

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА ЧАСТИЦ ПРИ НОВОМ СПОСОБЕ ПОДОДВИГАНИЯ КОРМОВ НА ФЕРМАХ КРС

Ефанов Д. С. Романович А. А.

(Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь)

Постановка проблемы. В решении задач повышения эффективности использования кормов ключевую роль играет совершенствование способов и технологий обработки кормов и подготовки их к скармливанию.

Одним из важнейших критериев для полноценного потребления пищи животным – это доступность кормов на кормовом столе в течении 24 часов.

Основные материалы исследования. В целях повышения производительности и качества кормления используют пододвигатели кормов механизированного и роботизированного конструктивного исполнения.

Роботизированный пододвигатель с роторным рабочим органом представляет собой цилиндрический корпус, вращающийся вокруг своей оси, опорные колеса, и станцию для подзарядки.



1 – кормовой стол; 2 – роботизированный пододвигатель

Рисунок 1. Роботизированный пододвигатель с роторным рабочим органом марки «Juno 100»

Преимущество их в том, что каждые два часа происходит автоматическое подталкивание кормосмеси в зону досягаемости животным. Недостатком является сложность конструкции, невозможность использовать на крупных предприятиях, в связи с тем, что, требуется переезды между коровниками.

Мобильный пододвигатель с роторным рабочим органом представляет собой раму, на которой закреплена покрывка от колеса, с возможностью вращения в горизонтальной плоскости вокруг своей оси нижней стороной на уровне пола.



1 – рама; 2 – рабочее колесо; 3 – кормовой стол; 4 – энергетическое средство (трактор)

Рисунок 2. Мобильный пододвигатель с одним роторным рабочим органом марки «Octo 1500»

Преимуществом является мобильность, простота конструкции, возможность использования как при помощи трехточечной навески, так и при помощи вил погрузчика. Недостаток – в силу геометрии протектора колеса невозможно полное удаление и пододвигание корма в зону досягаемости животного за счет не плотного прилегания колеса к полу, движение энергетического средства по кормовому столу, что приводит к загрязнению корма.

Для повышения качества кормов и снижения их потерь, а так же уменьшения энергоемкости процесса предлагается новая конструкция роторного пододвигателя двустороннего действия рис.3.

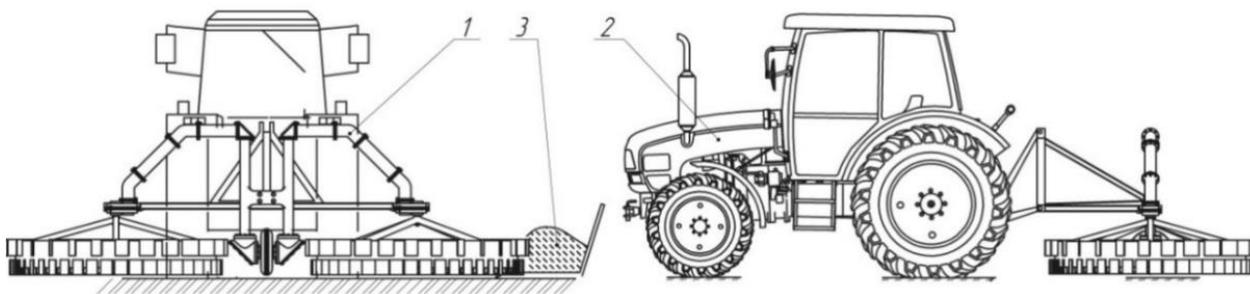


Рисунок 3. Роторный пододвигатель кормов
1-подгребатель; 2-трактор; 3-кормовой стол

Пододвигатель состоит из трех основных элементов: сварной рамы, приводного механизма, состоящего из опорно-приводного колеса и системы валов, а так же подгребающего узла рис. 4 состоящего из стоек и ленты, на которой расположены ряд металлических лопаток и ряд резиновых скребков.

