



УДК 636.2.085.2:591.13

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМА ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

(Обзорная)

Рецензенты: доктор с.-х.наук Русько М.П.; доктор с.-х.наук Линник В.С.

В.В. Цюпко, В.В. Пронина
Институт животноводства УААН

В статье представлены современные методические подходы к оценке потребностей крупного рогатого скота в энергии и к определению энергетической питательности корма. Подчеркнута зависимость эффективности использования энергии на отдельные функции от концентрации энергии в рационе. Так, при концентрации доступной для обмена энергии 10 МДж/кг сухого вещества корма эффективность использования на молокообразование составляет 61 %, на прирост – 44 %, а при концентрации 12 МДж/кг сухого вещества, соответственно, - 65 и 53 %. Освещены принципиальные подходы к нормированию в разных системах: в системе чистой энергии и доступной для обмена энергии.

Ключевые слова: чистая, доступная для обмена энергия, нормирование, эффективность использования

По существу проблема нормирования энергетического питания сводится к определению, или оценке, трех факторов. Во-первых, это – оценка чистых потребностей животного, во-вторых, определение содержания переваримой и доступной для обмена энергии в корме и, в-третьих, определение эффективности использования энергии корма на удовлетворение чистых потребностей.

Вашему вниманию предлагаются основные и неизменные до сих пор принципы расчета потребностей животных в энергии и принципы определения содержания энергии в корме, выраженные в единицах чистой энергии (ЧЭ) и в единицах доступной для обмена энергии (ДООЭ).

Можно считать, что настоящая работа является введением в освоение и использование подробных или полных рекомендаций по системам энергетического питания крупного рогатого скота молочного и мясо-молочного направлений продуктивности.

Потребности животных в энергии определяются как сумма затрат на поддерживающий обмен, на отложение белка и жира в теле растущих животных и на продукцию молока. Факториальный метод расчета потребностей основан на определении так называемых «чистых» потребностей (схема).

Чистые потребности на поддерживающий обмен эквивалентны продукции энергии на поддержание температуры тела животного без затрат на прием и переваривание корма. Чистые потребности при этом определяются по затратам тепла организмом животных после 72 часов голодания в термонеutralных условиях (приблизительно от +5 до +20 °С). Теплоотдача физических тел зависит от площади поверхности тела. Площадь поверхности тела большинства фигур определяется как произведение объема в степени 0,67 на коэффициент, определенный для каждой из фигур. Так, площадь поверхности шара равна объему в 0,67 степени, умноженному на 4, а площадь куба - объему в 0,67 степени, умноженному на 5,9.

