

ИСКУССТВО СОСТАВЛЕНИЯ РАЦИОНОВ КОРМЛЕНИЯ*

И. ПАНИН, д-р тех. наук, **В. ГРЕЧИШНИКОВ**, **А. ПАНИН**, кандидаты с.-х. наук, **А. СЫРЬЕВ**, компания «КормоРесурс»

Под питательной ценностью кормовых компонентов понимают их способность удовлетворять физиологическую потребность животных в корме за счет высвобождения в организме определенного количества энергии и питательных веществ. Понятно, что оценка питательности компонента предполагает следующее: оценку его химического состава; оценку количества содержащихся в нем переваримых питательных веществ; оценку количества высвобождаемой им энергии.

Оценивается химический состав компонента по тем показателям, по которым балансируется рацион. Это на первый взгляд простое требование не всегда выполняется. Чаще всего нестыковка происходит при использовании комбикормов и концентратов в рационах КРС, поскольку в соответствии с ГОСТ Р 52254-2004 «Комбикорма для крупного рогатого скота. Номенклатура показателей» производитель комбикорма должен указывать в качественном удостоверении определенный, установленный стандартом, перечень показателей. При этом в перечень не входят такие необходимые показатели, как чистая энергия лактации, усваиваемый в кишечнике протеин, баланс азота в рубце и другие показатели, без знания которых невозможно составить сбалансированный рацион.

Та же самая проблема возникает при использовании БВМК в составе комбикормов для других видов животных. Например, для них не декларируется доступность аминокислот; при наличии ферментных препаратов в БВМК специалисту по расчету трудно оценить их воздействие на субстрат, ведь для этого ему необходимо знать тип ферментного препарата, его дозировку и матрицу.

Рассчитав рецепт комбикорма или суточного рациона, он надеется, что химический состав готового продукта полностью соответствует расчетным параметрам. Однако в практике кормопроизводства нередки случаи, когда при проведении химического анализа готового корма обнаруживается несоответствие между расчетными и фактическими показателями питательности, причем с одинаковой вероятностью отклонения от декларируемой величины как в одну, так и в другую сторону.

Сравнительный анализ отклонений более чем в 1000 образцах комбикормов позволил нам сделать вывод: основной вклад — 60–80% — в отклонения показателей

химического состава корма вносят погрешности оценки химического состава компонентов. Остальные 20–40% приходятся на погрешности систем дозирования и смешивания, на расслоение корма при его транспортировании по технологическим линиям и к месту потребления.

Рассмотрим причины таких отклонений. У специалиста по расчету есть три источника информации о химическом составе компонентов: первый — результаты собственного химического или спектрального анализа, второй — качественное удостоверение поставщика, третье — справочная таблица химического состава кормов.

Самый правильный путь к минимизации погрешности — проведение полного химического анализа по каждому показателю питательности в каждом компоненте. В реальной жизни так никто не поступает из-за больших финансовых и временных затрат на проведение анализов. Анализируют наиболее важные и критические показатели в соответствии с программой контроля, принятой на комбикормовом заводе, например: протеин, клетчатку, золу — в зерновых; протеин, аминокислоты, жир, золу — в животных кормах; кальций, фосфор — в минеральных кормах и т.д. Погрешность оценки химического состава компонентов при проведении химического анализа определяется погрешностью методов анализа (аналитическая погрешность). В методах испытаний установлены доверительные интервалы в виде пределов сходимости d и воспроизводимости D . Данная характеристика является мерой, которая с доверительной вероятностью 95% не превышает абсолютной величины разности между результатами двух измерений, полученных в условиях повторяемости. Характеристики воспроизводимости используются при сравнении результатов измерений, полученных в разных лабораториях, а сходимости — при сравнении результатов измерений, полученных в одной лаборатории при одинаковых условиях в течение ограниченного интервала времени между измерениями.

Мерой рассеяния результатов испытаний являются среднеквадратическое отклонение S_d сходимости и воспроизводимости S_D . Эти величины связаны между собой отношениями:

$$d = 2,77 S_d, D = 2,77 S_D,$$

В стандартах на химические методы уравнения регрессии для оценки нормативов сходимости d_i и воспроиз-

*Окончание. Начало в №5-2015

димости D_i при доверительной вероятности $P = 0,95$ имеют общий вид:

$$D_i = (K_{1i} + K_{2i} \cdot C_i),$$

где C_i — значение i -го анализируемого показателя питательности;

K_{1i} и K_{2i} — коэффициенты уравнения регрессии.