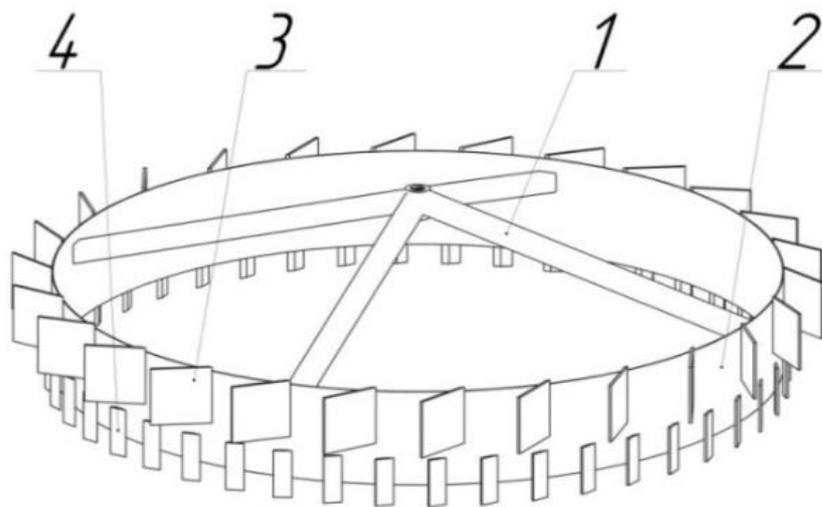


Рисунок 4. Подгребающий узел

1-стойка; 2-металлическая лента; 3-лопатка; 4-резиновый скребок

Технологический процесс работы предлагаемого пододвигателя осуществляется следующим образом. Трактор движется посередине кормового проезда, что обеспечивает некоторое удаление колес трактора от кормового стола. Вследствие чего исключается загрязнение кормовой массы продуктами, содержащимися на колесах трактора, и её уплотнение.

При движении трактора вперед, пододвигатель кормов, опираясь на опорно-приводное колесо, через механизмы привода передает вращение подгребающему устройству. Подгребающее устройство перемещает частицы послойно, верхние направляющие лопатки отодвигают верхний слой, нижние резиновые скребки за счет плотного прилегания к полу, счищают мелкие частицы корма в зону кормового стола, доступную для животных.

Применение такого пододвигателя кормов уменьшает потери корма, снижает эксплуатационные затраты на осуществляемый технологический процесс, вследствие снижения количества проездов.

Важным параметром работы пододвигания, характеризующим эффективность его работы, является дальность полета частицы кормосмеси $h_{доб}$. Данный параметр зависит от скорости движения частиц, определить которую можно разложив ее на два независимые части – равномерное прямолинейное движение V_n и свободное падение с относительной скоростью $V_{от}$ рис.5.

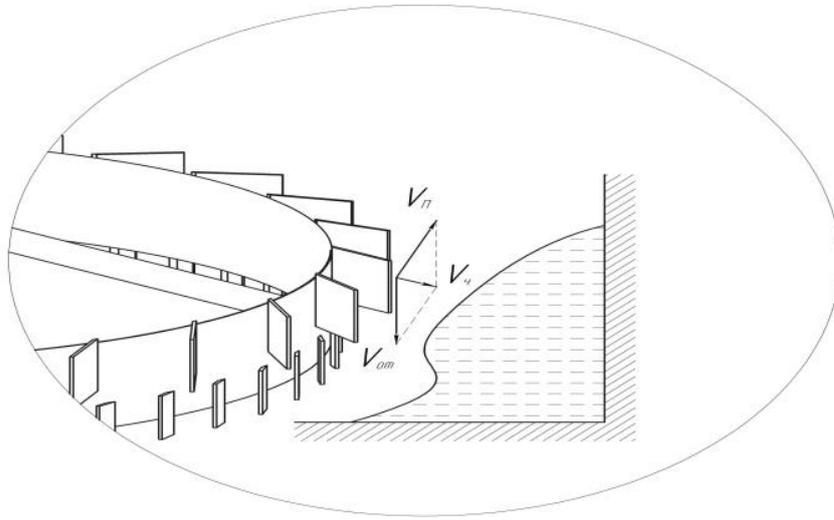


Рисунок 5 – Скорости движения частиц.

