

УДК 631.363.636

UDC 631.363.636

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ ГРУБЫХ КОРМОВ ИЗ РУЛОНОВ

THEORETICAL ASPECTS OF THE PROCESS OF PREPARATION AND DISTRIBUTION OF ROUGH FORAGES FROM ROLLS

Фролов Владимир Юрьевич
д.т.н., профессор

Frolov Vladimir Yurievich
Dr.Sci.Tech., professor.

Туманова Марина Ивановна
инженер, ассистент
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Tumanova Marina Ivanovna
engineer, assistant
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Проведен анализ конструкций технических средств для приготовления и раздачи кормов животным, разработана экономико-математическая модель процесса приготовления и раздачи кормов. Приведена конструктивно-технологическая схема раздатчика-измельчителя, а также теоретическое обоснование параметров раздатчика-измельчителя

We have presented an analysis of hardware designs for preparation and distribution of animal foods and also developed the economical and the mathematical model of the process of preparation and distribution of food. We have developed a constructive-technological scheme of distribution chopper and a theoretical justification of the parameters of the distribution chopper

Ключевые слова: ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, РУЛОН, РАЗДАТЧИК-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ, КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ

Keywords: DISTRIBUTION GRINDER, ROLL, PREPARATION, DEVICE, CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL SCHEME

Введение

Для достижения высоких показателей в производстве животноводческой продукции необходима автоматизация и механизация животноводческих комплексов для повышения качества кормов при кормлении животных, при одновременном увеличении производства кормов и снижения их себестоимости. В настоящее время прессование сена признано наиболее прогрессивной технологией из существующих заготовок кормов [6].

Применение рулонных пресс-подборщиков снижает себестоимость заготовки кормов и полностью решает проблему механизации подбора, транспортировки и укладки рулонов на хранение. Измельчение грубых кормов необходимо для повышения усвояемости животными полезных веществ: витаминов и протеина, как результат повышение продуктивности животных. Одним из основных этапов подготовки к скармливанию грубых кормов является технологический процесс измельчения, так как корма

должны быть легкопереваримыми и хорошо усваиваемыми. В кормоцехах создают поточные технологические линии (ПТЛ), которые должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечение равномерности и точности раздачи кормов;
- обеспечение предотвращения загрязнения корма и расслаивания его по фракциям;
- обеспечение предупреждения травматизма животных;
- обеспечение электробезопасности;
- обслуживание всего поголовья животных на предприятии;
- обеспечение эффективности выполнения технологического процесса за счет подбора состава машин и структуры линии.

Для оценки эффективности выбранного состава машин и структуры ПТЛ можно использовать методику КубГАУ [1], в которой предложен обобщенный показатель оценки сравниваемых вариантов [1].

Представляет также интерес заготовки рулонов соломы одновременно с обмолотом зерна. В КубГАУ предложен такой многофункциональный уборочный агрегат [5], который будет способствовать повышению эффективности процесса заготовки кормов.

Современная сельскохозяйственная техника представлена следующим набором измельчителей кормов, заготовленных в рулоны: серия машин UNIBALL, Tomahawk, Н-186Kruk, Multiball 1800, ИРК-145 [2].

Анализ конструкций показывает большое разнообразие техники с различными техническими характеристиками отечественного и зарубежного производства на российском рынке сельскохозяйственной техники, однако существенным недостатком присущим этим техническим

средствам является проблемы ресурсосбережения, функциональность и довольно высокая цена.

Дальнейшее изменение конструкций подобных машин должно идти по пути совершенствования конструкций рабочего органа (дозирующего аппарата) и режущего аппарата. Классификация кормораздатчиков показана на рисунке 1[3,4].

