

## МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

**Л.Я. Степук**, доктор технических наук,  
Белорусский НИИ механизации сельского хозяйства

**В.Б. Иоффе**, доктор сельскохозяйственных наук  
Племзавод "Порплище" Витебской области

УДК 631.363:658.562.3

### Методика оценки качества работы кормоприготовительного оборудования

С учетом того, что поедание кормов животными практически всегда носит вероятностный характер, рассмотрены существующие требования к неравномерности дозирования кормовых компонентов. С точки зрения теории вероятностей, основываясь на научных и практических данных показана недостаточная их обоснованность. Это обстоятельство явилось причиной появления тенденции на усложнение и удорожание конструкций дозирующих и смешивающих устройств, в частности, переход на весовое дозирование, что, в свою очередь, является тормозом широкого внедрения научно обоснованных технологий приготовления и скармливания различных кормовых смесей.

Известно, что в качестве обобщенного показателя питательности корма принята кормовая единица. Поэтому при оценке качества работы кормоприготовительного оборудования, в частности, дозирующих устройств, надо определять не фактическое отклонение расхода по массе, а отклонение по сухому веществу, или, что то же, в кормовых единицах, и сравнить их с зоотехническим допуском в кормовых единицах. Приведены формулы для определения возможных потерь продуктивности животных в зависимости от неравномерности дозирования. Доказано, что объемные дозаторы вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемым к кормоприготовительному оборудованию.

**П**олноценность рационов зависит от качества (неравномерности) дозирования отдельных компонентов. При этом предполагают, что чем меньше неравномерность дозирования, тем выше качество приготовленного конечного продукта, и наоборот.

Поскольку существует зависимость стоимости дозирующего устройства от его сложности, а сложность, в свою очередь, определяет точность дозирования (чем выше требуемая точность, тем сложнее, а следовательно, и дороже устройство), предел допускаемой неравномерности должен быть установлен достоверно, исходя из данных зоотехнической науки. Для различных компонентов, используемых при приготовлении кормовых смесей, с различной питательной ценностью и стоимостью этот предел, очевидно, также будет неодинаковым.

Действующими зоотехническими требованиями допускается отклонение расхода компонентов при приготовлении кормовых смесей для крупного рогатого скота, свиней в следующих пределах: концентрированных кормов  $\pm 5$ , корнеплодов, соломы, силоса, сенажа  $\pm 15\%$ .

*Taking into account that the feed consumption by animals has the probable character in practice the existing demands to unstable dosing of the feed components have been considered. Proceeding from the theory of probabilities and basing on scientific and practical data their insufficient argumentation was shown. It was the reason for making dosing and mixing equipment more complicated and expensive, particularly adoption of the weight dosing that in its turn is the limit factor of application of scientific grounded technologies of making and feeding of the different feed mixture.*

*It is a common knowledge that the feed unit is the general index of nutrition of feed. That is why in order to estimate the quality of feed processing equipment's work it is necessary to define not an actual deflection on mass expenses but deflection on dry substance in feed units and to compare to zootechnical limits in feed units. The formulas of definitions of possible losses of animals productivity depending from unstability of dosing have been presented. It was proved that the volumed dosators are satisfied to requirements to feed processing equipment.*

Много это или мало? На этот вопрос специальная техническая и зоотехническая литература прямого ответа не дает.

Существующий ОСТ 70.19.2-83 на испытание машин и оборудования для приготовления кормовых смесей (Программа и методы испытаний) во многом послужил раздвоению мнения специалистов, занимающихся вопросами кормоприготовления, в частности, выбором способа дозирования компонентов: одни предпочитают сложные, дорогие, требующие высококвалифицированного обслуживания, но более точные (по сравнению с объемными) весовые дозаторы, другие — простые, дешевые и надежные в работе, но менее точные, — объемные.

С целью обоснования допустимых отклонений расхода при дозировании компонентов кормовых смесей нами проанализированы многочисленные исследования ученых по кормлению сельскохозяйственных животных, в том числе: Ладан П.Е. (1978), Томмэ М.Ф. (1969), Овсищев Б.Р. (1984), Булыга Ю.Н. (1978), Голушко В.М.

