу суточному рациону, %;  
 $V_{Скмп}^{ЛАкбк}$  — коэффициент вариации распределения компонента в лабораторных пробах (выборках) комбикорма, %;  
 $M_B^{ЛАкбк}$  — вес проб (выборок) комбикорма, г;  
 $M_B^{СРкбк}$  — вес суточного рациона, г.

Примем, что исследуемый компонент распределился в лабораторных пробах (выборках) с коэффициентом вариации 4,74%. Используя функциональную зависимость (2), получаем значение коэффициента вариации 6,7 %, с которым компонент распределится в суточном рационе цыплят, равном 10 г (табл. 2).

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ В ПРЕМИКСАХ, КОНЦЕНТРАТАХ И КОМБИКОРМАХ

Качество премиксов во многом определяет эффективность комбикормов и, как следствие, себестоимость животноводческой продукции.

Проведенные исследования показали, что при производстве комбикормовой продукции следует обращать внимание не только на химический состав, но и уметь оценить форму и гранулометрические характеристики частиц компонентов на всех этапах технологического процесса. Чтобы обеспечить должный уровень вариаций компонентов в высокоэффективных комбикормах, необходимо правильно прогнозировать и контролировать вариации их распределения в заданных выборках премиксов.

Пока на этапе производства премиксов мы не научимся подбирать размер частиц БАВ ( $d_{кмп}$ , мк) таким образом, чтобы они были распределены в суточных рационах животных ( $M_B^{кбк}$ , г) с заданным коэффициентом вариации ( $V_{Скмп}^{кбк}$ , %), например около 5%, и прогнозировать, с каким коэффициентом вариации при этом они должны распределиться в заданных выборках премиксов ( $V_{Скмп}^{нрм}$ , %), само понятие «качество комбикормовой продукции» нельзя считать в полной мере корректным.

О функциональной зависимости  $V_{Скмп}^{кбк} = F\{d_{кмп}; \rho_{кмп}; m_{кмп}^{кбк}; M_B^{кбк}\}$  мы уже упоминали в первой части статьи, опубликованной в № 10-2014. Зависимость коэффициентов вариации распределения компонентов в выборках премиксов от влияющих факторов выглядит следующим образом:

$$V_{Скмп}^{нрм} = F\{d_{кмп}; \rho_{кмп}; m_{кмп}^{нрм}; M_B^{нрм}\} \quad (3),$$

где  $d_{кмп}$  — размеры частиц компонента, мк;  
 $\rho_{кмп}$  — плотность компонента, г/см<sup>3</sup>;  
 $m_{кмп}^{нрм}$  — уровни ввода компонентов в премиксы, г/т;  
 $M_B^{нрм}$  — вес выборок (проб) при определении коэффициентов вариации распределения компонентов в премиксах  $V_{Скмп}^{нрм}$ , г.  
 Последнюю зависимость можно также записать в другом виде:

$$V_{Скмп}^{нрм} = F\{d_{кмп}; \rho_{кмп}; k; m_{кмп}^{кбк}; M_B^{нрм}\} \quad (4),$$

где  $k$  — количество введенного премикса в комбикорм, %.

### ПОПРАВКИ К ПЕРВОЙ ЧАСТИ СТАТЬИ А.С. СПЕСИВЦЕВА, ОПУБЛИКОВАННОЙ В №10-2014 НА С. 70–74:

В таблице 2 данные для соли поваренной указаны на второй строке, на третьей и четвертой строке — для любых других компонентов. Суточный рацион в 7 столбце равен 150 г. В таблице 3 на первой строке в пятом столбце вместо значения 0,0000923 должно быть 0,0000928. В таблице 4 характеристики, приведенные на пятой и шестой строке, касаются не селенита натрия, а любых других компонентов. На стр. 73 в первом абзаце правой колонки следует читать «... с увеличением суточных рационов коэффициенты вариации распределения компонентов снижаются, а с уменьшением — растут при прочих равных условиях ( $m_{кмп}^{кбк} — const., \rho_{кмп} — const., d_{кмп} — const.$ )». На стр. 74 предпоследнее предложение в левой колонке в скобках вместо «значения в числителях столбцов 9 и 10» следует читать «значения в столбцах 9 и 10».

