

7. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДОЗАТОРОВ МОЛОКА

Дозирование – это процесс отмеривания заданного количества материала с требуемой точностью. Степень точности определяется зоотехническими и технологическими требованиями, а также обосновывается экономическими соображениями. Дорогостоящие и дефицитные комбикорма дозируются с более высокой точностью, чем стебельные и корнеплоды. Наиболее строгую точность дозирования требуется обеспечить при производстве белково-витаминных минеральных добавок, так как малейшее отклонение от норм, предусмотренных в рецепте для отдельных компонентов, может привести не только к нарушению пищеварения и заболеванию животных, но даже к их гибели.

Известны два способа дозирования материалов – объёмное и массовое. В отдельных случаях применяется смешанный способ – объёмно-массовое, когда предварительно отмеривается порция по объёму, а затем её масса доводится до заданного значения на весовом устройстве. Устройства, предназначенные для отмеривания и выдачи заданной дозы, называются дозаторами.

По характеру протекания процесса дозирование может быть порционным или непрерывным. В технологии приготовления кормов наиболее широкое применение получили объёмный порционный и объёмный непрерывный способы.

Объёмные дозаторы просты по конструкции и в эксплуатации, но обеспечивают невысокую точность дозирования. Погрешность объёмных дозаторов достигает 10...12%.

Для массового дозирования применяются массовые дозаторы порционного или непрерывного действия; они могут быть оборудованы средствами автоматического контроля и управления с регистрацией массы и числа выданных порций. Такие дозаторы позволяют получить высокую точность дозирования (погрешность составляет – 1...3%), но они сложны по устройству и дороги.

Выбор способа дозирования и типа дозатора зависит от свойств дозируемых материалов, из которых наиболее существенными являются: объёмная масса, гранулометрический состав сыпучих материалов, углы естественного откоса и обрушения, влажность, склонность к сводообразованию, слёживаемость, комкуемость и др.

В процессе работы дозаторы должны выполнять следующие функции.

1. Производить выдачу заданного количества материала (дозы) с требуемой точностью, т.е. обеспечивать подачу материала в пределах установленного допуска $Q_3 \pm \Delta$, где Q_3 – заданная доза; Δ – величина допуска. Эта задача может иметь следующие варианты решения:

- а) без регламентации времени выдачи;
- б) с выдачей за минимальное время t_{\min} ;
- в) с выдачей за строго определенное время Δt .

2. Обеспечивать расход непрерывным потоком с целью поддержания заданной подачи материала $Q(t) \pm \Delta$, выдаваемого за промежуток времени Δt .

3. Обеспечивать заданный расход одного из исходных компонентов смеси.

При объёмном способе дозирования расчётная порция сыпучего материала определяется по формуле

$$Q = \rho V, \quad (26)$$

где ρ – объёмная масса материала, кг/м^3 ; V – объём порции, м^3 .

При постоянном объёме V отмериваемой порции влияние свойств материала на возможные отклонения действительных значений величины от расчётных оцениваются статистическими характеристиками – математическим ожиданием $M(q)$ и дисперсией $D(q)$. С изменением заданного объёма V порции эти характеристики также будут изменяться, что можно выразить зависимостями среднего квадратического отклонения $\sigma(q)$ или коэффициента вариации $v(q)$ от заданного объёма порции, т.е. зависимостями $\sigma = f_1(V)$ и $v = f_2(V)$.

В свою очередь, значение для любого заданного уровня также может статистически изменяться. Эти изменения обусловлены выбранным способом формирования поверхности площади S_V отделяемой дозатором порции заданного объёма.

Различные части общей поверхности формируемого тела могут быть образованы: площадью жёсткой стенки дозатора $S_{ж.с.}$, углом естественного откоса $S_{е.о.}$ дозируемого материала, углом его обрушения $S_{обр.}$, поверхностью, образованной активным рабочим органом дозатора при принудительном отделении порции от основной части материала $S_{д.}$, т.е. $S_V = S_{ж.с.} + S_{е.о.} + S_{обр.} + S_{д.}$.

Площади поверхностей $S_{e.o}$ и $S_{обр}$, зависящие от свойств дозируемого материала, формируются случайным образом и являются одной из причин колебания действительного объёма V .

Сумму флюктуирующих площадей $S_{e.o} + S_{обр}$ обозначим через S_{Φ} и их изменения выразим через отношение $\eta = (S_V - S_{\Phi})/S_V$.

Из формулы видно, что изменение суммарной площади S_V поверхности объёма порции зависит только от площади S_{Φ} флюктуирующей поверхности, обусловленной свойствами дозируемого материала.

Показатель η_V дозируемости будет иметь максимальное значение ($\eta_{Vmax} = 1$) в случае, если формируемый объём порции ограничен со всех сторон жёсткой стенкой. Такой случай имеет место при использовании для выдачи порций мерных ёмкостей, которые после заполнения перекрываются задвижками. При этом погрешности в дозировании минимальны.

Площади $S_{e.o}$ и $S_{обр}$ определяются по средним значениям углов естественного откоса и обрушения для того или иного материала и геометрическими размерами тел (пустот), образуемых при отделении порции.