(1980), Рагимов М.И. (1984), Рыбак П.А. (1985), Бабкин В.П. (1983), Дарджанов Т. (1983), Дмитроченко А.П., Пшеничный П.Д. (1975), Денисов Н.И., Мельникова Т.С. (1973) и др.

В результате сделан следующий основной вывод.

Учитывая, что в настоящее время существуют различные системы содержания животных (привязное, боксовое, комбибоксовое и др.), вероятностный характер распределения их по фронту кормления, потребление сухого вещества одной и той же массы колеблется в широких пределах, порядок и требования к распределению скота по классам продуктивности, допускающие значительный диапазон отклонений массы компонентов в рационе, не снижающей продуктивности животных, действующие допуски на отклонение расхода компонентов при приготовлении кормовых смесей являются чрезмерно жесткими. Правомерность данного вывода подтверждается и тем, что любой тип кормления обусловлен преобладающим количеством одного или двух компонентов в рационе, за счет которых должно осуществляться балансирование рациона по питательности.

Анализ результатов зоотехнических исследований позволяет сделать также вывод, что самым важным требованием при нормированном кормлении различных половозрастных групп животных является наличие в рационе определенного научно обоснованного количества питательных веществ. Как известно, в качестве обобщенного показателя питательности корма принята кормовая единица. Поэтому при оценке качества работы кормоприготовительного оборудования, в частности, дозирующих устройств, надо определять не фактическое отклонение расхода (производительности) по массе, а отклонение по сухому веществу, или, что то же, в

кормовых единицах, и сравнить их с зоотехническим допуском в кормовых единицах.

Пользуясь рекомендациями зоотехнической науки по рациональному кормлению различных половозрастных групп крупного рогатого скота, определим предельно допустимое отклонение.

Зная суточную потребность в питательных веществах молодняка крупного рогатого скота до двухлетнего возраста и пересчитав эти данные для средних значений возрастных классов, а соответственно, и кормовых единиц на 1 кг прироста, получим допустимые отклонения кормовых единиц для каждого класса (табл. 1).

Таким образом, минимально допустимая разница в питательных веществах для молодняка крупного рогатого скота до двухлетнего возраста составляет 1,55 корм.ед. (возрастной класс 10–12 мес.).

Исходя из потребности откармливаемого молодняка в питательных веществах на 1 кг прироста, определяем допустимые отклонения кормовых единиц для средних значений возрастных классов (табл. 2).

Минимальная разница в питательных веществах, как видно из таблицы, для откармливаемого молодняка крупного рогатого скота составляет 1,07 корм.ед. (возраст 5–6 мес.). Для дойных коров одной и той же группы –2–3 корм.ед. Следовательно, 1 корм.ед. может быть принята в качестве предельного значения допускового отклонения питательных веществ в суточном рационе крупного рогатого скота. Это значит, что если сумма абсолютных значений отклонений расхода всех дозаторов, используемых при приготовлении кормосмесей, не превышает 1 корм.ед., то оборудование отвечает зоотехническим требованиям и может быть рекомендовано для всех половозрастных групп крупного рогатого скота.

Таблица 1. Суточная потребность в питательных веществах молодняка крупного рогатого скота и допускаемые отклонения

Возрастной класс мес.	Средний возраст	Суточный прирост, кг	На 1 кг прироста среднего возраста	Для минимального и максимального возраста		Разница в потребности в кормовых единицах
				корм. ед.		
1–3	2	0,5–0,8	3,75	1,87–5,62		3,75
4–5	5	0,5–0,8	5,5	4,40–6,60		2,20
7,9	8	0,4–0,7	7,5	6,56–8,43		1,87
10–12	11	0,4–0,7	8,5	7,72–9,27		1,55
13–18	15,5	0,4–0,8	10,5	8,8–12,19		3,39
19–24	21,5	0,3–0,5	14,5	12,8–16,16		3,38

Таблица 2. Потребность откармливаемого молодняка в питательных веществах и допустимые отклонения