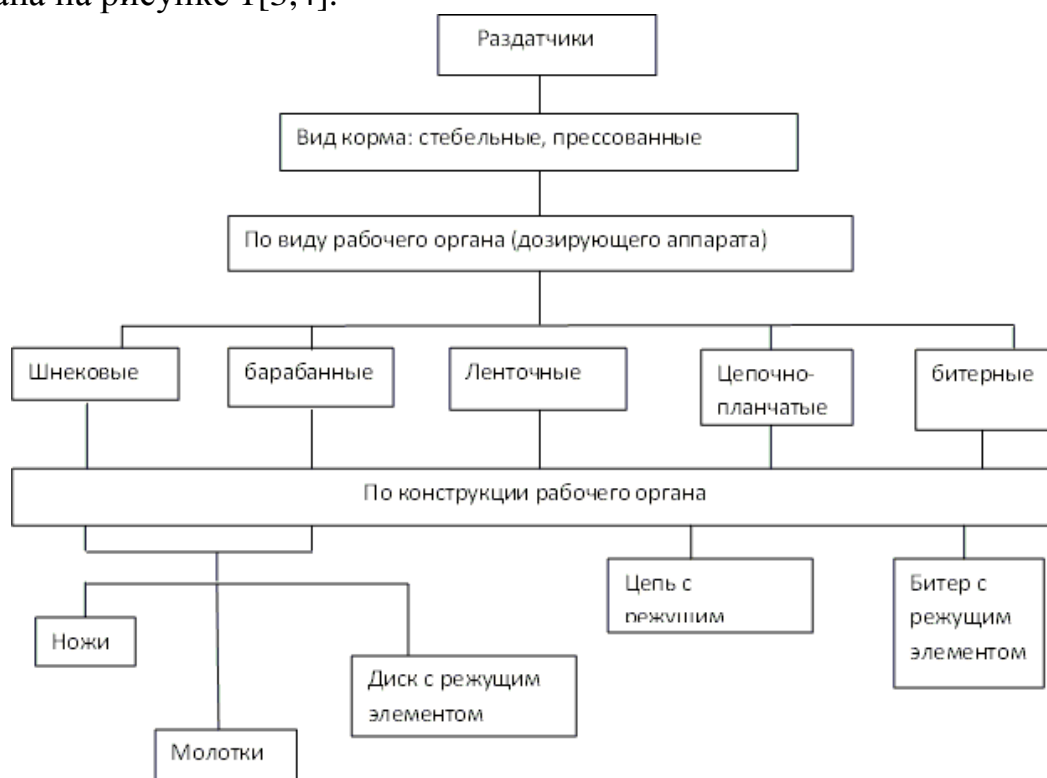


Рисунок 1 Классификация кормораздатчиков

Существенное влияние на равномерность дозирования корма оказывают кинематические параметры дозирующего устройства. К кинематическим параметрам дозирующего устройства относятся: скорость рабочих органов, скорость подачи кормовой массы и соотношение этих скоростей. При большой скорости рабочих органов увеличивается расход мощности на холостой ход и снижается эксплуатационная надежность дозирующего устройства.

Нами предлагается конструктивно-технологическая схема раздатчика-измельчителя грубых кормов, сформированных в рулоны (рисунок 2).

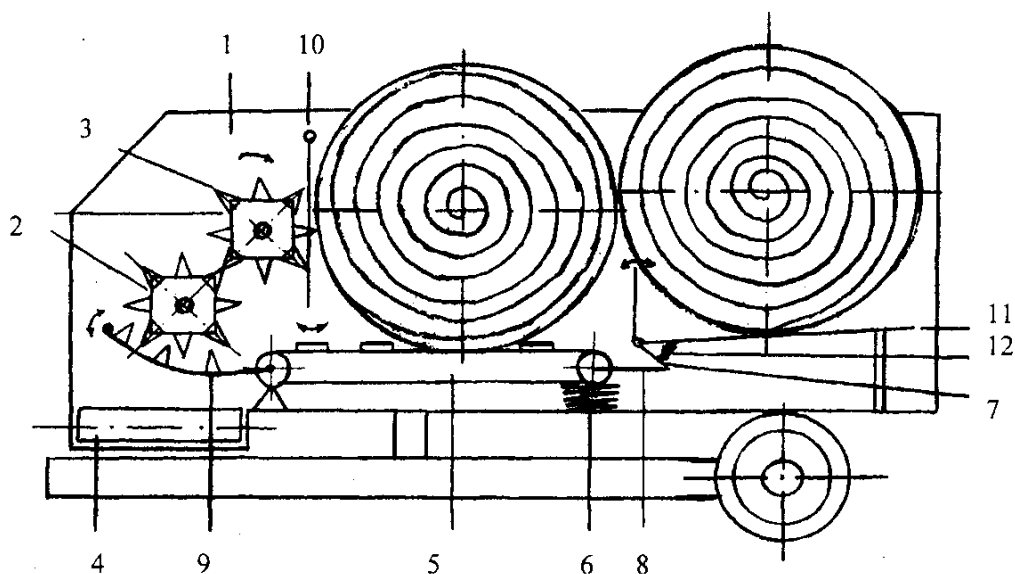


Рисунок 2 Раздатчик-измельчитель грубых кормов, сформированных в рулоны

Технологический процесс приготовления и раздачи грубого корма, сформированного в рулоны, протекает следующим образом. От ВОМ трактора посредством редуктора в работу включаются измельчающие барабаны 2 и одновременно продольный 5 и выгрузной транспортеры 4. В результате взаимодействия продольного транспортера с рулоном, последний приобретает вращение вокруг своей оси, при этом сегменты измельчающих барабанов снимают слой кормового материала, измельчают его и выдают на выгрузной транспортер, посредством которого грубый корм подается в кормушки животных.