В таблице 1 представлены коэффициенты для основных показателей питательности комбикормов.

Таким образом, при проведении химического анализа комбикорма в собственной лаборатории диапазон возможных отклонений C_j с вероятностью 0,95 не выходит за границы $\Delta C_j = \pm d_j$. При использовании в таких расчетах данных из удостоверений о качестве, предъявляемых поставщиком сырья, возможные отклонения по j -му показателю с вероятностью 0,95 не выходят за границы $\Delta C_j = \pm D_j$ (при условии, что мы доверяем данным поставщика). При использовании табличных данных погрешность находится

в пределах статистической неопределенности по показателям питательности. Статистическое распределение для j -го показателя питательности характеризуется средним значением (математическим ожиданием) C_j , размахом варьирования ($C_{j\min}, C_{j\max}$) и среднеквадратическим отклонением S_{jcm} . Например, в наших исследованиях в 661 образце пшеницы установлены следующие значения: $C_j = 10,96\%$, диапазон варьирования — от 7,35 до 14,91%, $S_{jcm} = 1,57\%$.

Законы распределения случайных величин S_{jcm}, S_{jd}, S_{jda} содержатся в базе данных программы «Корм Оптима». Пользователь строит матрицу источников информации о каждом показателе питательности в каждом компоненте. На основании матрицы рассчитываются значения S_{jcm}, S_{jd}, S_{jda} и рассчитывается вероятность попадания каждого показателя из рецепта комбикорма в допустимый для него диапазон отклонений.

В качестве примера рассмотрим оценку вариаций сырого протеина в комбикорме для кур-несушек первой фазы продуктивности (табл. 2). Его содержание составляет 18,0%; диапазон допускаемых отклонений, при которых это содержание признается соответствующим заявленному, — 1,46%. Рассчитаем вероятность попадания значения сырого протеина, указанного в рецепте, в диапазон 16,54–19,46% при испытании комбикорма в контрольной лаборатории.

Необходимо проанализировать три источника информации о содержании сырого протеина в компонентах: первый — результаты химического анализа; второй — данные удостоверения о качестве поставщика; третий — табличные данные. Подход, когда для всех компонентов используется один источник информации, применен нами для наглядности. На практике, как правило, по одним компонентам проводится анализ, по другим — используются данные качественного удостоверения, по третьим — табличные данные.

На основании матрицы 2, используя правило сложения дисперсий (дисперсия суммы случайных независи-

Таблица 1. Коэффициенты уравнений регрессии для оценки допустимых пределов сходимости и воспроизводимости

Показатель	Сходимость		Воспроизводимость	
	K_1	K_2	K_1	K_2
Сырой протеин	0,13	0,03	0,56	0,05
Сырая клетчатка	0,38	0,033	1,3	0,07
Сырой жир	0,11	0,028	0,62	0,09
Кальций	0,03	0,044	0,06	0,14
Фосфор	0,01	0,09	0,01	0,28
Натрий	0,02	0,07	0,02	0,1
Сырая зола	0,34	0,05	0,083	0,064
Лизин	0	0,1	0	0,25
Цистин	0,132	0,058	0,2	0,34
Метионин	0,06	0,088	0,2	0,34

Таблица 2. Прогноз отклонений содержания сырого протеина в комбикорме для кур-несушек от расчетного значения

Компонент	% ввода	Содержание сырого протеина, %		Среднеквадратическое отклонение содержания сырого протеина, источники		
		в сырье	в рецепте	первый	второй	третий
Ячмень шелушенный	35,31	13,1	4,625	0,0967	0,2848	0,4731
Пшеница	28,50	11,9	3,392	0,0834	0,2626	0,4475
Жмых подсолнечный	15,71	36,1	5,671	0,1080	0,3065	0,5769
Мука мясокостная	3,00	41,6	1,248	0,0602	0,2251	0,2460
Дрожжи кормовые	3,00	40,3	1,209	0,0483	0,2233	0,2506
Мука рыбная	2,50	63,4	1,585	0,0639	0,2301	0,2617
Лизин монохлоридат	0,15	94,4	0,142	0,0023	0,2042	0,2042
DL-метионин	0,14	58,1	0,081	0,0022	0,2030	0,2030
Масло, минеральное сырье	10,69	—	—	—	—	—
Премикс	1,00	11,0	0,11	0,0479	0,2036	0,2134
В рецепте	100,0	—	18,0	0,2200	0,5219	1,039
Вероятность попадания в диапазон 18,0%±1,46%				99,0%	94,0%	84,0%