Возрастной класс мес.	Средний возраст	Крупная молочно-мясная порода		Средняя молочно-мясная порода	
		Для минимального и максимального возраста, корм. ед.	Разность	Для минимального и максимального возраста, корм. ед.	Разность
4–5	4,5	4,49–5,62	1,13	4,82–6,03	1,21
5–6	5,5	5,33–6,40	1,07	6,29–7,55	1,26
6–9	7,5	5,82–8,73	2,93	6,13–9,20	3,07
9–12	10,5	7,10–9,47	2,37	7,56–10,10	2,54
12–15	13,5	7,93–9,92	1,99	9,16–11,45	2,29
15–18	16,5	9,65–11,58	1,93	10,22–12,27	2,05

Допустим, что корове с удоем 15 кг молока требуется в сутки 3 кг концентратов. При неравномерности дозирования не 5%, как это предписывают действующие зоотехнические требования, а 10% и двукратном скармливании концентратов животное может получить их в одно кормление не 1,5 кг, а на 150 г больше или меньше, т.е. 1,650 или 1,350 кг. Чтобы получить 15 кг молока, корове требуется около 15 корм.ед. (по 7,5 корм.ед. в одно кормление), 150 г концентратов, т.е. всего 0,15 корм.ед. (соответствует 2% разовой их нормы), или за сутки корова может получить не 15 корм.ед., а 15,3 или 14,7, т.е. разница между нормой и фактическим потреблением составит  $\pm 0,3$  единицы. Значит, эта разница полностью вписывается в допустимые зоотехническими нормами колебания потребности коров одного класса.

Предположим, что корове с суточным удоем 15 кг молока требуется 15 кг корнеплодов (из расчета 1 кг корнеплодов на 1 кг молока). При неравномерности дозирования 20% и двукратном скармливании животное может получить в одно кормление не 7,5 кг, а 6,0 или 9,0 кг. Поскольку питательная ценность корнеплодов принята 0,11 корм.ед., 1,5 кг корнеплодов составят 0,165 корм.ед.; или 2,2% их разовой нормы, что также вписывается в допустимые отклонения для коров одного класса.

Приведенные расчеты показывают, что неравномерность дозирования по массе концентрированных кормов 10% и корнеплодов 20% в пересчете на кормовые единицы вполне отвечает зоотехническим требованиям и может быть обеспечена относительно простыми, дешевыми и надежными в работе дозирующими устройствами объемного типа. Сделанный нами вывод вполне согласуется с выводом проф. А.П. Дмитроченко и проф. П.Д. Пшеничного, который целесообразно привести здесь дословно. "В научных исследованиях и практике вырабатывались основные требования к структуре рационов, к качеству употребляемых кормов или, иными словами, к типам кормления. Результаты этих исследований позволили прийти к заключению, что корова не требует определенных количеств сена, картофеля, свеклы, зерновых злаковых, жмыхов. Она имеет определенную потребность в энергии, в сумме органических питательных веществ и в некоторых компонентах – в переваримом протеине, в известном количестве макро- и микроминеральных веществ и витаминов. Оказалось довольно безразличным, какими кормами будет удовлетворена потребность, если только рацион съедобен и вкусен, удобоварим, а также свободен от вредных веществ, которые могут повлиять на продуктивность, качество продукции или на здоровье и состояние животных".

Поскольку расход компонента при его дозировании является случайной величиной, рассмотрим результаты опытов Л. Фредериксона, представленные на рисунке, с точки зрения теории вероятностей. Кривая отклика описывается уравнением второго порядка

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2, \quad (1)$$

где  $b_0 = -2840,33$ ;  $b_1 = 27016,88$ ;  $b_2 = -26183,16$  (максимальное отклонение при этом не превышает 0,2%).

Поскольку нас интересует эффективность (удой), зависящая от количества корма  $x$ , представим (1) в виде

$$y - b_0 = y = b_1x - b_2x^2.$$

Так как значение  $x$  является величиной случайной, среднее значение  $y$  равно математическому ожиданию

$$\bar{y} = M[b_1x - b_2x^2] = b_1x - M(b_2x^2) = b_1\bar{x} - b_2M(x^2).$$

Так как  $M(x^2) = x^2 + D_x$ , то

$$y = b_1x - b_2x^2 - b_2D_x, \quad (2)$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение  $x$ ;  $D_x$  – дисперсия  $x$ .