По мере уменьшения первого рулона, пружина 6 транспортера 5 разжимается, тем самым, перемещая рычаг 8 в вертикальном направлении до взаимодействия с горизонтальной полкой фиксатора рулона 7. В

результате взаимодействия рычага 8 с горизонтальной полкой фиксатора, пружина 12 фиксатора сжимается, при этом вертикальная полка фиксатора 7 занимает горизонтальное положение, что способствует свободному перекачиванию второго рулона на подающий транспортер 4, а затем к измельчающим рабочим органам.

После того, как рулон перекатился на продольный транспортер 5, пружина 6, под действием сил гравитации, сжимается тем самым, освобождая горизонтальную полку фиксатора 7, которая под действием пружины 12 переводит вертикальную полку фиксатора в исходное положение.

Процесс приготовления кормов можно представить как набор последовательных преобразований, превращающих исходное сырье в готовый кормовой продукт.

Оценку вариантов произведем по критерию приведенных затрат, представив выражение в виде экономико-математической модели, где производство кормов стремится к минимуму затрат.

Представим следующим выражением, приняв его в качестве экономико-математической модели [3]:

$$\left. \begin{array}{l} (I_i + EK_i)Q_i t_i \rightarrow \min \\ t_i \leq [t_i] \quad Q_i t_i \geq G_{mi} \\ \exists_i \leq \exists.0 \leq \gamma_i \leq [\gamma_i] \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где I_i – эксплуатационные расходы при выполнении i -го технологического процесса, руб; E – нормативный коэффициент, руб; K_i – капитальные вложения при выполнении i -го технологического процесса, руб; Q_i – производительность линии получения i -ой продукции кг/ч; t_i – время приготовления и раздачи животным i -го компонента кормовой смеси, ч; $[t_i]$ – допустимое по зоотребованиям время приготовления и раздачи животным i -го компонента кормовой смеси, ч; G_{mi} – количество

произведенной i -ой продукции, кг; \mathcal{E}_i – энергозатраты при производстве i -ой продукции, МДж; \mathcal{E}_n – номинальные энергозатраты при производстве i -ой продукции, МДж; γ_i – качественные показатели процессов приготовления и раздачи кормов.

Таким образом, экономико-математическая модель (выр.1) увязывает между собой материальные затраты (I_i ; K_i , руб.), технологические (t_i ; G_{ni}), и конструктивные (Q_j) параметры, а также качественные (γ_i) и энергетические показатели процесса, параметры рассматриваемой системы производства продукции.

Научная значимость этой модели состоит в том, что она позволяет рассмотреть эти затраты, показатели и параметры во взаимной связи, а также провести анализ и наметить пути повышения эффективности производства животноводческой продукции. Проведенный анализ показывает, что с точки зрения снижения затрат в линиях приготовления и раздачи грубых кормов рациональнее применять универсальные машины, позволяющие объединить в одной конструктивно-технологической схеме ряд технологических операций. Для подготовки к скармливанию грубых кормов, заготовленных в рулоны, требуется их предварительное измельчение на специальных дробилках типа ИРТ–165, что связано с большими затратами труда и средств.

Анализ рабочего процесса для определения производительности и мощности раздатчика может быть представлен следующим образом.

На рисунке 3 представлено расположение рулона по отношению к измельчающему барабану в тот момент, когда цилиндрическая поверхность рулона соприкасается с цилиндрической поверхностью измельчающего барабана. В этот момент рабочая часть ножа измельчающего барабана полностью находится в теле рулона.

Будем считать, что центры рулона и измельчающего барабана находятся на одной оси (рис.3).