Показатель дозируемости η_V отражает способность дозатора к точности дозирования материала и может служить оценкой совершенства дозирующего устройства. Дозаторы с меньшими значениями показателя η_V дают более высокую погрешность дозирования.

Если по результатам опытов определить зависимость коэффициента вариации (как показателя погрешности) $v = f(\eta_V)$ от численного значения показателя η_V , а затем аналогичную зависимость от показателей точности, то можно оценить приемлемость дозатора определённого типа для заданных условий работы. Эти условия задаются зоотехническими требованиями на точность дозирования, представляющую собой технологический допуск Δ . Так, по данным А. П. Дмитроченко, допуск на дозирование стебельных кормов может быть принят

$$\Delta = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{cp}} \leq 0,1, \quad (27)$$

где Q_{max} , Q_{min} , Q_{cp} – подача дозатора соответственно максимальная, минимальная и средняя, кг/с.

При нормальном распределении значений погрешности дозатора величина допуска Δ может быть выражена в долях квадратического отклонения:

$$\delta_{max} = t_{\beta} \cdot \sigma \leq \Delta, \quad (28)$$

где δ_{\max} – наибольшая погрешность; t_{β} – показатель достоверности при доверительной вероятности β (обычно $\beta = 0,95$, при этом $t_{\beta} = 1,96$).

В процессе непрерывного дозирования среднее значение абсолютной погрешности дозатора равно

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^m (Q_i - Q_p)}{m}, \quad (29)$$

где Q_i – действительная подача в i -м измерении, кг/с; Q_p – расчётное значение подачи, кг/с; m – число измерений.

Относительная погрешность дозирующего устройства оценивается коэффициентом вариации, который показывает отклонение, отнесённое к среднему значению случайной величины:

$$v = \frac{\pm 100S}{\bar{Q}}, \quad (30)$$

где S – среднеквадратическая погрешность; \bar{Q} – среднее значение подачи дозатора в m пробах, кг/с.

Как отмечает В. Р. Алешкин, показатели погрешности, выраженные в виде числовых характеристик случайной величины, не дают объективных показателей оценки точности дозирования в общем случае, потому что значения их зависят от числа проб, абсолютной величины среднего значения, изменяются во времени и не отражают внутренней структуры процесса. Наиболее современной является система оценки технологических допусков. Суть её заключается в следующем. Поток корма, выдаваемый дозатором, представляют как случайный процесс в виде реализации подачи во времени. Реализацию выходного процесса, определяющего эффективность функционирования дозатора по выбранному показателю, в общем виде можно представить как

$$y_i(t) = \bar{y} + \dot{m}_y(t) + \dot{y}(t), \quad (31)$$

где $y_i(t)$ – любая реализация случайного процесса; \bar{y} – среднее значение процесса (общее); $\dot{m}_y(t)$ – центрированная составляющая низкочастотной части процесса (отклонение от среднего значения); $\dot{y}(t)$ – отклонения случайного процесса от центрированной составляющей (центрированный процесс).

Например, в реализации процесса дозирования соломенной резки (рис. 5) в качестве показателя эффективности $y_i(t)$ принята вероят-

ность его пребывания в поле допуска P_{Δ} . Физический смысл вероятности P_{Δ} заключается в том, что она показывает долю времени реализации, в течение которого процесс находится в поле допуска. В результате исследования процессов дозирования установлено, что отклонение от среднего значения конкретной дозы корма распределяется по нормальному закону и допуск относительно среднего значения симметричен. График плотности вероятностей $f(y)$ нормального закона распределения случайной величины (отклонение подачи от среднего значения) показан в правой части (см. рис. 5). Вероятность P_{Δ} в графическом виде представляется заштрихованной площадью под кривой плотности, а аналитически – выражением

$$P_{\Delta} = 2\Phi\left(\frac{\Delta}{v}\right), \quad (32)$$

где Φ – функция Лапласа, принимаемая по таблицам в зависимости от Δ/v ; 2 – цифра, которая обозначает симметричность допуска относительно среднего значения подачи; v – среднеквадратическое отклонение случайного процесса за время реализации, отнесённое к среднему значению, т.е. $v = S/\bar{y}$.

Для определения значения S необходимо иметь не менее 60 измерений ординат случайного процесса

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}{m-1}}, \quad (33)$$

где y_i – текущее значение подачи в i -м измерении, $i = 1, 2, \dots, n$; m – число ординат, принятое для расчёта.

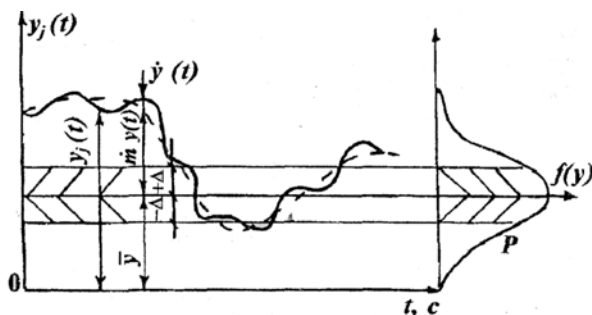


Рис. 5. Реализация случайного процесса дозирования
(по В. Р. Алешкину и П. М. Рощину)