Относительное снижение удоя от вариации

$$\eta = \frac{y - \bar{y}}{y} = \frac{\Delta y}{y} = \frac{b_1\bar{x} - b_2\bar{x}^2 - b_1\bar{x} + b_2D_x}{b_1\bar{x} - b_2\bar{x}^2} = \frac{b_2D_x}{b_1\bar{x} - b_2\bar{x}^2}. \quad (3)$$

В выражении (3)  $\bar{x}$  – есть заданное выражение  $x$ , вокруг которого происходит вариация аргумента.

Преобразуем выражение (2). Для этого найдем максимум функции при  $y = y_0$ :

$$\frac{dy}{dx} = b_1 - 2b_2x_0 = 0.$$

$$\text{Откуда } x_0 = \frac{b_1}{2b_2}.$$

Отношение  $\frac{x}{x_0} = K_y$  – уровень применения кормов.

Очевидно, что скармливать  $K_y > 1$  не имеет смысла, так как при этом заранее планируется перерасход кормов (ресурса).

Теперь преобразуем выражение (3) следующим образом

$$\eta = \frac{b_2 D_x}{b_2 \bar{x}^2 \left( \frac{b_1}{b_2 \bar{x}} - 1 \right)} = \frac{D_x}{\bar{x}^2 \left( \frac{b_1}{b_2 \bar{x}} - 1 \right)},$$

Но так как

$$\frac{b_1}{b_2} = 2x_0, \quad \text{а} \quad \frac{\bar{x}}{x_0} = K_y,$$

имеем

$$\eta = \frac{D_x}{\bar{x}^2 \left( \frac{2}{K_y} - 1 \right)} = \frac{D_x \cdot K_y}{x^2 (2 - K_y)}.$$

Но  $\frac{D_x}{x^2} = v_x^2$  – квадрат коэффициента вариации.

Тогда

$$\eta = \frac{v_x^2 K_y}{2 - K_y}. \quad (4)$$

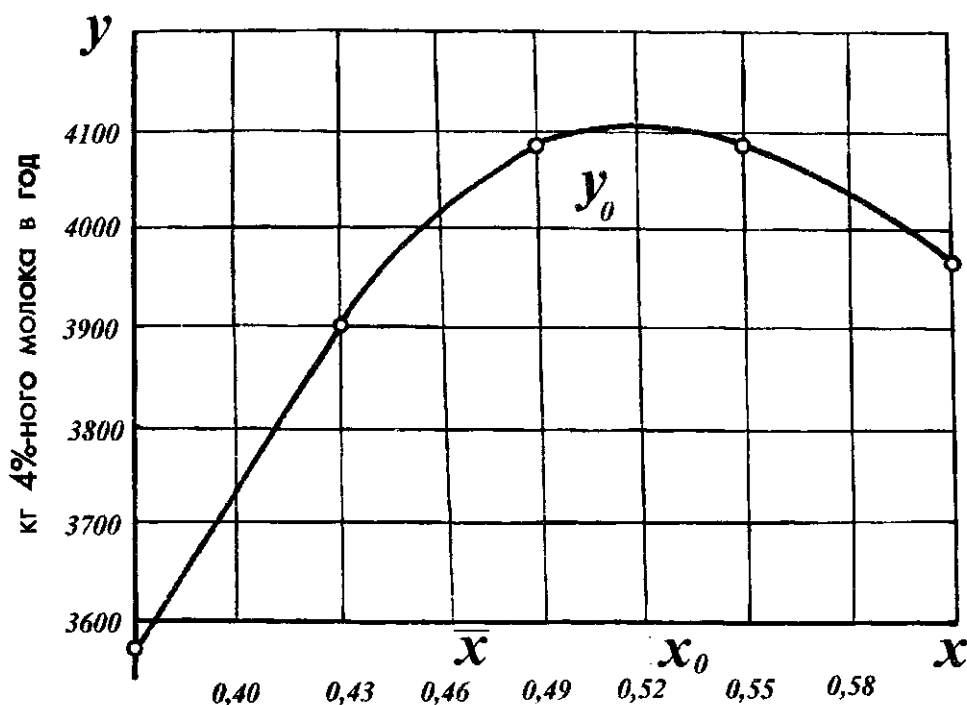


Рис. Влияние содержания кормовых единиц и протеина в продуктивной части рациона на годовую удой.