**Таблица 2. Коэффициенты вариации распределения исследуемого компонента в различных рационах в зависимости от коэффициента вариации его распределения в лабораторных пробах**

Коэффициент вариации распределения компонента, %			
в лабораторной пробе		в суточном рационе	
20 г	10 г	3 г	120 г
<b>4,74</b>	<b>6,70</b>	<b>12,24</b>	<b>1,94</b>

Используя эти три функциональные зависимости, можно быстро решить несколько типов задач, одна из которых приведена в примере 3.

*Пример 3.* Необходимо установить целесообразность использования селенита натрия плотностью  $\rho_{\text{клт}}$  3,1 г/см<sup>3</sup>, с частицами размером  $d_{\text{клт}}$ : 320,00; 271,89; 215,80; 43,16 и 18,85 мк в производстве высокоэффективного комбикорма для цыплят и кур-несушек, если данный компонент вводится в комбикорм в количестве  $m_{\text{клт}}^{\text{кбк}}$  0,435 г/т, суточные рационы птицы  $M_B^{\text{кбк}}$  при этом составляют соответственно 10 и 120 г. Для выработки комбикорма могут быть применены как 0,5%-ные, так и 1%-ные премиксы. Вес выборки (проб)  $M_B^{\text{нрм}}$  премиксов — 150 г.

Используя функциональную зависимость (4), получаем значения коэффициентов вариации  $V_{\text{Склт}}^{\text{нрм}}$ , с которыми в выборках 0,5%- и 1%-ных премиксов, равных 150 г, распределится селенит натрия: 6,38; 5,00; 3,54; 0,32; 0,09% и 9,03; 7,07; 5,00; 0,45; 0,13% соответственно (табл. 3).

Анализируя полученные значения по коэффициентам вариации и руководствуясь существующими представлениями о распределении компонентов, производитель 0,5%-ных премиксов мог бы сделать простой вывод, что селенит натрия с частицами размером 271,89 мк является оптимальным сырьем, так как коэффициент вариации распределения этого компонента  $V_{\text{Склт}}^{\text{нрм}}$  в пробах премиксов, равных 150 г, ожидался быть равным 5,00%. Если бы вырабатывались 1%-ные премиксы, то он мог на том же основании признать оптимальным размер частиц 215,80 мк.

Используя функциональную зависимость  $V_{\text{Склт}}^{\text{кбк}} = F\{d_{\text{клт}}; \rho_{\text{клт}}; m_{\text{клт}}^{\text{кбк}}; M_B^{\text{кбк}}\}$ , получаем значения коэффициентов вариации, с которыми в суточных рационах цыплят (10 г) распределится селенит натрия: соответственно 349,67; 273,86; 193,65; 17,32 и 5,00%. В рационах кур-несушек (120 г): соответственно 100,94; 79,06; 55,90; 5,00 и 1,44%.

Проанализировав распределение селенита натрия в суточных рационах птицы, мы можем сделать объективный вывод. Компонент с частицами размером 18,85 мк является оптимальным (в составе премиксов) при выработке высокоэффективных комбикормов для цыплят. Он распределится в суточных рационах с коэффициентом вариации 5,00%. При производстве 1%-ного премикса для ввода в эти комбикорма коэффициент вариации распределения селенита натрия с частицами размером 18,85 мк в выборке 150 г должен составлять не более 0,13%. При производстве 0,5%-ного — не более 0,09%.

Для премиксов, используемых в кормах кур-несушек, суточный рацион которых составляет 120 г, оптимальными являются частицы селенита натрия размером 43,16 мк. В пробе 1%-ного премикса, равной 150 г, этот компонент должен распределиться с коэффициентом вариации не более 0,45%. В таком же количестве пробы 0,5%-ного премикса — с коэффициентом не более 0,32%.

*Пример 4.* В результате лабораторного анализа нескольких проб (выборки) 1%-ного премикса весом 20 г каждая и расчетов, проведенных по принятой методике, установлено, что компонент распределится в них с коэффициентом вариации 0,8%. Вопрос: с каким коэффициентом вариации распределится этот компонент в комбикормах для кур-несушек, если их суточный рацион составляет 120 г?