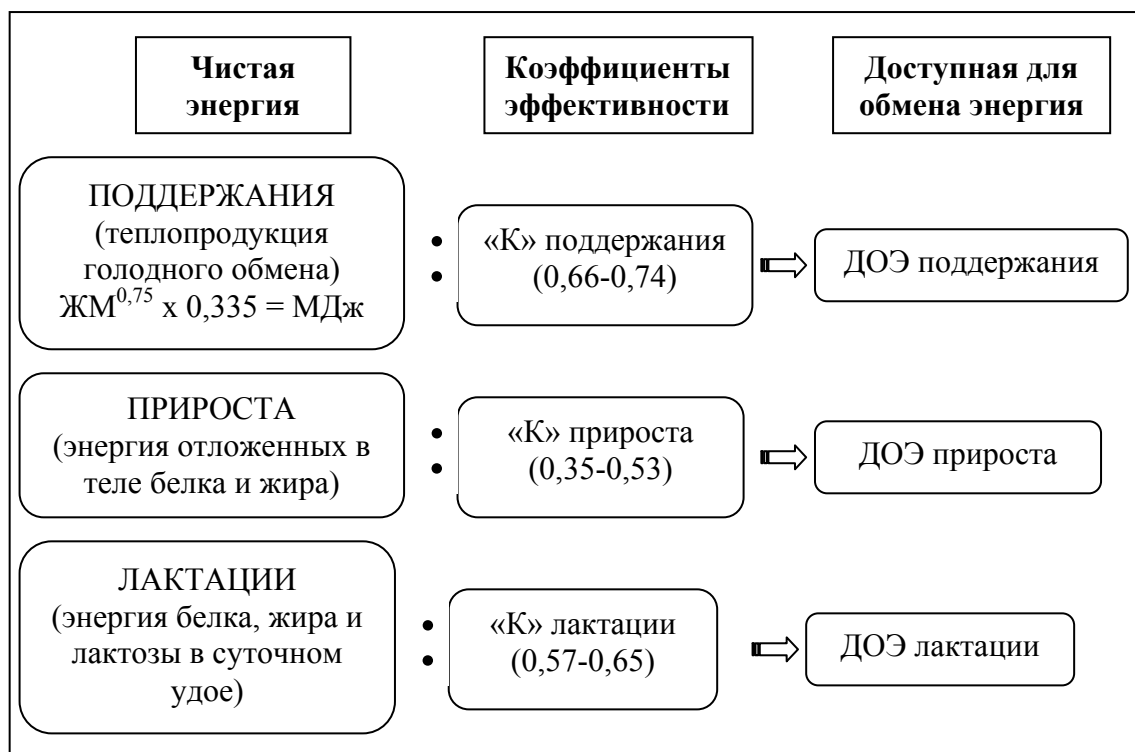


Схема. Расчёт потребностей в чистой и доступной для обмена энергии.

Для определения теплоотдачи не обязательно определение площади поверхности. Американские учёные Клайбер и Броди (цит. по [4]) определяли теплопотери животных и откладывали на полулогарифмической бумаге полученные величины для животных с разной массой. Оказалось, что величины тепловыделения, а значит, и теплопродукции голодного обмена в расчете на 1 кг живой массы в степени 0,75 являются близкими у всех обследованных видов. Эта величина живой массы в степени 0,75 и используется для определения теплопродукции голодного или основного обмена, или чистых затрат на поддержание. Теплопродукция голодного обмена складывается из выделения тепла в процессах обновления тканей, кровообращения и дыхания. На единицу живой массы в степени 0,75 телки, бычки-кастраты и яловые коровы расходуют 0,335 МДж (80 Ккал), а быки-производители, некастрированные бычки и лактирующие коровы - 0,400 МДж (95,5 Ккал). Теплопродукция у высокопродуктивных голштинских и джерсейских коров примерно на 15 % выше – около 0,460 МДж. Умножением этих величин на живую массу в степени 0,75 и определяются чистые потребности на поддержание.

Чистые потребности на прирост определяются по содержанию энергии в суточном приросте, то есть по содержанию энергии в белке и жире, отложенных в суточном приросте. Существуют уравнения регрессии как для определения белка и жира, так и энергии в суточном приросте. Как правило, существующие уравнения разработаны для бычков-кастратов. Для растущих телок, в теле которых откладывается больше жира и меньше белка (по сравнению с бычками-кастратами такой же живой массы), содержание энергии в приросте увеличивается на 15 %. Для растущих некастрированных бычков, в теле которых откладывается меньше жира и больше белка (по сравнению с бычками-кастратами), содержание энергии в приросте снижается на 15 %. Все эти величины, разумеется, являются лишь приблизительными и постоянно

уточняются в очень сложных и трудоемких опытах. Общие закономерности различий в составе прироста и содержания энергии в нем состоят в следующем:

1. В теле самок (телок) в единице прироста откладывается больше жира, чем у бычков такой же массы тела; следовательно, и содержание энергии в единице прироста у телок выше.

2. С увеличением живой массы в единице прироста увеличивается содержание жира и снижается содержание белка. Следовательно, количество энергии в единице прироста с увеличением живой массы повышается.

3. Содержание энергии в 1 кг прироста или потерь живой массы у взрослых коров принимается постоянным – 25 МДж.

Чистые потребности на лактацию эквивалентны количеству энергии в суточном удое и определяются суммарной калорийностью жира, белка и лактозы.