Как уже нами отмечалось, максимальные потери кормов будут при  $K_y = 1$ , т.е.

$$\eta_{\max} = v_x^2.$$

Из уравнения (4) следует, что потери продуктивности животных зависят не только от равномерности дозирования компонентов, но и от уровня применения кормов. При одной и той же неравномерности ввода компонентов снижение продуктивности тем выше, чем выше уровень применения кормов.

Например, при  $K_y = 1$  и  $v_x = 10\%$  снижение эффективности кормов достигает 1%, а это, как правило, меньше ошибки опыта, при котором определяют эту эффективность.

Данное обстоятельство позволяет сделать нам важный практический вывод. Жесткие требования по неравномерности дозирования, главным образом высокоэффективных кормовых компонентов, оправданы в том случае, если их количество в рационе достигает максимального значения, т.е. при  $K_y = 1$ . Если того же компонента вводится в смесь в меньших количествах ( $K_y < 0,8$ ), то предъявлять жесткие требования к процессу его дозирования нецелесообразно.

На самом деле, при  $K_y < 0,8$  кривая отклика (см. рис.) может быть заменена с достаточной точностью (при относительно малом  $\Delta x$ ) прямой. При таком уровне применения корма одни животные будут поедать несколько большее количество компонента, другие несколько меньшее. Но поскольку процессы дозирования и раздачи корма являются процессами случайными, то и процесс поедания корма животными также носит вероятностный характер. Следовательно, в другое кормление те животные, получившие в предыдущие кормления меньше кор-

ма, получают больше, и наоборот. При этом продуктивность животных, употребивших большее количество корма, будет большей, и наоборот. В целом же по группе скота будет достигнута плановая продуктивность. Разумеется, что всей группе будет выдано среднее запланированное количество корма.

Все компоненты кормосмеси дозируются отдельными устройствами и независимо друг от друга. В этом случае общая дисперсия, с учетом общего эквивалента корма (например, кормовых единиц), будет равна сумме дисперсий

$$D_x = C_1^2 D_{x1} + C_2^2 D_{x2} + C_3^2 D_{x3} + \dots + C_n^2 D_{xn} = \sum_{i=1}^n C_i^2 D_{xi},$$

где  $C_i$  — коэффициент эквивалентности корма.

Тогда

$$v_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n C_i^2 D_{xi}}{\left( \sum_{i=1}^n C_i \bar{X}_i \right)^2}.$$

Пример: Одной корове с удоем 15 кг молока в одно кормление выдается 1,5 кг концентратов ( $C_1 = 1$ ), корнеплодов 8,0 кг ( $C_2 = 0,13$ ) и 20 кг силоса ( $C_3 = 0,17$ ) с неравномерностью соответственно 10, 20 и 20%:

$$v_x^2 = \frac{1^2 \cdot 0,0225 + 0,13^2 \cdot 1,6 + 0,17^2 \cdot 4}{(1 \cdot 1,5 + 0,13 \cdot 8,0 + 0,17 \cdot 20)^2} = 0,011.$$

Следовательно, потери молока в этом случае составят

$$\eta_{k=1} = v_x^2 = 1,1 \%.$$

Настоящий пример подтверждает вывод проф. А.П. Дмитроченко и проф. П.Д. Пшеничного о том, что корова, как и другие сельскохозяйственные животные, не требует строго определенных количеств кормов. Она имеет определенную потребность в энергии, в сумме органических питательных веществ и в некоторых их компонентах.

