

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗМЕЛЬЧЕННОГО СЕНА ПО ПОВЕРХНОСТИ РЕШЕТА СЕПАРАТОРА ЛИСТОВОЙ ЧАСТИ ТРАВ

DETERMINATION OF THE ROTATION SPEED OF CHOPPED HAY ON THE SURFACE OF THE SEPARATOR SIEVE OF THE LEAF PART OF HERBS

Т. АБИЛЖАНУЛЫ, д.т.н.
Д.Т. АБИЛЖАНОВ, к.т.н.

ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии»,
Алматы, Республика Казахстан, spcae@yandex.kz

T. ABILZHANULY, DSc in Engineering,
D.T. ABILZHANOV, PhD in Engineering

Scientific Production Center of Agricultural Engineering, LTD,
Almaty, Republic of Kazakhstan, spcae@yandex.kz

Для повышения уровня производства животноводческой продукции необходимо кормить животных полнорационными кормосмесями. Основным из компонентов кормосмеси является комбикорм, который состоит из зерновых кормов, витаминно-травяной муки (ВТМ) и других добавок. В настоящее время для производства ВТМ применяются высокотемпературные способы сушки сена, требующие больших затрат и дорогих технических средств. Поэтому для снижения эксплуатационных затрат и стоимости оборудования нами предложены технология и линия для приготовления ВТМ из листовой части трав. В составе линии приготовления ВТМ основной машиной является сепаратор листовой части трав из предварительно измельченного сена. Выполнение процесса сепарации связано с тем, что при измельчении сухого сена в безрешетных измельчителях нежная листовая часть мелко измельчается, это способствует процессу сепарирования листовой части трав. Цель исследований состоит в определении скорости перемещения сена по поверхности решета, позволяющей определить производительность линии по массовой подаче и по муке. Для теоретического определения средней скорости перемещения решета применен метод математического анализа, а для определения действительного значения скорости перемещения сена по поверхности решета использован метод однофакторного экспериментального исследования. В результате теоретических исследований получены аналитические выражения для определения производительности сепаратора, средних скоростей перемещения решета в горизонтальном направлении и перемещения сена по поверхности решета. В результате экспериментальных исследований получена закономерность изменения средней скорости перемещения сена в зависимости от длины решета, которая обеспечивает получение эмпирического выражения для определения действительного значения средней скорости перемещения слоя сена по поверхности решета, и она равна 0,19 м/с. При средней производительности линии по массовой подаче толщина перемещаемого слоя по поверхности решета была равна 0,0186 м, и она не является максимальной для сепаратора листовой части трав.

Ключевые слова: сепаратор, решето, листовая часть сена, скорость перемещения сена, производительность сепаратора.

To increase the production of livestock products, it is necessary to feed the animals with full-feed mixtures. The main component of the feed mixture is feed, which consists of grain feed, vitamin-grass meal (VGM) and other additives. Currently, high-temperature methods of drying hay are used for the production of VTM, which require high costs and expensive technical means. Therefore, to reduce operating costs and equipment costs, we proposed a technology and a line for the preparation of VGM from the leaf part of herbs. As part of the VGM preparation line, the main machine is a separator of the leaf portion of grass from pre-ground hay. The separation process is due to the fact that when grinding dry hay in sieveless shredders, the delicate leaf part is finely chopped, this contributes to the process of separating the leaf part of the grasses. The purpose of the research is to determine the speed of hay moving along the surface of the sieve, which allows to determine the productivity of the line by mass feed and flour. For the theoretical determination of the average speed of movement of the sieve, the method of mathematical analysis was used, and to determine the actual value of the speed of movement of hay on the surface of the sieve, the method of one-factor experimental research was used. As a result of theoretical studies, analytical expressions were obtained to determine the performance of the separator, the average speeds of the sieve in the horizontal direction and the movement of hay on the surface of the sieve. As a result of experimental studies, a regularity of the change in the average speed of hay movement depending on the length of the sieve was obtained, and this regularity provides an empirical expression for determining the actual value of the average speed of hay layer movement on the surface of the sieve and it is 0,19 m/s. With the average line capacity for mass feeding, the thickness of the transported layer over the sieve surface was 0.0186 m, and it is not maximum for the separator of the leaf part of grasses.

Keywords: separator, sieve, sheet part of hay, hay movement speed, separator productivity.

Введение

Для повышения уровня производства животноводческой продукции необходимо кормить животных полнорационной кормосмесью, которая состоит из сена, силоса или сенажа и комбикормов. Одним из основных компонентов комбикормов, предназначенных для всех видов животных и птиц, является витаминно-травяная мука (ВТМ). В настоящее время для приготовления ВТМ применяются дорогие и высокзатратные высокотемпературные способы, поэтому во многих случаях приготовление комбикормов осуществляется без включения ВТМ.