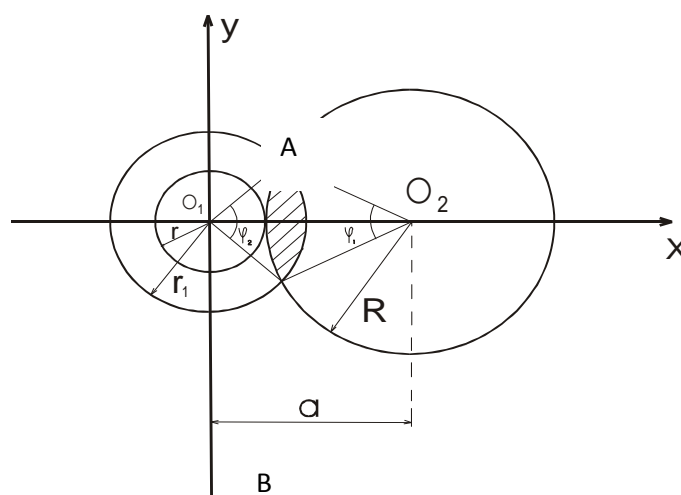


Рисунок 3 Схема к определению площади лунки

Площадь одной лунки определяется по формуле:

$$S_{л} = \sqrt{4r_1^2 a^2 - (R^2 - r_1^2 - a^2)} \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{4R^2 a^2 - 4r_1^2 a^2 + (R^2 - r_1^2 - a^2)^2} - R^2 + r_1^2 + a^2}{4a^2} \right) + R^2 \arcsin \frac{\sqrt{4r_1^2 a^2 - (R^2 - r_1^2 - a^2)^2}}{2Ra} - r_1^2 \arcsin \frac{\sqrt{4r_1^2 a^2 - (R^2 - r_1^2 - a^2)^2}}{2r_1 a} \quad (2)$$

Установим зависимость между угловой скоростью и скоростью транспортера, на котором находится рулон. Предполагая, что точка соприкосновения рулона с транспортером имеет скорость равную скорости транспортера, определим, скорость внешних точек рулона относительно его оси $V_p = \omega_2 R$ равна скорости транспортера $V_{тр}$, т.е.

$$V_p = \omega_2 R = V_{тр} \quad (3)$$

На основании выведенных ранее формул, будем иметь значение для угловой скорости при i -ом обороте рулона:

$$\omega_2^{(i)} = C_{iv} V_{тр}, \quad (4)$$

где C_{iv} - коэффициент сопротивления проскальзыванию вращающегося ротора.

$$C_{iv} = \frac{1 - \varepsilon_i}{R - ih} \quad (5)$$

С учетом выражения

$$T_2^{(i)} = \frac{2\pi}{\omega_2^{(i)}} = \frac{2\pi}{C_{iv} V_{тр}}, \quad (6)$$

Используя формулу для определения угловой скорости (3), (4), получим формулу для определения производительности раздатчика - измельчителя:

$$Q = \frac{(1 - \varepsilon)L\rho V_{тр}}{6n} \sum_{i=1}^n (R - ih) \frac{(i^3 - (i-1)^3)}{i^2} \quad (7)$$

Важной характеристикой технического средства является λ - показатель кинематического режима, который равен отношению скоростей вращения измельчающего барабана и транспортера, т.е.

$$\lambda = \frac{V_{\sigma}}{V_{тр}} \quad (8)$$

С учетом (8) формула (7) примет вид:

$$Q = \frac{(1 - \varepsilon)L\rho V_{\sigma}}{6n\lambda} \sum_{i=1}^n (R - ih) \frac{(i^3 - (i-1)^3)}{i^2} \quad (9)$$

В процессе резания материала к нему необходимо приложить силу больше некоторого критического значения.

Потенциальная энергия упругодеформированного тела определяется по формуле:

$$U_{\text{п}} = \frac{P^2}{2k_{\text{уп}}}. \quad (10)$$

Зная, что

$$A_1 = U_{\text{п}} \quad (11)$$

получим:

$$A_1 = \frac{1}{2k_{\text{уп}}} \left(\delta\sigma_p + \frac{Eh^2_{\text{сж}}}{2h} [\text{tg}\beta + f \sin^2 \beta + \mu(f + \cos^2 \beta)] \right)^2 \quad (12)$$

Площадь контура поперечного сечения стебля S_1 . Тогда при i – ом обороте рулона будет разрушено число стеблей, равное

$$k_c^{(i)} = \frac{S^{(i)}}{S_1} k_{\text{н}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{н}}$ – количество рядов ножей, или с учетом (5)

$$k_c^{(i)} = \left(\frac{R - ih}{R - h} \right)^2 \frac{i^3 - (i-1)^3}{i^2} k_{\text{н}}. \quad (14)$$

