

# ОПТИМИЗАЦИЯ КОРМЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ МОЛОЧНЫХ КОРОВ

**С. КУЗНЕЦОВ, Л. ЗАБОЛТНОВ**, доктора биол. наук, ЗАО «Витасоль»

**И. ПАНИН**, д-р техн. наук, **В. ГРЕЧИШНИКОВ, А. СЫРЬЕВ, А. ПАНИН**, ООО «КормоРесурс»

**Н. БУРЯКОВ**, д-р биол. наук, **М. БУРЯКОВА**, канд. с.-х. наук, РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева

Современное молочное животноводство может быть рентабельным только при условии высокой продуктивности коров и сохранении ими здоровья и воспроизводительных функций длительный период. При этом кормление является ведущим фактором, влияющим на зоотехнические и экономические показатели скотоводства.

Практика передовых предприятий показывает, что высокие надои и одновременно высокий уровень рентабельности обеспечиваются при выполнении ряда правил кормления коров:

- концентрация питательных и биологически активных веществ в рационе и их соотношение (сбалансированность) должны соответствовать требуемому уровню продуктивности, живой массе, ее приросту, условию содержания животных, параметрам окружающей среды и др. При этом следует помнить: как дефицит, так и избыток питательных веществ снижает продуктивность;
- скармливать животным необходимо корма высокого качества;
- рационы должны составляться с помощью компьютерных программ, позволяющих минимально снижать стоимость рациона и максимально повышать продуктивность при заданном качестве кормов и продукции скотоводства.

Создание сбалансированного рациона — непростая задача, которая решается в несколько этапов.

*В начале расчетов* подбирается перечень показателей, необходимых и достаточных для обеспечения потребности животных в питательных веществах. Чем меньше набор балансируемых показателей, тем проще составить рацион (и тем дешевле он будет), ведь каждый новый показатель является дополнительным ограничением. В то же время чем меньше показателей, тем меньше учитывается физиологических факторов, влияющих на продуктивность, то есть чем хуже сбалансирован рацион, тем ниже продуктивность.

В настоящее время для балансирования рационов высокоудойных коров применяются следующие показатели: обменная энергия и чистая энергия лактации; сырой протеин, расщепляемый в рубце протеин (РП) и нерасщепляемый в рубце протеин (НРП); сырая клетчатка, кислотно-детергентная клетчатка (КДК) и нейтрально-детергентная клетчатка (НДК); легкопереваримые углеводы — сахар и крахмал; минеральные вещества — кальций, фосфор, магний, натрий. Биологически активные вещества (витамины и микроэлементы) в гарантированном количестве вводятся в премиксы и в оптимизации, как правило, не участвуют.

*На втором этапе рассчитывается* потребность коровы в перечисленных выше питательных веществах. При этом учитываются: живая масса животного, заданный уровень продуктивности, требования к качеству молока (содержание белка и жира), период стельности, условия содержания (привязное или беспривязное) и параметры окружающей среды (температура, влажность). Решить эту задачу возможно двумя способами: либо использовать справочную литературу, в которой попытаться отыскать нормативы потребности в питательных веществах исходя из продуктивности животных и качества продукции (в соответствии с поставленной задачей), либо по определенным алгоритмам рассчитать потребность в каждом питательном веществе. Поскольку с помощью справочной литературы довольно трудно определить нормативы, которые точно соответствовали бы конкретным факторам этого комплекса, более правильным считаем подход, когда нормативы кормления рассчитываются по апробированным алгоритмам, в которых требования к продукции выступают как исходные данные.

*Третий этап расчета* включает в себя оценку питательной ценности компонентов корма по перечню показателей, по которому балансируется рацион. Это, несомненно, самый важный этап оптимизации. Известно, что сложно в условиях животноводческого комплекса провести анализ всех компонентов по всем показателям питательности. Но так никто и не поступает. Обычно анализируют ключевые показатели или показатели, вызывающие сомнение. Для остальных показателей специалисты используют таблицы питательности кормов со среднестатистическими величинами. Это относится в первую очередь к энергетическим показателям, РП, НРП, НДК, КДК, крахмалу, а также к коэффициентам переваримости питательных веществ. Однако применение среднестатистических показателей приводит к погрешности в оценке их значений. Погрешность будет тем меньше, чем обширнее список кормов определенного вида. Так, сенаж клевера может быть представлен в справочнике записью в одну строку, а может — десятком более детализированных записей, которые учитывают подвид или сорт растения, время заготовки, стадию вегетации (например: сенаж клевера красного, первый укос, начало цветения).