Тогда абсолютную скорость движения частиц кормов можно определить по формуле:

$$V_u^2 = V_n^2 + V_{om}^2, \quad (1)$$

где V_{om} – относительная скорость, м/с;

V_n – равномерное прямолинейное движение, м/с:

$$V_n = h_{гор} \varphi', \quad (2)$$

где $\varphi' = d\varphi/dt$ – угловая скорость перемещения частицы многокомпонентной добавки в течение промежутка времени; c^{-1} ;

$h_{гор}$ – расстояние перемещения частицы корма, м.

Относительную скорость перемещения частицы корма определим по формуле:

$$V_{om} = dh_{вер} / dt, \quad (3)$$

где $h_{вер}$ – высота падения частицы корма, м.

Тогда абсолютную скорость перемещения частицы корма можно определить по формуле:

$$V_u^2 = h_{гор}^2 \varphi'^2 + h_{вер}'^2. \quad (4)$$

Из формулы (3) определим расстояние перемещения частицы корма в горизонтальной плоскости. Для решения уравнения воспользуемся уравнениями Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_{дооб}}{\partial h'_{вер}} \right) - \frac{\partial E_{дооб}}{\partial h_{гор}} = Q_h, \quad (5)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_{дооб}}{\partial \varphi} \right) - \frac{\partial E_{дооб}}{\partial \varphi} = Q_\varphi, \quad (6)$$

где Q_h, Q_φ – обобщенные силы, действующие на частицу корма, Н;
 $E_{доб}$ – работа, затрачиваемая при перемещении частицы корма, Дж.
 Преобразив уравнения (5) и (6) получим:

$$Q_h = m_{\text{ч}} (h''_{\text{вер}} - h_{\text{гор}} \varphi'^2), \quad (7)$$

$$Q_\varphi = m_{\text{ч}} (2 h_{\text{гор}} h'_{\text{вер}} \varphi'). \quad (8)$$

Работу, затрачиваемую при перемещении частицы корма на элементарном пути возможных перемещений, определим по формулам:

$$\delta T_h = Q_h \delta h_{\text{гор}} = (m_{\text{ч}} g - f N) \delta h_{\text{гор}}, \quad (9)$$

$$\delta T_\varphi = Q_\varphi \delta \varphi = (N - m_{\text{ч}} g) h_{\text{гор}} \delta \varphi, \quad (10)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;
 f – коэффициент трения корма металлу;
 $m_{\text{ч}}$ – средняя масса частицы корма, кг.

Откуда:

$$Q_h = m_{\text{ч}} g - f N, \quad (11)$$

$$Q_\varphi = (N - m_{\text{ч}} g) h_{\text{гор}}. \quad (12)$$

Так как в уравнениях (7), (8) и (11), (12) левые части равны, то справедливо равенство:

$$m_{\text{ч}} (h''_{\text{вер}} - h_{\text{гор}} \varphi'^2) = m_{\text{ч}} g - f N, \quad (13)$$

$$2 m_{\text{ч}} h_{\text{гор}} h'_{\text{вер}} \varphi' = (N - m_{\text{ч}} g) h_{\text{гор}}, \quad (14)$$

или после преобразования получим:

$$h_{\text{вер}}'' - h_{\text{гор}} \varphi'^2 = g - f N m_{\text{ч}}^{-1}, \quad (15)$$

$$2 f h_{\text{вер}}' \varphi' = f N m_{\text{ч}}^{-1} - g f. \quad (16)$$

Из уравнения (16) выразим $f N m_{\text{ч}}^{-1}$ и полученное значение подставим в уравнение (15). После преобразования получим:

$$h_{\text{вер}}'' + 2 f h_{\text{вер}}' \varphi' - h'_{\text{гор}} \varphi'^2 = g(1 - f). \quad (17)$$

Так как $\varphi = \omega t$, а $\varphi' = \omega = \text{const}$, то уравнение (17) примет вид:

$$h_{\text{вер}}'' + 2 f h_{\text{вер}}' \omega_{\text{ш}} - h_{\text{гор}} \omega_{\text{ш}}^2 = g(1 - f). \quad (18)$$

