УДК 631.22.014

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДОСТАВКИ И РАЗДАЧИ ГРУБЫХ И СОЧНЫХ КОРМОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

ЗАЙЦЕВ Петр Владимирович, *Чувашская государственная сельскохозяйственная академия*

ЗАЙЦЕВ Сергей Петрович, *Чувашская государственная сельскохозяйственная академия*

ЗАЙЦЕВА Надежда Петровна, *Чувашская государственная сельскохозяйственная академия*

Отмечено, что важным резервом повышения эффективности производства животноводческой продукции является использование прогрессивных технологий, высокопроизводительных средств и внедрение рациональных технологических решений. Поэтому требуется новый механизм для изменения скорости подачи кормового материала к кормоотделителю в зависимости от измерений высоты и плотности корма в бункере. Использование предлагаемого устройства в линиях дозированной раздачи кормов позволит снизить неравномерность выдачи в два раза, а установление рациональных режимов рабочих органов повышает эффективность использования дозирующего устройства мобильного раздатчика грубых и сочных кормов.

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Введение. На основании проведения и анализа существующих конструкций кормораздатчиков, научных исследований технологического процесса и раздачи грубых и сочных кормов предлагается экспериментальная конструкция мобильного раздатчика кормов, повышающая эффективность технологического процесса дозированной раздачи кормов согласно зоотехническим требованиям, снижающая энергозатраты [1].

Своевременная доставка и дозированная выдача кормовой смеси влияют на состояние здоровья и продуктивность сельскохозяйственных животных, что в свою очередь приводит к повышению эффективности крестьянских (фермерских) хозяйств.

Отечественные производители предлагают следующие кормораздатчики: КТУ-10А, РММ-Ф-6А, КТ-10, КТ-ф-12, которые выполнены в виде бункера, продольного и выгрузного транспортеров (блока битеров) и приводного устройства [2].

Цель исследования – разработка энергосберегающей технологии и технических средств для подготовки и раздачи кормов в крестьянских (фермерских) хозяйствах согласно зоотехническим требованиям.

Методика исследований. Согласно проведенным исследованиям дозирующего устройства определены оптимальные конструктивно-режимные параметры. В результате происходит снижение неравномерности дозирования кормов в пределах зоотехнических требований на 8–10 % при наименьших энергозатратах. Изготовление опытных образцов для испытания возможно в производственных условиях.

Несмотря на широкое применение вышеуказанных питателей и раздатчиков кормов, их рабочий процесс на производстве пока недостаточно изучен. Поэтому исследование влияния конструктивных параметров и технологических регулировок на качественные характеристики дозированной выдачи кормов является актуальной задачей.

Результаты исследований. Составим модель функционирования мобильного раздатчика грубых и сочных кормов с целью определения параметров и контроля технологического процесса дозирования кормового материала. Дозирующее устройство составляет динамическую систему, которую можно отразить как обобщенную модель кормораздатчика (рис. 1).

На рис. 1 за входной параметр примем непрерывный или дискретный поток, где Q_i –

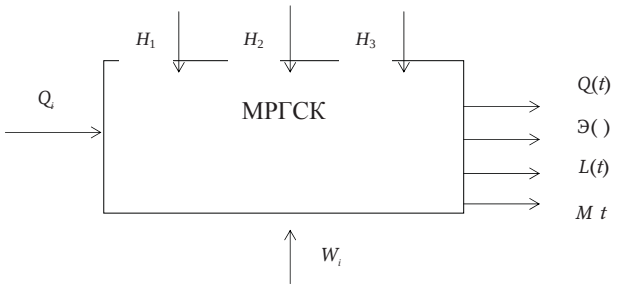


Рис. 1. Обобщенная модель функционирования мобильного раздатчика грубых и сочных кормов

исходный материал грубых и сочных кормов, его можно регулировать. Выходными параметрами являются: фракционный состав $Q(t)$, энергозатраты $Э(t)$, физико-механические свойства $L(t)$ кормового материала и момент на валу кормоотделителя $M(t)$. Переменная W_i показывает изменение влажности грубых и сочных кормовых материалов (возмущающий процесс).

Обозначенные величины H_1, H_2, H_3 являются соответственно следующими установленными параметрами: скоростью подающего транспортера, окружной скоростью кормоотделителя и скоростью выгрузного транспортера [3].