*Завершающий четвертый этап* — это собственно расчет состава рациона из имеющихся ресурсов сырья. На этом этапе ставится задача составить рацион с требуемым количеством питательных веществ при его минимальной стоимости. Как правило, готовый рацион — это компромисс между

компьютером и специалистом, потому что первый не учитывает субъективных факторов. Предлагаемые компьютером варианты всегда самые дешевые, но они не всегда устраивают специалиста, так как одних кормов они требуют использовать больше, других — наоборот, экономить. Рацион при этом корректируется и получается приемлемый вариант.

Сейчас непросто выбрать правильную стратегию в оптимизации кормления животных. У специалистов по кормлению могут возникать вопросы: какой справочной литературой нужно пользоваться при расчете потребности животных в питательных веществах при оценке качества кормов; какие показатели обязательно исследовать в лаборатории, а какие можно взять из справочников; какую программу оптимизации необходимо применять.

На основании собственных научных исследований, а также анализа отечественных и зарубежных литературных источников нами разработаны научно-практические рекомендации для специалистов по кормлению молочных коров. Они включают в себя методику и алгоритмы расчета потребности животных в питательных веществах, нормативную базу по питательной ценности кормов, программное обеспечение по оптимизации рационов. Мы охватили широкий круг вопросов кормления, регуляции обмена веществ, пищеварения, промежуточного обмена, принципов оценки кормов и факторов потребности животных в питательных веществах и энергии. Это позволило сформулировать концепцию системы и оценить ее экспериментально. Нами разработан факториальный метод расчета питательной ценности рационов на основании требований к продуктивности, качеству молока (содержание белка и жира), условиям содержания, периоду стельности и к другим показателям.

За основу берется метаболическая (обменная) живая масса животного  $M^{0,75}$ , используемая в мировой практике при расчетах рационов, при дозировке фармакологических препаратов, которая пропорциональна уровню метаболизма у животных с живой массой от нескольких граммов до нескольких тонн. В нашей методике приводятся формулы для расчета потребности животных в питательных веществах. Например, расчет потребности молочных коров в чистой энергии для лактации производится по формуле (1).

Потребность животных в сухом веществе (СВ) рассчитывается по формуле (2).

При создании нормативной базы по кормам мы использовали не только отечественные, но и зарубежные источники, в которых изложено более детализированное описание кормов, заготовленных в разные стадии вегетации растений. Например, в них приводится питательная ценность клеверного силоса 14 разновидностей в зависимости от сорта клевера, сроков уборки (первый или второй укос) и стадий вегетации. Существенно расширен перечень показателей питательности. Наряду с общими зоотехническими показателями даются коэффициенты доступности питательных веществ, которые позволяют рассчитывать значения обменной энергии и чистой энергии лактации компонентов корма.

На проблеме оценки энергии кормов остановимся более подробно ввиду важности данного показателя. При

оптимизации рационов (для всех видов животных) наибольшее погрешности имеются при оценке энергии компонентов корма. Этот важнейший показатель, как известно, определяется не прямыми, а косвенными методами, по уравнениям регрессии через протеин, клетчатку, БЭВ и другие показатели.

В большинстве стран с высоким уровнем развития молочного животноводства (США, Великобритания, Германия, Голландия и др.) энергетическую ценность кормов и потребность коров в энергии для поддержания жизни и производства молока принято выражать не только в обменной энергии, но и в «чистой энергии для лактации» (ЧЭЛ). Величину ЧЭЛ получают путем вычитания из обменной энергии той части энергии, которая затрачивается на теплопродукцию.

Несколько научных школ в разных странах разработали системы оценки энергии компонентов кормов и кормовых смесей, различающиеся применением зоотехнических анализов: в одних используются значения протеина, жира, клетчатки, БЭВ; в других — протеина, жира, крахмала, сахара. Одни системы включают в себя значения «сырых» показателей, другие — «усвояемых». Для сравнения рассмотрим две системы оценки энергии: первая основывается на показаниях в кормах сырых протеина, жира, клетчатки и БЭВ, вторая учитывает в расчетах значения сырых протеина, жира, крахмала, сахара и безазотистого остатка, а также усвояемость этих веществ в организме животных.

В первой системе чистая энергия для лактации определяется через значение обменной энергии (МДж в 1 кг СВ) по формуле (3). Для оценки обменной энергии в кормах применяются уравнения, приведенные в таблице 1.

Во многих зарубежных системах оценка энергии компонентов корма и кормовых смесей проводится по единым формулам. Это становится возможным благодаря более детальному анализу углеводной фракции и выделению из нее крахмала и сахара, а также определению содержания жира, протеина, сырой золы.

В качестве примера рассмотрим так называемую Ростоцкую систему оценки энергии кормов (Rostocker Futterbewertungssystem), в которой для всех видов кормов обменная и чистая энергия лактации (кДж) определяется по уравнениям регрессии (4) и (5).