мых величин равна сумме их дисперсией), рассчитаем ожидаемое значений отклонений показателей питательности в готовом комбикорме от расчетных значений и вероятность попадания заявленного значения в диапазон допустимых отклонений. Из данных этой таблицы видно, что если проводился химический анализ всех компонентов, у специалиста нет сомнений, что

при контрольном испытании их содержание в комбикорме с вероятностью 99% будет соответствовать рассчитанным значениям. Если при расчете основываться на табличные данные, то вероятность попасть в заданный диапазон составляет только 84%.

Разработанная нами методика позволяет производителю комбикормов видеть источники нестабильности по каждому показателю питательности, принимать меры к их уменьшению, оптимизировать затраты на анализы и обеспечивать гарантии качества с любой согласованной с заказчиком доверительной вероятностью (чем она больше, тем больший запас по показателям питательности должен быть в рецепте, следовательно, тем он дороже. Производитель и заказчик согласовывают разумный уровень доверительной вероятности).

Анализируя результаты наших исследований по отклонениям, можно отметить, что сырой протеин — наиболее стабильный показатель. Для других показателей, а именно: аминокислот, сырой клетчатки, сырой золы, следует ожидать больших отклонений.

Еще одно важное примечание: в программе «Корм Оптима» скорректированные данные по питательности сырья сохраняются в архиве, и при извлечении рецепта из архива будет использоваться та питательность компонентов, которая была в момент расчета. Это свойство позволяет оценить возможность применения «старого» рецепта в настоящих условиях при отличающейся питательности одноименного сырья.

Второй важный параметр питательной ценности кормового компонента — его переваримость в организме животных конкретного вида и возраста. В базе данных программы «Корм Оптима» содержатся коэффициенты переваримости питательных веществ по всем видам сырья для всех видов животных. В таблице 3 на примере пшеницы показан фрагмент матрицы переваримости питательных веществ (в полной матрице содержатся все аминокислоты и некоторые другие показатели). Приведенные в таблице коэффициенты позволяют балансировать рационы кормления по переваримым питательным веществам и рассчитывать энергетическую ценность компонентов.

Таблица 3. Коэффициенты переваримости питательных веществ пшеницы, %

Показатель	Птица		Свиньи		КРС
	Молодняк	Несушки	Растущие	Свиноматки	
Органическое вещество	—	—	88	90	89
Сырой протеин	80	81	84	87	75
Сырой жир	60	64	60	64	77
Крахмал	97	97	97	97	97
Сахар	97	97	97	97	97
БЭВ	82	85	—	—	—
Лизин	86	86	84	84	—
Метионин	91	91	90	90	—
Фосфор	30	30	30	30	—

Оценка третьего параметра питательности компонентов — количества энергии, высвобождаемой в организме животного, представляет наибольшую сложность из-за отсутствия единых уравнений для ее расчета. Выбор той или иной системы расчета энергии определяется объективным фактором — возможностью лаборатории определять используемые в ней показатели (в качестве примера приведем крахмал, присутствующий во многих системах оценки, но до сих пор многие ПТЛ его не определяют), а также субъективным фактором — степенью доверия к ней конкретного специалиста. Хотя абсолютное большинство систем расчета не противоречат друг другу, то есть дают при одинаковых условиях близкие значения, но между ними есть и существенные различия, а именно: в номенклатуре используемых для расчета показателей, в значении коэффициентов в уравнениях регрессии, в том числе коэффициентов переваримости.

Наиболее авторитетные системы оценки энергии компонентов по их химическому составу: WPSA, CVB — для птицы; NRC, INRA, DLG — для свиней; NRC, CVB — для крупного рогатого скота. К сожалению, ни одна из этих систем не является универсальной. В наставлениях по кормлению NRC по поводу выбора предпочтительной системы оценки энергии кормовых компонентов сказано, что в настоящее время комитет по кормлению животных не может рекомендовать лучшие уравнения для оценки энергии (переваримой, обменной, чистой) по химическому составу. До настоящего времени не проводились исследования по сравнительному анализу уравнений. Прежде чем выбрать наиболее подходящий метод, можно рассчитать энергию с помощью любых уравнений и затем оценить результаты на животных.