Содержание чистой энергии в приросте и молоке, а также теплопродукция голодного обмена не показывают, какое количество энергии, поступающей с кормом, необходимо затратить на эти «чистые потребности». Для работы по синтезу и отложению перечисленных соединений необходимы соответствующие затраты. Отношение чистой энергии к общим затратам энергии на синтез и отложение определяются как эффективность использования энергии, поступившей из желудочно-кишечного тракта, или эффективность использования ДОЭ. Эффективность использования ДОЭ неодинакова для каждой из функций. Кроме того, эффективность использования ДОЭ зависит от концентрации энергии в сухом веществе рациона (табл. 1).

1. Эффективность использования ДОЭ на отдельные функции при разной концентрации энергии [2]

Концентрация ДОЭ (МДж/кг СВ)	Эффективность использования ДОЭ		
	на поддержание	на прирост	на лактацию
6	0,62	0,26	0,54
7	0,64	0,30	0,56
8	0,66	0,35	0,58
9	0,68	0,39	0,59
10	0,70	0,44	0,61
11	0,72	0,48	0,63
12	0,74	0,52	0,65
13	0,75	0,57	0,67

Закономерности формирования величины эффективности использования энергии будут рассмотрены ниже. Из приведенных данных об общих потребностях организма на отдельные функции видно, что наиболее высокая эффективность использования поступившей из желудочно-кишечного тракта энергии на поддерживающий обмен: на реальных рационах в среднем 0,71. Наиболее низкая эффективность и наиболее высокие затраты энергии на прирост: в среднем 0,46. Использование энергии на лактацию или синтез молока занимает промежуточное положение. (Для определения средних взяты рационы с концентрацией ДОЭ от 8 до 13 МДж в 1 кг сухого вещества).

Таким образом, на 1 МДж чистой энергии поддержания необходимо использовать $1:0,71 = 1,41$ МДж; на единицу отложенной в теле энергии – $1:0,46 = 2,17$; и на единицу энергии, выделенной с молоком, - $1:0,62 = 1,61$ МДж ДОЭ, или энергии, поступившей из переваренного в желудочно-кишечном тракте корма.

Представляет интерес окончательная доработка рекомендаций по нормированию энергии в Великобритании. Ознакомившись с расчетами ученых, Министерство сельского хозяйства «попросило» увеличить в рекомендациях величину потребностей на 5 %, что, по их мнению, должно являться «страховым фондом» от возможных ошибок.

Превращения энергии в организме животных и оценка энергетической ценности корма, выраженная в разных единицах.

Второй составляющей любой системы нормирования является оценка содержания и доступности энергии в любом корме. Содержание энергии в корме выражается либо в единицах тепла – калориях (кал), либо работы – Джоулях (Дж). Одна калория эквивалентна 4,184 Джоуля и, соответственно, 1 Джоуль эквивалентен 0,239 калории. 1 килоджоуль (КДж) равен 1000 джоулей, 1 мегаджоуль (МДж) – 1000 КДж.

Количество энергии в единице корма выражается в единицах, соответствующих его усвоению и использованию. Как правило, количество энергии, протеина и других элементов питания определяется в сухом веществе (СВ) корма. Первым показателем энергетической питательности корма является общая, или валовая энергия. Она определяется либо сжиганием единицы корма в калориметрической бомбе, либо на основании содержания в сухом веществе корма «сырых» питательных веществ в соответствии с калорийностью каждого из компонентов. Содержание энергии в отдельных соединениях натурального корма, в кале, а значит и в переваримых питательных веществах представлено в табл. 2.

2. Содержание энергии в переваримых питательных веществах

(Неринг и сотр., 1969, цит. по [2])

Питательное вещество	Переваримая энергия		Доступная для обмена энергия	
	МДж	Мкал	МДж	Мкал
Органическое вещество	19,40	4,40	15,60	3,73
Сырой протеин (в среднем)	24,23	5,79	15,20	3,63
Сырой жир (в среднем)	34,10	8,15	34,19	8,17
Сырая клетчатка (в среднем)	18,54	4,43	12,80	3,06
БЭВ	17,00	4,06	15,90	3,80

Количество валовой энергии в СВ большинства кормов является близким – около 18 МДж в 1 кг СВ. Исключением являются корма из масличных культур, содержание энергии в которых значительно выше.