Для рассмотрения мобильного кормораздатчика в виде агрегата можно разработать универсальную модель с элементами: ПК, БК, ДУ в виде подающего транспортера (ПТ) и кормоотделителя (КО) с датчиком (ДО) и исполнительным механизмом (ИМ), выгрузного транспортера (ВТ), последовательно выполняющих процесс очистки кормового стола, погрузки, подачи, дозирования и выгрузки грубых и сочных кормов на кормовой стол (рис. 2).

Грубый и сочный корм погрузчиком загружают в бункер. Продольный транспортер подает грубый и сочный корм к кормоотделителю, пальцы которого захватывают и отделяют корм от кормового бурта и подают на выгрузной транспортер и далее на кормовой стол. Кормораздатчик во время процесса производит две операции: очистку кормового стола и раздачу кормов животным [4, 5].

После разработки модели функционирования мобильного кормораздатчика систематизируем все действующие параметры: технологические, конструкционные и др.

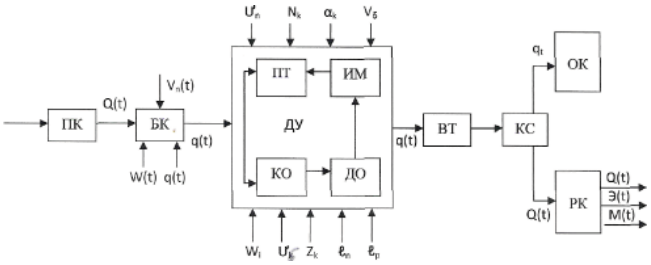


Рис. 2. Модель функционирования мобильного кормораздатчика: ПК – погрузчик кормов; БК – Бункер кормов; ДУ – дозирующее устройство в виде ПТ – подающего транспортера и КО – кормоотделителя; ИМ – исполнительный механизм; ДО – датчик; ВТ – выгрузной транспортер; КС – кормовой стол; ОК – очиститель кормов; РК – раздатчик кормов

К управляющим факторам относится количество грубого корма $Q(t)$, загружаемого раздатчиком за один цикл.

К остальным факторам, показывающим положение рабочих органов мобильного раздатчика грубых кормов, относятся:

для бункера с подающим транспортером: скорость подающего транспортера U_n, число транспортеров $N_к$, угол установки подающего транспортера $\alpha_к$, объем бункера $V_б$;

для дозирующего устройства: (кормоотделителя): окружная скорость $V_б$, длина пальцев $l_п$, число кормоотделителя (транспортера или битеров) Z_k, рабочая длина, внедренная в кормовую массу $l_р$.

К исходным свойствам кормового материала относится влажность W_i, являющаяся неуправляемым фактором при проведении опытов (работы). К выходным параметрам мобильного раздатчика грубых кормов относятся:

для технологического процесса раздачи кормов: пропускная способность $Q(t)$, удельные энергозатраты $Э(t)$, момент на валу кормоотделителя $M(t)$, размер частиц грубого корма $L(t)$;

для процесса очистки кормового стола – удельная масса кормовых остатков $q_1(t)$.

Основными причинами, влияющими на равномерность и энергоемкость дозирования грубых и сочных кормов мобильного раздатчика, являются сдвиг и обрушение кормовой массы, зависящие от влажности и длины частиц грубых и сочных кормов, степени уплотнения, способа загрузки и др.

На завершающем этапе дозирования грубый и сочный кормовые материалы обрушиваются. В результате изменяются высота и плотность, приводящие к увеличению неравномерности и энергоемкости дозирования грубых и сочных кормов, так как силы внутреннего трения больше сил сопротивления кормоотделителя дозирующего устройства.

Для повышения качественных показателей и снижения энергоемкости разработан новый бункер с измененной формой, где продольные стенки выполнены под углом 6...8°, наклон задней стенки на угол 10...12° [5].

Грубый и сочный корм перемещается подающим транспортером к кормоотделителю. По мере своего движения корм доходит до расширенной части бункера и трение о боковые стенки резко падает, тем самым снижая энергозатраты дозирования. Наклон задней стенки бункера ликвидирует обрушение кор-

мового материала, так как образуемый коэффициент трения между продольными стенками и кормом снижает энергозатраты. Кроме того, из-за наклона задней стенки на угол 7...10° не происходит обрушивание кормового материала. Использование мобильного раздатчика грубых и сочных кормов с измененной формой бункера позволяет снизить энергоемкость на 8–10 %, а неравномерность выдачи корма довести до зоотехнических требований 10–12 %.