По этой причине в программе «Корм Оптима» применяется несколько систем оценки обменной и чистой энергии кормов для различных видов животных. И пользователь может самостоятельно выбрать ту систему, которая его устраивает с точки зрения используемых в ней показателей, которой он доверяет и которая показывает ожидаемый отклик животных. Более того, в программе предусмотрена возможность для пользователя самостоятельно создавать

формулы для оценки энергии. Эта опция присутствует только в специальных версиях программы и предназначена для сравнительного анализа различных систем оценки энергии компонентов, представляет интерес для научных исследований и не предполагает применения в промышленных условиях.

В рационах птицы и свиней перечень нормируемых незаменимых аминокислот все время расширяется; нормируются не только сырые, но и переваримые аминокислоты. В рационах высокопродуктивных коров нормируются защищенные в рубце аминокислоты. Очень важно определять лабораторным путем аминокислотный состав компонентов, входящих в группу риска из-за возможных фальсификаций (синтетические аминокислоты, белковые корма животного происхождения, концентраты).

При отсутствии на комбикормовых предприятиях аминокислотных анализаторов проблема оценки аминокислотного состава компонентов, не входящих в группу риска, в программе решается с высокой степенью достоверности путем использования уравнений регрессии в виде:

$$C_{ij} = a_{ij} \cdot c_j + b_{ij},$$

где C_{ij} — концентрация i -ой аминокислоты в j -м виде сырья;
 a_{ij} и b_{ij} — численные коэффициенты;
 c_j — концентрация сырого протеина в j -м виде сырья.

Содержание же сырого протеина определяется на всех предприятиях практически в каждой партии сырья. Это позволяет, используя указанные уравнения, определять аминокислотный состав с высокой степенью достоверности. В нашей программе применяются уравнения регрессии и коэффициенты компании Evonik (AMINODat 4,0).

Таблица 4. Вариант кормовой программы 2 для кур-несушек

Компонент	Ввод, %			
	1 фаза (18–37 недель)	2 фаза (38–48 недель)	3 фаза (49–61 неделя)	4 фаза (62–90 недель)
Пшеница	43,47	41,74	41,50	45,14
Кукуруза	15,00	20,00	20,00	20,00
Шрот соевый	7,19	—	—	—
Шрот подсолнечный	14,68	20,22	20,77	17,46
Мука мясокостная	3,01	3,25	0,73	1,51
Масло подсолнечное	4,00	3,66	4,00	2,34
Монохлоргидрат лизина	0,32	0,39	0,39	0,38
DL-метионин	0,23	0,19	0,17	0,16
L-треонин	0,09	0,09	0,08	0,09
Поваренная соль	0,09	0,10	0,12	0,12
Монокальцийфосфат	0,69	0,50	0,51	0,39
Известняковая мука и мел	10,54	10,17	10,99	11,69
Сульфат натрия	0,18	0,18	0,23	0,21
Фермент Агроксил	0,005	0,005	0,005	0,005
Фермент Агрофит 5000	0,005	0,005	0,005	0,005
Премикс	0,5	0,5	0,5	0,5
Цена 1 т комбикорма, руб.	15 978	13 527	13 226	12 600

Таблица 5. Экономический анализ кормовой программы

Показатель	1 фаза	2 фаза	3 фаза	4 фаза	Итого
Цена корма, руб./т	15 978	13 527	13 266	12 600	—
Длительность фазы, недели	17–37	37–48	48–61	61–90	17–90
Среднее поголовье в фазе	48 500	48 000	47 500	47 000	—
Суточная дача корма, г/гол.	98	105	105	104	—
Продуктивность, %	94,0*	90,0	87,5	77,0	—
Потребление корма, т	632,15	388,08	453,86	992,26	2466,35
Стоимость корма, млн руб.	10,1	5,250	6,003	12,502	33,86
Получено яиц, млн шт.	2,225	3,326	3,782	7,347	19,680
Затраты корма на 10 яиц, руб.	1,21	1,167	1,20	1,351	1,253
Себестоимость яйца, руб.	3,52	2,87	2,89	3,1	3,13
Цена реализации, руб.	3,7	3,8	3,9	4,0	3,87
Рентабельность	5,11	32,4	34,95	29,03	23,64

*В первую фазу с 18 по 23 неделю продуктивность — 50%, далее — 94%.