Первым этапом усвоения энергии является переваривание отдельных питательных веществ корма. Переваримость, а значит и содержание переваримых питательных веществ и переваримой энергии (ПЭ) резко различаются в отдельных кормах. Так содержание переваримых питательных веществ в соломе составляет около 30 – 35 %, в то время как в зерне (ячмень) достигает 70 % и выше. Исходя из этого, содержание переваримой энергии в соломе составляет около 35 % от валовой, а в ячмене – 70 %. Содержание ПЭ в корме является важнейшим показателем, определяющим все другие показатели энергетической ценности.

В США существует система оценки корма по проценту суммы переваримых питательных веществ (СППВ) в СВ корма, которая является вариантом оценки корма по переваримой энергии. В 1 кг СППВ содержится около 18,4 МДж (4,4 Мкал) ПЭ. Количество переваримых питательных веществ в

единице корма обычно определяют при содержании животных на уровне, близком к поддерживающему. Известно, что при повышении уровня кормления переваримость снижается. Поэтому в США содержание энергии в корме определили на трехподдерживающем уровне. Величина содержания энергии при этом понизилась на 8 %.

ПЭ показывает, сколько валовой энергии корма всасывается в желудочно-кишечном тракте и рассчитывается по разности между валовой энергией потребленного корма и выделенного кала.

Однако не вся переваримая (исчезнувшая) энергия может использоваться в тканях, прежде всего на окисление. В тканях животных на образование энергии используются только углерод и водород. Радикалы азотсодержащих соединений, прежде всего аминогрупп, при окислении углеродных скелетов аминокислот не используются. Не используется на окисление и аммиак, который всасывается в достаточно большом количестве из преджелудков и толстого кишечника. Таким образом, для определения доступной для окисления (обмена) в тканях энергии необходимо исключить энергию азотистых соединений. Большая часть азотистых соединений выделяется с мочой в составе мочевины и других азотсодержащих соединений. Исходя из этого, для оценки доступности, из переваримой энергии вычитают энергию, содержащуюся в моче.

Соединением, очень богатым энергией, но не доступным для окисления в тканях тела, является метан (CH_4), образующийся при сбраживании корма в рубце. Кроме того, происходят потери энергии с углекислотой. В среднем на обычных рационах содержание не доступной для тканей животного энергии составляет около 18-19 % от переваримой энергии. На низкоконцентратных рационах выделяется метана и углекислоты больше, а на высококонцентратных – меньше. Исходя из этого, количество доступной для обмена (или окисления) энергии рассчитывают как разность между переваримой энергией, и энергией мочи и метана. Хотя продукция метана, и потери энергии при переваривании разных кормов неодинаковы, принято, что ДОЭ составляет 81 % ПЭ.

Наиболее заманчивой, однако, представляется оценка содержания энергии

3. Содержание доступной для обмена и чистой энергии прироста (жироотложения) в 1 кг сухого вещества корма

	Соло- ма	Яч- мень	Отно- шение
ДОЭ, МДж *	6,2	13,6	1 : 2,2
К прироста	0,27	0,59	-
чистой энергии прироста, МДж	1,67	8,02	1 : 4,6
овсяных к. ед.	0,28	1,38	1 : 4,6

в корме в единицах чистой энергии, что дает представление о питательности корма по продуктивной энергии. В табл.3 приведены данные сравнительной оценки питательности соломы и зерна ячменя в доступной для обмена и чистой энергии отложения.

Из таблицы 3 видно, что оценка в единицах чистой энергии дает более ясное

представление о сравнительной ценности этих кормов. Содержание чистой энергии в СВ корма рассчитывают умножением ДОЭ в СВ корма на коэффициент эффективности (К), соответствующий для каждой из функций (см. табл. 1). При этом в корме определяют или рассчитывают ЧЭ на каждую функцию отдельно. В таблицах норм США [6] энергетическая питательность в сухом веществе корма приведена в единицах ДОЭ, ЧЭ поддержания, ЧЭ лактации и ЧЭ прироста. В этих рекомендациях допускается, что «К» поддержания и лактации – одинаковы – 0,62. Поэтому потребность в энергии на поддержание и лактацию суммируются, и

обеспечение этих потребностей определяется по одному показателю – содержанию ЧЭ лактации.