Данный вывод подтверждается практическим опытом, когда высокие надои и приросты живой массы скота получают без применения весовых дозаторов. Реализация его позволит не только ускорить решение проблемы механизации качественного кормоприготовления для всего поголовья крупного рогатого скота, свиней, овец, но и получить значительный экономический эффект. Достаточно сказать, что стоимость 1 кг массы дозаторов объемного типа составляет 0,9–2,0 руб., а автоматических весовых дозаторов 5–12 руб. (цены 1990 г.), т.е. последние дороже объемных в 5–6 раз. Масса весовых дозаторов в три-пять раз больше, чем объемных. Кроме того, весовые дозаторы требуют более квалифицированного обслуживания и ремонта, менее надежны в работе. Изложенное выше позволяет сделать следующие выводы:

1. Действующие зоотехнические требования по равномерности дозирования компонентов кормосмесей для крупного рогатого скота не имеют достаточного зоотехнического обоснования. Существующий ОСТ 70.19.2–53 на испытание машин и оборудования для приготовления кормов требует уточнения.

2. Одна кормовая единица может быть принята в качестве предельного значения допустимого отклонения питательных веществ в суточном рационе крупного рогатого скота.

3. Все дозирующие устройства, используемые в процессе приготовления кормосмесей, следует оценивать индивидуально, по фактическим отклонениям расхода с последующим переводом полученных значений в кормовые единицы. Если сумма абсолютных значений отклонений всех компонентов не превышает 1 корм.ед., оборудование отвечает зоотехническим требованиям, и наоборот.

4. Для дозирования основных компонентов кормосмеси крупному рогатому скоту экономически и зоотехнически оправданным является применение дозаторов объемного типа.

5. С целью обоснования неравномерности дозирования необходим регулярный контроль качества кормов, содержания в них сухого вещества. Без учета этих пока-

зателей даже самое точное дозирование утрачивает свое значение.

#### Литература

1. Ладан П.Е., Руденко Н.П. и др. Кормовая база промышленного животноводства. – М.: Колос, 1978.
2. Томмэ М.Ф. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1969.
3. Бакулин С., Астахов В., Перегудова В. Освоим прогрессивную технологию производства молока // Молочное и мясное скотоводство. – 1982. – №6.
4. Овсищев Б.Р. Экономические аспекты применения концентратов в молочном скотоводстве // Сельское хозяйство за рубежом. – 1984. – №10.
5. Булыга Ю.Н. Оценка полнорационных кормосмесей // Земля Сибирская, Дальневосточная. – 1978. – №7.
6. Голушко В.М., Поскребкина Ю.П., Мишанин Ю.Ф. Влияние уровня обменной энергии и протеина в полнорационной кормосмеси на молочную продуктивность коров // Научные основы развития животноводства в БССР: Межвед. сб. – Минск: Ураджай. – Вып. 10. – 1980.
7. Ратинов М.И. и др. Экономия зерна при выращивании бычков на мясо // Животноводство. – 1984. – №10.
8. Рыбак П.А. Интенсивное выращивание бычков при снижении расхода концентрированных кормов // Животноводство. – 1985. – №11.
9. Чиганцев В.П. Замена концентратов сеном в рационах скота на откорме // Животноводство. – 1985. – №1.
10. Бабкин В.П., Тришин А.К., Савин А.М. Приспособления для концентратов на доильных установках // Животноводство. – 1983. – №8.
11. Дарджанов Т. Грубые корма в рационах крупного рогатого скота // Животноводство. – 1983. – №3.
12. Дмитроченко А.П., Пшеничный П.Д. Кормление сельскохозяйственных животных. – Ленинград: Колос, 1975.
13. Денисов Н.И., Мельникова Т.С. Нормированное кормление коров. – М.: Колос, 1973.
14. Калашников А.П. Задачи науки по развитию промышленных способов производства молока // Животноводство. – 1983. – №2.
15. Попов И.С. Кормление с.-х. животных. – М., Сельхозгиз, 1951.
16. Попов И.С. Избранные труды. – М.: Колос, 1966.
17. Скляр Д., Кайданов А. Летнее кормление коров с разным уровнем зерновых концентратов в рационе // Молочное и мясное скотоводство. – 1984. – №5.
18. Солнцев К.М. Зональные типы кормления скота // Животноводство. – 1983. – №7.