Воспользовавшись функциональной зависимостью  $V_{\text{Склт}}^{\text{кбк}} = F\{V_{\text{Склт}}^{\text{нрм}}; k; M_B^{\text{нрм}}; M_B^{\text{кбк}}\}$ , с помощью которой решаются задачи подобного типа, мы получаем значение коэффициента вариации 3,27% (для 1%-ного премикса), с которым распределится компонент в 120 г суточного рациона кур-несушек. При анализе выборки 0,5%-ного премикса коэффициент вариации в такой же выборке равен 4,62% (табл. 4).

**Таблица 3. Коэффициенты вариации распределения компонентов в различных выборках премиксов (концентратов) и комбикормов в зависимости от уровня ввода компонентов в комбикорма, плотности и размеров частиц компонентов**

Уровень ввода компонента, г/т		в комбикорм	Плотность компонента, г/см <sup>3</sup>	Размер частиц компонента, мк	Коэффициент вариации распределения компонента (%) в выборке				
в премикс (концентрат)					премикса (концентрата)		суточного рациона		
0,5%-ный	1%-ный				0,5%-ный	1%-ный	10 г	120 г	
					$M_B = 150 \text{ г}$	$M_B = 150 \text{ г}$			
87,0	43,5	0,435	3,100	320,00	6,38	9,03	349,67	100,94	
87,0	43,5	0,435	3,100	271,89	5,00	7,07	273,86	79,06	
87,0	43,5	0,435	3,100	215,80	3,54	5,00	193,65	55,90	
87,0	43,5	0,435	3,100	43,16	0,32	0,45	17,32	5,00	
87,0	43,5	0,435	3,100	18,85	0,09	0,13	5,00	1,44	

**Таблица 4. Коэффициенты вариации распределения компонента в различных рационах в зависимости от коэффициента вариации его распределения в лабораторных пробах премиксов (концентратов) и уровня ввода премиксов (концентратов) в комбикорма**

Коэффициент вариации распределения компонента (%)					
Уровень ввода премикса в комбикорм	в лабораторной пробе премикса (концентрата)		в суточном рационе		
	20 г		120 г	10 г	3 г
1% (1%-ный премикс)	0,80		3,27	11,31	20,66
0,5% (0,5%-ный премикс)	0,80		4,62	16,00	29,21

С большим оптимизмом ожидаю, что рассмотренные выше примеры решения нескольких типов актуальных технологических задач и комментарии к ним помогут:

- специалистам комбикормовой промышленности полнее понять, что наличие самого совершенного оборудования и дорогостоящего сырья отнюдь не является гарантией того, что все животные в своих рационах получают включаемые в них компоненты в соответствии с заданной рецептурой, пока мы не научимся на каждом этапе производства должным образом контролировать гранулометрические и другие физические характеристики всех без исключения компонентов;
- инвесторам и руководителям предприятий по производству премиксов, концентратов, комбикормов в полной мере осознать, что производство высокоэффективных и конкурентоспособных кормов может быть обеспечено лишь овладевшими современными знаниями специалистами, способными разработать эффективную технологию, должным образом скомпоновать оборудование, правильно рассчитать и спроектировать аспирационные установки, осуществить надежную эксплуатацию предприятий;
- производителям и поставщикам сырья для производства премиксов полнее ощутить роль важных показателей каче-

ства — формы и размера частиц компонентов и учитывать это при совершенствовании технологических процессов, проведении работ по техническому перевооружению и реконструкции;

- специалистам инжиниринговых компаний и проектных организаций глубже вникнуть в логику процессов производства высокоэффективной комбикормовой продукции, решительнее внедрять инновационные компоновочные решения в процессе строительства, реконструкции и технического перевооружения премиксных заводов и комбикормовых предприятий;
- производителям технологического оборудования для комбикормовой промышленности еще раз обратить внимание на то, что в состав комбикормов входит ряд важных для жизнедеятельности животных препаратов, влияющих на их продуктивность, содержание которых в 1 т комбикорма зачастую не превышает 1 г. Поэтому смесители, способные распределить компоненты в соотношении 1:1 000 000 и более с коэффициентом вариации менее 5%, в самое ближайшее время будут востребованы на рынке. ■

*Продолжение в следующих номерах*