В таблицах потребностей на прирост живой массы потребности на прирост и поддержание даны отдельно, а обеспечение кормом определяют отдельно, на основе данных о содержании в корме ЧЭ поддержания и ЧЭ прироста, или исходя из данных о потребностях и содержании энергии в единицах ДОЭ.

В этих же рекомендациях также приводятся данные и о содержании в корме СППВ, выраженной в процентах в СВ. Важной особенностью этих данных, как отмечалось, является определение СППВ не на одноподдерживающем уровне кормления, а на трехподдерживающем.

В последнее время оценку разных показателей энергии корма проводят по уравнениям регрессии, основанным на использовании содержания переваримой энергии и эффективности ее использования. Так, в рекомендациях NRC [6] предлагаются следующие уравнения:

$$\text{ПЭ (Мкал/кг)} = 0,04409 * \text{СППВ (\%)};$$

$$\text{ДОЭ (Мкал/кг)} = 1,01 * \text{ПЭ (Мкал/кг)} - 0,45;$$

$$\text{ЧЭ лактации (Мкал/кг)} = 0,0245 * \text{СППВ (\%)} - 0,12;$$

$$\text{ЧЭ прироста (Мкал/кг)} = 1,42 * \text{ДОЭ} - 0,174 * \text{ДОЭ}^2 + 0,0122 \text{ДОЭ}^3 - 1,65.$$

(Во всех случаях содержание энергии показано в СВ корма).

В разных странах используют неодинаковые системы энергетического питания. Так, в Великобритании используют систему ДОЭ (metabolizable energy), в США – ЧЭ лактации, в европейских странах – ЧЭ прироста (жироотложения). Во Франции и скандинавских странах чистую энергию выражают в ячменных кормовых единицах, в Германии – в единицах чистой энергии, выраженной в калориях. В бывшем Советском Союзе и до сих пор в Украине содержание энергии в корме и потребности выражают в чистой энергии прироста (жироотложения) в виде овсяных кормовых единиц [1]. Принято, что 1 кормовая единица содержит 1414 ккал ЧЭ, что эквивалентно отложению 150 г жира при скармливании единицы корма сверх потребностей на поддержание.

В России недавно приняты рекомендации [3] по оценке потребностей и содержания энергии в корме в системе ДОЭ, традиционно неверно называемой «обменной» энергией. Обменной энергией (metabolic energy) в мировой практике принято называть не всю энергию, поступившую из желудочно-кишечного тракта, а только энергию, используемую на окисление. В рекомендациях, изданных в Советском Союзе и России, нет отдельных расчетов потребностей на поддерживающий обмен, прирост и лактацию, что делает невозможным оценить затраты на продуктивный обмен.

Какая система более удобна? По точности все современные системы оценки потребностей и энергетической ценности корма достаточно точны. Во всех системах заложены данные о переваримости корма и эффективности использования ДОЭ, полученные не в данной стране, а мировые данные. Поэтому не принято называть рекомендации, используемые в разных странах, как американские, английские, французские; их называют по имени разработчиков: NRC, ARC, INRA.

При использовании любой системы необходимо определять потребности животных в чистой энергии, а содержание энергии в корме – в единицах доступной для обмена энергии. В системе чистой энергии содержание ее в корме определяют как произведение ДОЭ на соответствующий коэффициент эффективности. В системе доступной для обмена энергии потребности в чистой

энергии пересчитывают в единицы ДОЭ путем деления величины чистых потребностей на тот же соответствующий коэффициент эффективности.

Возникает вопрос: какая система нормирования лучше – по чистой энергии или по доступной для обмена. Однако все системы имеют одни и те же исходные: чистые потребности на поддержание, прирост и молокообразование. Во всех случаях необходим пересчет по ДОЭ через коэффициенты эффективности. Сумма ДОЭ на поддержание и прирост умноженная на «К» прироста, дает потребность в чистой энергии прироста (жироотложения). Сумма ДОЭ на поддержание и лактацию, умноженная на «К» лактации, дает величину потребностей, выраженную в единицах чистой энергии лактации (используется в США). В корме после определения ДОЭ из ПЭ, умножением на соответствующий коэффициент эффективности, получают чистую энергию прироста или лактации. Для пересчета энергии из одной системы в другую величины чистой энергии прироста делят на «К» прироста и получают величину энергии в системе ДОЭ. После умножения величин из системы ДОЭ на «К» лактации получают величину потребностей в системе чистой энергии лактации.