Разработка дозирующего устройства (ДУ) с новой формой бункера мобильного раздатчика грубых и сочных кормов имеет практическое значение, так как снижаются показатели энергоемкости и неравномерности дозирования кормовых материалов (см. рис. 2).

При работе дозирующего устройства происходят подача Q_n и расход Q_m. Работоспособность будет при условии согласования потоков подачи Q_n и расхода $Q(t)$ кормов (рис. 3, а).

Элементарная масса корма ΔM, дозируемая на элементарном участке Δl высотой $(h_c + \Delta h)$ с насыпной плотностью соответственно $(\rho_c + \Delta\rho)$:

$$\Delta M = b\Delta l(\rho_c + \Delta\rho)(h_c + \Delta h) =$$

$$= b\vartheta_n \Delta t(\rho_c + \Delta\rho)(h_c + \Delta h).$$

Расход кормовой массы дозирующим устройством:

$$\Delta Q = \frac{\Delta M}{\Delta t} = b v_n(\rho_c + \Delta\rho)(h_c + \Delta_h).$$

Согласно [5], динамика потоков дозирующего устройства выражается общим уравнением материального баланса:

$$\frac{dM}{dt} = Q_n(t) - Q_m(t).$$

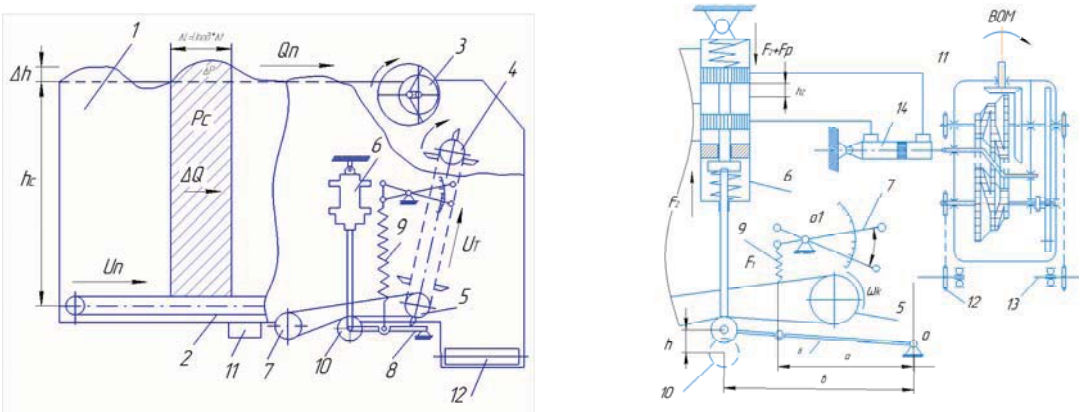
Если принять $Q_n = Q_{ср} \pm \Delta Q$ и $Q_m = Q_{ср} = const$,

тогда масса корма, выдаваемая дозирующим устройством:

$$M = \int \Delta Q dt = b\vartheta_n(h_c \int \Delta\rho dt + \rho_c \int \Delta h\, dt).$$

Работоспособность мобильного раздатчика грубых и сочных кормов повышается при установке механизма для изменения скорости продольного транспортера в зависимости от отклонений высоты Δh и плотности $\Delta\rho$ кормового монолита в бункере (рис. 3, б). В дозирующем устройстве с целью регулирования скорости продольного транспортера U_n в зависимости от насыпной плотности $\Delta\rho$ грубых и сочных кормов на бункере 1 закреплен поворотный рычаг 8, один конец подпружинен 9, а другой соединен датчиком 10 на ведущей ветви счесывающего транспортера 4, связанной с золотником гидрораспределителя 6 [6].