Полученное уравнение (18) является линейным неоднородным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами. Представим его как общее решение однородного уравнения:

$$h_{\text{доб}} = h_{\text{част}} + h_{\text{общ}}. \quad (19)$$

Соответствующее однородное уравнение примет вид:

$$h_{\text{вер}}'' + 2f\omega_{\text{ш}}h_{\text{вер}}' - h_{\text{гор}}\omega^2 = 0. \quad (20)$$

Характеристическим уравнением дифференциального уравнения (20) будет:

$$h_{\text{вер}}^2 + 2f\omega_{\text{ш}}h_{\text{вер}} - \omega_{\text{ш}}^2 = 0. \quad (21)$$

Корни уравнения:

$$h_1 = \omega_{\text{ш}} \left(f + \sqrt{f^2 + 1} \right), \quad (22)$$

$$h_2 = \omega_{\text{ш}} \left(f - \sqrt{f^2 + 1} \right). \quad (23)$$

Тогда общее решение уравнения (20) выразится формулой

$$h_{\text{общ}} = C_1 e^{h_1 t} + C_2 e^{h_2 t}, \quad (24)$$

где C_1, C_2 – произвольные постоянные;
 t – время перемещения частицы корма во взвешенном состоянии, с;
 e – основание натурального логарифма.

Частное решение уравнения (20) имеет вид:

$$0 + 0 - \omega_{\text{ш}}^2 = g(1 - f), \quad (25)$$

откуда

$$C = - \frac{g(1-f)}{\omega_{\text{ш}}^2}. \quad (26)$$

Общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения будет иметь вид:

$$h_{\text{общ}} = C_1 e^{h_1 t} + C_2 e^{h_2 t} - \frac{g(1-f)}{\omega_{\text{ш}}^2}. \quad (27)$$

Из начальных условий $t = 0$, $dh/dh = 0$ и $h' = 0$, находим постоянные:

$$h_0 = C_1 + C_2 - \frac{g(1-f)}{\omega_{\text{ш}}^2}; \quad (28)$$

$$h^1(0) = C_1 \omega_{\text{ш}} \left(f + \sqrt{1+f^2} \right) + C_2 \omega_{\text{ш}} \left(f - \sqrt{1+f^2} \right). \quad (29)$$

Решая систему относительно C_1 и C_2 получим:

$$C_1 = \frac{g(1-f)}{\omega_u^2} \left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right); \quad (30)$$

$$C_2 = \frac{g(1-f)(f + \sqrt{1+f^2})}{2\omega_u^2 \sqrt{1+f^2}}. \quad (31)$$

Частное решение линейного неоднородного дифференциального уравнения (24) будет иметь вид:

$$h_{\text{доб}} = \frac{g(1-f)}{\omega_u^2} \left(\left(1 - \frac{f + \sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}} \right) e^{\omega_u t (f + \sqrt{f^2+1})} + \frac{(f + \sqrt{1+f^2})}{2\sqrt{1+f^2}} e^{\omega_u t (f - \sqrt{f^2+1})} - 1 \right); \quad (32)$$

Из формулы следует, что дальность полета частицы корма зависит от физико-механических свойств кормов, угловой скорости подгребающего узла и времени полета частицы корма.

Выводы. Установлено, что в целях повышения производительности и качества кормления используют пододвигатели кормов механизированного и роботизированного конструктивного исполнения. Которые имеют свои преимущества и недостатки, поэтому предложено техническое решение пододвигателя кормов, позволяющее уменьшать потери корма, снижать эксплуатационные затраты на осуществляемый технологический процесс, вследствие снижения количества проездов. Дальность полета частицы корма зависит от физико-механических свойств кормов, угловой скорости подгребающего узла и времени полета частицы корма.

Список литературы

1. Официальный Интернет портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rovibecagrisolutions.com/> – Дата доступа: 11.11.2021.
2. Официальный Интернет портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lely.com/> – Дата доступа: 11.11.2021.
3. Официальный Интернет портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.smsz.ru/> – Дата доступа: 11.11.2021.
4. Официальный Интернет портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.holaras.nl/> – Дата доступа: 11.11.2021.