Описанные принципы заложены в формировании всех систем. Однако, многие уточнения, как потребностей в чистой энергии на каждую из функций, так и уточнения показателей эффективности использования ДОЭ включают при разработке современных уравнений регрессии [5]. В системе NRC [6] вместо ДОЭ для оценки кормов в уравнениях используют СППВ или ПЭ, поскольку «выход» ДОЭ из ПЭ принимается одинаковым.

При использовании любой системы следует иметь в виду, что ни одна из них не может дать стопроцентной гарантии полного удовлетворения потребностей животных. Это связано с индивидуальными особенностями отдельных животных в переваривании корма и преимущественной направленностью обмена в сторону молокообразования или отложения в теле. Поэтому рационы даже при точном соответствии с существующими нормами необходимо корректировать в зависимости от продуктивной реакции животных. При этом особое внимание следует уделять правильному нормированию протеинового питания и содержания основных минералов (кальций, фосфор, поваренная соль) в рационе, обеспечивающих переваривание и использование энергетического субстрата.

Библиографический список

- 1.Довідник по годівлі сільськогосподарських тварин /[Г.О.Богданов, В.Ф.Каравашенко, О.І.Зверев та ін.]. - За ред. Богданова Г.О. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1986. - 488 с.
- 2.Нормированное кормление крупного рогатого скота молочного и комбинированного направления продуктивности: Методические рекомендации /[В.В. Цюпко (руководитель), В.В. Пронина, Н.В. Василевский, Г.С. Злобина и др.]. – Х., 1995. – 78 с.
- 3.Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справоч. пособ./[А.П.Калашников, Н.И.Клеймёнов, В.Н.Баканов и др.].– Москва: Агропромиздат, 2003. [3-е издание]. – 455 с.
- 4.Цюпко В.В. Физиологические основы питания молочного скота /В.В.Цюпко. – К.: Урожай, 1984. – 152 с.
- 5.ARC. The Nutrient Requirements of Ruminants Livestock. – Supplement, N 1. C.A.B., London, 1984. - 45 p.

6.National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th Rev. Ed.) Washington, D.C.: National Academy Press. – 2001. - 382 p.

ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ПОТРЕБ В ЕНЕРГІЇ І ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЖИВНОСТІ КОРМУ ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Цюпко В.В., Проніна В.В., Інститут тваринництва УААН

У статті викладені сучасні методичні підходи щодо оцінки потреб великої рогатої худоби в енергії і до визначення енергетичної поживності корму. Підкреслено залежність ефективності використання енергії на окремі функції від концентрації енергії в раціоні. Так, при концентрації доступної для обміну енергії 10 МДж/кг сухої речовини ефективність використання енергії на молокоутворення становить 61%, на приріст – 44%, а при концентрації енергії 12 МДж/кг сухої речовини, відповідно, - 65 і 53 %. Висвітлені принципові підходи до нормування в різних системах: у системі чистої енергії і доступної для обміну енергії.

Ключові слова: чиста, доступна для обміну енергія, нормування, ефективність використання.

NUTRIENT & ENERGY DEMAND EVALUATION METHODS FOR CATTLE

Tzyupko V., Pronina V.; Institute of animal science, UAAS

This article highlights the experimental research results on the update nutrient & energy demand evaluation methods for cattle. The attention is focused on performance function efficiency subject to dietary energy level. Energy conversion efficiency constitutes 61% by milk production. This parameter amounts 44% by LWG. The net results were obtained by 10Mdj ME-DM ratio. 12Mdj energy concentration results in 65% milk yield & 53% LWG. Net & metabolite energy unit calculation techniques were elaborated for rationing.

Key words: net energy, metabolite energy, rationing, energy conversion efficiency.