Работа, затрачиваемая на резание за i – ый оборот рулона равна

$$A^{(i)} = A_1 k_c^{(i)}. \quad (15)$$

Мощность, необходимая при i -ом обороте рулона

$$N^{(i)} = \frac{A^{(i)}}{T_2^{(i)}}, \quad (16)$$

Используя полученные формулы (14), (15), получим

$$N^{(i)} = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{R - ih}{R - h} \right)^2 \frac{i^3 - (i-1)^3}{i^2} \frac{c_{iv} V_{тр} k_H}{k_{yn}} \cdot \left(\delta\sigma_p + \frac{Eh_{сж}^2}{2h} [tg\beta + f \sin^2 \beta + \mu(f + \cos^2 \beta)] \right)^2 \quad (17)$$

Так как

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n N^{(i)}}{n}, \quad (18)$$

то мощность при резании одного рулона равна

$$N = \frac{1}{4\pi} \frac{C_v V_{тр} k_H}{k_{yn} n} \cdot \left(\delta\sigma_p + \frac{Eh_{сж}^2}{2h} [tg\beta + f \sin^2 \beta + \mu(f + \cos^2 \beta)] \right)^2 \sum_{i=1}^n \left(\frac{R - ih}{R - h} \right)^2 \frac{i^3 - (i-1)^3}{i^2} \quad (19)$$

где δ - толщина лезвия, м; σ_p - разрушающее контактное напряжение, $\frac{H}{M^2}$; $f = tg\varphi$ - коэффициент трения массы о материал; φ - угол трения; $h_{сж}$ - углубление лезвия в слой материала толщины h , м; μ - коэффициент Пуассона; E - модуль Юнга, $\frac{H}{M^2}$.

ВЫВОДЫ

Теоретическими исследованиями установлены основные зависимости по которым осуществляются процессы измельчения, дозирования и раздачи грубого корма, сформированного в рулоны. Обоснованы конструктивно - режимные параметры раздатчика - измельчителя стебельных кормов сформированных в рулоны.

Литература

1. Маслов Г.Г. Методика комплексной оценки эффективности сравниваемых машин // Тракторы и сельхозмашины. 2009. №10, С.31-33.
2. Фролов В.Ю., Туманова М.И. К вопросу приготовления и раздачи грубых кормов рулонной заготовки // Труды КубГАУ. 2013. №2, С.179-182.
3. Фролов В.Ю., Туманова М.И. Повышение эффективности технологического процесса приготовления и раздачи грубых кормов, сформированных в рулоны // Труды КубГАУ. 2013. № 3 (42), С.190-194.
4. Фролов В.Ю., Туманова М.И. Классификация кормораздатчиков // Техника и оборудование для села. 2013. № 7 (193), С.18-19.
5. Маслов Г.Г., Трубилин Е.И., Абаев В.В. Совершенствование комбайновой уборки зерновых колосовых культур // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. №8, С.4-5.
6. Фролов В.Ю., Сысоев Д.П., Сергунцов А.С. Поршневой пресс для приготовления высококачественных кормов // Эффективное животноводство. 2013. №12 (98), С.60-61

References

1. Maslov G.G. Metodika kompleksnoj ocenki jeffektivnosti sravnivaemyh mashin // Traktory i sel'hozmashiny. 2009. №10, S.31-33.
2. Frolov V.Ju., Tumanova M.I. K voprosu prigotovlenija i razdachi grubyh kormov rulonnoj zagotovki // Trudy KubGAU. 2013. №2, S.179-182.
3. Frolov V.Ju., Tumanova M.I. Povyshenie jeffektivnosti tehnologicheskogo processa prigotovlenija i razdachi grubyh kormov, sformirovannyh v rulony // Trudy KubGAU. 2013. № 3 (42), S.190-194.
4. Frolov V.Ju., Tumanova M.I. Klassifikacija kormorazdatchikov // Tehnika i oborudovanie dlja sela. 2013. № 7 (193), S.18-19.
5. Maslov G.G., Trubilin E.I., Abaev V.V. Sovershenstvovanie kombajnovoj uborki zernovyh kolosovyh kul'tur // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. 2007. №8, S.4-5.
6. Frolov V.Ju., Sysoev D.P., Serguncov A.S. Porshnevoj press dlja prigotovlenija vysokokachestvennyh kormov // Jeffektivnoe zhivotnovodstvo. 2013. №12 (98), S.60-61