Выводы данного раздела:

- программа оценивает погрешности оценки химического состава компонентов и на этой основе прогнозирует возможные отклонения в химическом составе комбикорма;
- программа анализирует риски выхода показателей качества за границы допусков и минимизирует финансовые издержки на обеспечение гарантий качества;
- переваримая, обменная и чистая энергия компонентов может быть рассчитана с использованием нескольких мировых систем оценки энергии;

Таблица 6. Сводный экономический анализ кормовых программ

Фаза	КП-1			КП-2			КП-3			КП-4			КП-5		
	ОЭ	СД	Цена	ОЭ	СД	Цена	ОЭ	СД	Цена	ОЭ	СД	Цена	ОЭ	СД	Цена
1	288	93	18 408	285	98	15 978	282	103	14 361	280	108	13 368	277	113	12 469
2	286	100	14 888	282	105	13 527	279	110	12 642	276	115	12 019	272	120	11 592
3	284	100	14 389	280	105	13 226	276	110	12 284	272	115	11 537	267	120	11 283
4	282	99	13 730	275	104	12 600	268	109	11 567	262	114	11 152	255	119	10 875
Рентабельность кормовой программы, %	17,27			23,64			28,57			29,87			29,43		

КП — кормовая программа; ОЭ — обменная энергия рациона, ккал / 100 г; СД — суточная дача корма, г / гол.;
Цена — цена 1 т комбикорма, руб.;

- аминокислотный состав компонентов может быть рассчитан по уравнениям регрессии через содержание сырого протеина;
- в базе данных программы присутствуют коэффициенты переваримости питательных веществ, в том числе дифференцированные для молодняка и взрослых животных.

ИСКУССТВО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРМЛЕНИЯ

В новой версии программного комплекса «Корм Оптима Эксперт» нами разработана опция расчета программ кормления, позволяющая одновременно проводить оптимизацию и экономический анализ всех рецептов кормов (программы кормления), в одном рабочем окне. Исполнение программы кормления предполагает достижение вполне определенных показателей роста и продуктивности животных. Сбалансированная, экономически обоснованная программа кормления обеспечивает высокий уровень рентабельности производства, и наоборот, неграмотно составленная программа приводит к снижению рентабельности или убыткам.

Ниже приведены результаты расчета и анализа пяти вариантов кормовых программ для продуктивного периода кур-несушек кросса Хай-Лайн.

В соответствии с нормативами кросса по кормлению формируются кормовые программы, и для каждой из них производится оптимизация рационов. В качестве примера приведем вариант кормовой программы 2 со следующими требованиями к обменной энергии по фазам: 1 фаза — 285; 2 фаза — 282; 3 фаза — 280; 4 фаза — 275 ккал / 100 г (табл. 4). Суточная дача корма по фазам, соответственно: 98; 105; 105; 104 г / гол. В результате расчетов получены рационы с питательной ценностью, соответствующей требованиям нормативов кросса (мы просим читателей не под-

вергать строгой критике наши рационы, наша главная задача — продемонстрировать возможности программы).

Далее проводится экономический анализ кормовой программы. В таблице 5 в качестве примера представлен анализ одной из кормовых программ так, как это происходит в программе.

Затем последовательно проводится оптимизация и экономический анализ всех кормовых программ.

В таблице 6 приведены наиболее важные фрагменты экономического анализа всех пяти вариантов кормовых программ для кросса Хай-Лайн.

Анализ таблицы 6 позволяет сделать следующие выводы:

- рентабельность имеет максимальное значение для кормовой программы КП-4;
- рентабельности кормовых программ ПК-3, ПК-4 и ПК-5 близки, и пользователь без ущерба может выбрать любую из них, руководствуясь еще и технологическими соображениями;
- кормовые программы ПК-1 и ПК-2 менее эффективны из-за высокой концентрации питательных веществ в кормах и высокой их цены.

Следует добавить, что такие результаты получены для конкретного состава сырья, цен на него и цен реализации продукции. При другой комбинации этих факторов могут быть другие результаты. Достоинство данной функции заключается в том, что пользователь в течение нескольких минут проводит такой обширный анализ.

В заключение отметим, что трижды в год мы проводим тренинг-семинары по повышению квалификации специалистов, занимающихся оптимизацией рационов животных и птицы. Проведен уже 21 семинар, на которых повысили свою квалификацию 660 человек. ■