Для решения данной задачи нами предложен новый способ, который заключается в том, что скошенная трава высушивается на прокосе до влажности 30...35 %, далее провяленная трава высушивается, предварительно измельченная безрешетным измельчителем. При этом нежная листовая часть мелко измельчается с размером до 15 мм, стеблевая часть крупно измельчается с длиной 20 мм и более. Далее предварительно измельченная масса поступает в разработанный нами сепаратор, и после отсепарированная мелко измельченная листовая часть сена подается в дробилку для получения муки [1]. Учитывая, что в листовой части бобовых трав содержание каротина и витаминов в 10...12 раз больше, чем в стеблевой части растения [2], при приготовлении ВТМ по предложенному способу была получена ВТМ с содержанием каротина более 300 мг/кг [3].

Для реализации способа был разработан экспериментальный образец линии приготовления ВТМ (финансирование МОН РК) и обоснованы параметры машин линии [3–5]. Здесь в основном производительность линии зависит от работы сепаратора листовой части трав, поэтому проведение теоретических и экспериментальных исследований, направленных на обоснование параметров сепаратора листовой части трав, имеет особую актуальность.

Цель исследований

Определение скорости перемещения сена по поверхности решета, позволяющей определить производительность линии по массовой подаче и по муке.

Материалы и методы

Для теоретического определения средней скорости перемещения решета применен метод

математического анализа, а для определения действительного значения скорости перемещения сена по поверхности решета использован метод однофакторного экспериментального исследования.

Результаты и обсуждение

Сепаратор листовой части трав состоит из рамы, решета, подбрасывающего барабана, очистительных щеток и приводных механизмов (рис. 1).

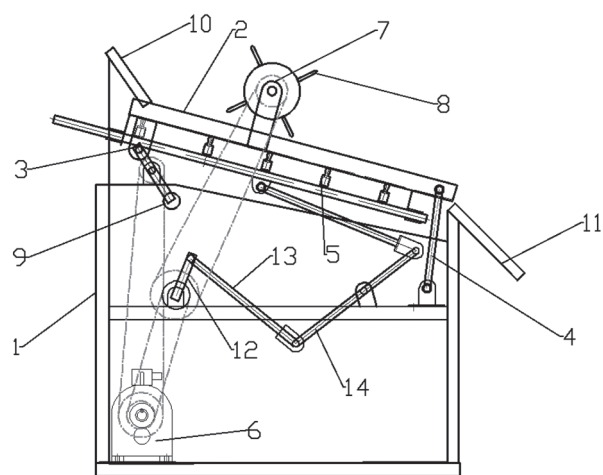


Рис. 1. Схема сепаратора мелкой листовой части трав:

- 1 – рама; 2 – решето; 3 – эксцентриковый вал;
- 4 – рычаг; 5 – очистительные щетки; 6 – мотор-редуктор; 7 – подбрасывающий барабан;
- 8 – пальцы; 9 – грузик; 10, 11 – лотки;
- 12, 13 – кривошипно-шатунный механизм;
- 14 – рычажный механизм

Сепаратор листовой части трав представляет собой решето, передняя часть которого получает вращательное движение, а задняя часть подвешена на тягу и совершает колебательное движение (рис. 2).

В верхней части решета установлен подбрасывающий барабан. При этом пальцы барабана подбрасывают массу из толстого слоя вперед и его разрыхляют, т.е. обеспечивают полную сепарацию листовой части из предварительно измельченного слоя. В нижней части решета установлены очистительные щетки, и они, совершая возвратно-поступательное движение, обеспечивают очистку решета сепаратора.

В ранее выполненных исследованиях проведен теоретический анализ сил, действующих на стебель, и определены основные оптимальные параметры сепаратора [3–5]. Однако

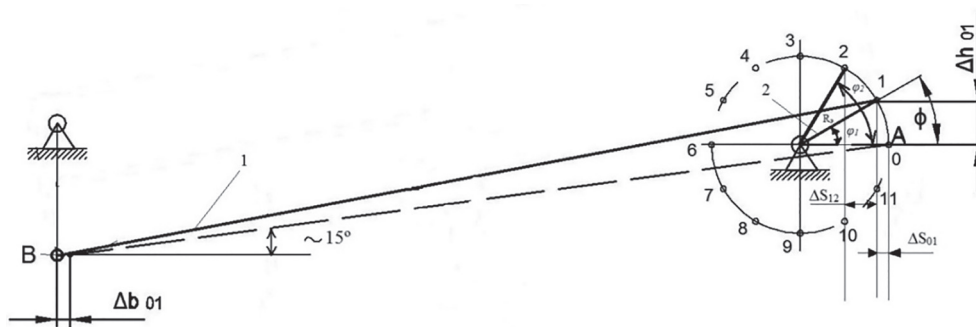


Рис. 2. Схема перемещения решета сепаратора мелкой листовой части трав в горизонтальном и вертикальном направлениях:
1 – решето; 2 – кривошип

не рассмотрен вопрос теоретического определения производительности сепаратора листовой части трав.