При работе дозирующего устройства кормовая масса подводится подающим транспортером 2 к счесывающему транспортеру 4, который формирует в зазоре между эксцентриковым битером 3 и транспортером 4 слой определенной толщины, который сбрасывается на выгрузной транспортер 12. При плотности кормовой массы двуплечий рычаг 8 с датчиком 10 и золотник 6 занимают положение, которое фиксирует силовой цилиндр 14, а связанный с ним и косой направляющий редуктора и храповой механизм обеспечива-



а б

Рис. 3. Принципиальная схема мобильного раздатчика грубых и сочных кормов: а – схема к анализу процесса объемного дозирования кормов; б – схема гидромеханического регулятора; 1 – бункер; 2 и 12 –подающий и выгрузной транспортеры; 3 – битер; 4 – счесывающий транспортер; 5 и 7 – ведомая и ведущая звездочки; 8 – двуплечий рычаг; 9 – пружина; 10- датчик-звездочка; 11 – редуктор двухступенчатый; 13 – вал привода счесывающего транспортера и битера; 14 – силовой цилиндр; 15 – ведущий вал подающего транспортера

ют скорость перемещения подающего транспортера 2.

При изменении плотности грубых и сочных кормов в зазоре между битером 3 и счесывающим рабочим органом 4 изменяются крутящий момент на ведущей ветви счесывающего транспортера 4 и ее натяжение [6]. Это приводит к изменению положения датчика 10 и золотника гидрораспределителя 6. Данное положение фиксирует цилиндр 14, изменяя при помощи редуктора, а затем храпового механизма, скорость перемещения подающего транспортера 2.

Заключение. Использование технологии доставки и раздачи грубых и сочных кормов позволяет повысить эффективность технологической линии дозированной выдачи кормов, удовлетворяющей зоотехническим требованиям. Применение разработанного устройства в линиях доставки и раздачи кормов дает возможность дозировать равномерно, согласно зоотехническим требованиям, а установление рациональных технологических режимов рабочих органов повышает при этом эффективность использования серийного дозирующего устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зайцев С.П., Зайцева Н.П.* Экономическая и энергетическая эффективность технологии приготовления кормов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 11. – С. 16–18.

2. *Зайцева Н.П., Зайцев П.В.* Оптимизация технологических операций приготовления кормов в молочном животноводстве // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 12 (59). – С. 1344–1346.

3. *Зайцев С.П., Ларкин С.В., Зайцева Н.П.* Обоснование технологической линии приготовления и раздачи кормов в животноводстве // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2016. – № 18. – С. 232–234.

4. *Зайцев П.В., Зайцев С.П., Зайцева Н.П.* Инновационная технология обработки сыпучих кормов в животноводстве // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2015. – С. 604–608.

5. *Зайцев П.В., Зайцев С.П., Зайцева Н.П.* Обоснование устройства для очистки кормушек и дозированной раздачи кормов в скотоводстве // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (51). – С. 64–68.

6. *Обухан Г.М., Зайцев П.В.* Кормораздатчик с автоматическим устройством // Техника в сельском хозяйстве. – 1975. – № 9. – С. 26.

Зайцев Петр Владимирович, *д-р техн. наук, проф. кафедры «Механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства», Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. Россия.*

Зайцев Сергей Петрович, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства», Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. Россия.*

Зайцева Надежда Петровна, *старший преподаватель кафедры «Механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства», Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. Россия.*

428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29.
Тел.: (8352) 62-21-55.
e-mail: nad2094@yandex.ru

Ключевые слова: *храповый механизм; математическая модель; дискретный поток; фракционный состав корма; кормовой монолит; кормоотделитель.*

ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF DELIVERY AND DISTRIBUTION OF COARSE AND SUCCULENT FEEDS IN ANIMAL BREEDING

Zaytsev Petr Vladimirovich, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production", Chuvash State Agricultural Academy. Russia.*

Zaitsev Sergey Petrovich, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production", Chuvash State Agricultural Academy. Russia.*

Zaytseva Nadezhda Petrovna, *Senior Teacher of the chair "Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production", Chuvash State Agricultural Academy. Russia.*

Keywords: *ratchet mechanism; mathematical model; discrete flow; fractional composition of feed; feed monolith; feed chopper.*

It is noted that an important reserve for improving the efficiency of livestock production is the use of advanced technologies, high-performance tools and the introduction of rational technological solutions. Therefore, a new mechanism is needed to change the feed rate of feed material to the feed stub depending on the height and density measurements of the feed in the bunker. The use of the proposed device in the lines of dispensing feed will reduce the irregularity of the issuance in half, and the establishment of rational modes of working bodies increases the efficiency of the use of the dispenser of the mobile dispenser of coarse and succulent feed.