Нами проведен сравнительный анализ оценки энергетической ценности трех широко распространенных компонентов корма — сена из люцерны до бутонизации, силоса из кукурузы молочно-восковой спелости и сенажа из вики до бутонизации по различным методикам: первый — по формуле (3) и уравнениям из таблицы 1; второй — по фор-

**Таблица 1. Уравнения для расчета обменной энергии кормов, МДж/кг СВ**

Вид корма	Уравнение
Сено	$13,1 \cdot (1,0 - 1,05 \cdot CK)$
Сенаж	$5,59 + (0,2509/CK) + 20,2 \cdot СП$
Силос	$0,82 + (2,375/CK) + 7,0 \cdot СП$
Зеленые корма	$15,0 - 18,0 \cdot CK$
Концентрированные корма	$12,0 \cdot СП + 31,0 \cdot СЖ + 5,0 \cdot СК + 13,0 \cdot БЭВ$

Формула 1	$\text{ЧЭЛ} = 0,08 \cdot M^{0,75} + (0,0929 \cdot Z + 0,0547 \cdot BM + 0,192 \cdot (0,0395 \cdot LTZA)) \cdot V + 0,00045 \cdot R \cdot M + 0,0012 \cdot M + \frac{(0,00318 \cdot B - 0,0352) \cdot 0,00222 \cdot MT}{0,218}$ <p>где <math>Z</math> — содержание жира в молоке, %; <math>BM</math> — содержание белка в молоке, %; <math>LTZA</math> — содержание лактозы в молоке, %; <math>V</math> — суточный удой, кг; <math>R</math> — расстояние, пройденное животным за день, км; <math>M</math> — живая масса, кг; <math>B</math> — сроки стельности, дни; <math>MT</math> — живая масса теленка, кг (этот показатель учитывается в период со 190 по 279 день стельности, в остальные периоды он принимается равным нулю).</p> <p>Слагаемое <math>(0,0012 \cdot M)</math> учитывает затраты энергии животного на поиск корма и применяется при расчетах рационов в пастбищный период.</p>
Формула 2	$\text{ПСВК} = (OЭ \cdot K) / (100 \cdot EK),$ <p>где <math>OЭ</math> — потребность в обменной энергии корма, МДж; <math>K</math> — планируемое количество концентрированных кормов от сухого вещества рациона, %; <math>EK</math> — концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества концентрированных кормов, МДж.</p>
Формула 3	$\text{ЧЭЛ} = 0,6 \cdot (1 + 0,004 \cdot (q - 57)) \cdot OЭ,$ <p>где <math>0,6</math> — коэффициент использования <math>OЭ</math> для образования молока; <math>q = (OЭ/ВЭ) \cdot 100</math> — доступность энергии, %; <math>ВЭ</math> — валовая энергия корма (<math>23,9 \cdot СП + 39,8 \cdot СЖ + 20,1 \cdot СК + 17,5 \cdot БЭВ</math>, где <math>СП, СЖ, СК, БЭВ</math> — содержание соответственно сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ).</p>
Формулы 4 и 5	$OЭ = 17,3 \cdot СП_y + 34,0 \cdot СЖ_y + 15,9 \cdot Крх_y + 15,1 \cdot Сх_y + 15,4 \cdot БО$ $\text{ЧЭЛ} = 7,2 \cdot СП_y + 20,0 \cdot СЖ_y + 10,1 \cdot Крх_y + 8,3 \cdot Сх_y + 8,2 \cdot БО_y \cdot (-0,5574 + 0,04050 \cdot OЭ_y - 0,0002633 \cdot OЭ_y^2),$ <p>где <math>СП_y, СЖ_y, Крх_y, Сх_y, БО_y, OЭ_y</math> — содержание в корме усвояемых сырого протеина, сырого жира, крахмала, сахара, безазотистого остатка (г) и обменной энергии (МДж/кг СВ).</p> <p>Безазотистый остаток определяется выражением: <math>БО = СВ - СЗ - СП - СЖ - Крх - Сх</math>, где <math>СЗ</math> — сырая зола, г.</p> <p>Содержание усвояемых питательных веществ в корме рассчитывается умножением общего количества питательного вещества на коэффициент его усвояемости в данном виде корма.</p>

мулам (4) и (5). Сведения о питательной ценности этих кормов и о доступности питательных веществ из них приведены в таблице 2.

Данные таблицы 3 показывают, что отличия в оценке энергии сена люцернового, силоса кукурузного и сенажа из вики в зависимости от применяемой системы довольно значительные (до 14% по  $OЭ$  и до 9% по  $ЧЭЛ$ ). Несомненно, что такие отличия возникнут и при составлении рациона: при одних и тех же исходных данных он будет различаться по энергетической ценности в зависимости от метода оценки энергии компонентов. Ростовская система, как и другие системы, может быть рекомендована специалистам по кормлению там, где в кормах определяется

содержание протеина, жира, крахмала, сахара, золы, а также показателей, которые присутствуют в уравнениях.

Итак, если имеются алгоритмы расчета нормативов кормления, база данных по питательности компонентов корма и методики расчета их энергетической ценности, то можно приступить к оптимизации рациона.

На базе программного комплекса «Корм Оптима Эксперт» нами разработан модуль «Рацион», который использует описанные выше алгоритмы, включает в себя нормативную базу (расширенный перечень сырья, сведения о содержании питательных веществ и доступности их в организме, различные формулы для оценки  $OЭ$  и  $ЧЭЛ$  компонентов) и производит оптимизацию рациона. ⇒

**Таблица 2. Питательная ценность и доступность питательных веществ кормов**

Вид корма	СВ, %	Показатели питательности, % в СВ							Коэффициенты усвояемости, %					
		СП	СЖ	КР	сахар	БО	БЭВ	СК	протеина	жира	крахмала	сахара	БО	энергии
Сено люцерновое	85,0	22,0	3,0	2,0	2,0	59,0	38,3	30,4	76,0	45,0	97,0	97,0	65,0	66,0
Силос кукурузный	22,0	8,5	3,0	14,0	7,0	59,5	53,5	27,0	50,0	70,0	97,0	97,0	68,0	69,0
Сенаж из вики	35,0	18,8	4,4	3,0	5,0	56,3	38,9	25,4	73,0	59,0	97,0	97,0	68,0	68,0

**Таблица 3. Энергетическая ценность кормов, рассчитанная по различным методикам, МДж/кг**

Показатель	Сено люцерновое		Силос кукурузный		Сенаж из вики	
	первый метод	второй метод	первый метод	второй метод	первый метод	второй метод
Обменная энергия	8,91	9,87 (+9,7%)	9,38	10,9 (+13,9%)	9,6	10,37 (+7,4%)
Чистая энергия для лактации	5,12	4,84 (−5,8%)	5,52	5,89 (+6,3%)	5,66	5,21 (−8,6%)

Производственная проверка математической модели и нормативной базы модуля «Рацион» проводилась в течение нескольких лет в ряде хозяйств европейской части России. В ходе проверки отбирались образцы кормов в хозяйствах и анализировались в лаборатории ЗАО «Витасоль». На основании данных химического анализа по предлагаемой методике для хозяйств рассчитывались рационы для коров в различные фазы лактации и в сухостойный период. Приводим сведения о некоторых из них.

ООО «Агрофирма Амтел» Комаричского района Брянской области в 2008–2009 гг. закупило 683 нетели голштинской породы, которых кормили только в соответствии с нашими рекомендациями. В результате по первой лактации от 680 коров надоено по 6840 л молока. В ОАО «Агрофирма Вельская» Вельского района Архангельской области надои от 1400 голов составили 7200 кг молока от коровы (совместная работа продолжается в течение двух лет). КФХ «Сапфир» Хомутовского района Курской области работает по такой же схеме четыре года, используя разработанные нами рационы. В 2010 г. здесь от 400 коров симментальской породы получено по 6600 л молока за лактацию и от 400 коров голштинской породы по 7050 л. В СПК «Гавриловское» Суздальского района Владимирской области и в ЗАО «Дашковка» Серпуховского района Московской области

соответственно от 1500 и 550 коров черно-пестрой породы надоили по 6800 л молока за лактацию (сотрудничество с первым хозяйством длится более пяти лет). В ЗАО «Константиново» Пензенского района Пензенской области удой по стаду 1500 коров составил в среднем 6500 л молока за лактацию (совместная работа — шесть лет).

Разработанная нами методика обсуждалась на научно-техническом совете Департамента животноводства и племенного дела Минсельхоза РФ (протокол №36 от 17 сентября 2011 г.) и была рекомендована к применению. Данный документ издан в виде методического пособия «Оптимизация кормления высокопродуктивных молочных коров» тиражом 1200 экземпляров.

В статье использовалась следующая литература: «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие» (2003); Л.А. Заболотнов «Актуальные проблемы прогнозирования и субстратной оценки состояния метаболизма у сельскохозяйственных животных» (ВНИИФБиП, 1997); Н.П. Буряков «Кормление высокопродуктивного молочного скота» (2009); Kirchgessner M. Tierernahrung (DLG-Verlag-GmbH, 2004); Rostocker Futterbewertungssystem (Rostock, 2004); «Нормы потребностей молочного скота в питательных веществах» (NRC, 2007). ■