При повороте кривошипа от 0 до 180° предварительно измельченное сено перемещается вместе с решето, а при обратном движении решета сено, находящееся на его поверхности, перемещается по инерции вниз. В данном случае скорость перемещения сена немного будет снижаться. Однако средняя скорость перемещения сена имеет значение, близкое к средней скорости самого решета в одном направлении.

При известном значении средней скорости перемещения сена по поверхности решета $v_{сн}$, толщины, ширины и плотности слоя ρ_c , производительность сепаратора определяется по формуле:

$$Q_c = 3600 v_{сн} b_c h_c \rho_c, \quad (1)$$

где b_c – ширина решета, м; h_c – высота слоя, м.

С учетом выхода листовой части сена K_d производительность линии по муке определяется по формуле:

$$Q_c = 3600 K_d v_{сн} b_c h_c \rho_c, \quad (2)$$

Входящие в состав линии измельчитель грубых кормов для предварительного их измельчения, дробилка для получения муки и транспортирующие машины имеют высокую производительность, поэтому производительность линии зависит только от работы сепаратора листовой части трав. Здесь для теоретического определения производительности сепаратора необходимо определить скорость перемещения сена по поверхности решета. Для ее определения вначале необходимо иметь теоретическую зависимость средней скорости самого решета, и далее через коэффициент отставания скорости сена можно получить искомую зависимость.

Из ранее проведенных исследований известно, что скорость перемещения решета в горизонтальном направлении определяется по формуле [6]:

$$v_p = \omega_k R_k \sin \varphi,$$

где ω_k – угловая скорость кривошипа, рад/с; R_k – радиус кривошипа, м.

Использование данной формулы для определения скорости перемещения решета также подтверждается полученными значениями скорости перемещения решета в различных четвертях окружности вращения кривошипа.

Например, скорость изменения решета в первой четверти повышается от 0 до значения окружной скорости решета, поэтому оправдано применение данной формулы для определения средней скорости решета в горизонтальном направлении.

Из курса математики известно, что среднее значение функции в определенном интервале определяется как отношение определенного интеграла от этой функции к длине интервала. Здесь скорость решета одинаково изменяется через каждые 90°, поэтому искомое значение скорости определяется по формуле:

$$v_{pc} = \frac{2 \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \omega_k R_k \sin \varphi d\varphi}{\pi} = \frac{2 \omega_k R_k}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \varphi d\varphi = \quad (3)$$

$$= \frac{2 \omega_k R_k}{\pi} (-\cos \varphi) \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{2\pi \cdot n_k R_k}{30 \cdot \pi} = \frac{n_k R_k}{15},$$

где n_k – частота вращения кривошипа, мин⁻¹.

Учитывая значение коэффициента отставания перемещения сена по поверхности решета K_o , средняя скорость $v_{сн}$ перемещения сена определяется по формуле:

$$v_{сн} = \frac{K_o n_k R_k}{15}.$$

Таким образом, получено аналитическое выражение для определения средней скорости решета. Для использования данной формулы необходимо определить коэффициент отставания сена от скорости решета.

Для определения действительного значения скорости перемещения сена по поверхности решета проведено экспериментальное исследование на сепараторе листовой части трав (рис. 3).

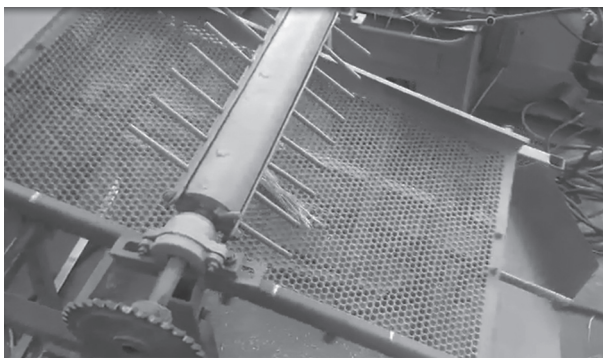


Рис. 3. Общий вид сепаратора листовой части трав при проведении экспериментальных исследований

Анализ работы колебательного движения показывает, что начало решета получает вертикальное перемещение, равное диаметру окружности вращения кривошипа, и значение данного перемещения стремится к нулю в конце решета. Отсюда ясно, что на начальном этапе движения перемещение массы происходит с подбрасыванием, поэтому можно ожидать, что скорость движения сена будет больше, чем в конце решета.

Исходя из этого, общую длину решета ($L = 1160$ мм) нужно разделить на четыре участка, и необходимо определить значение средней скорости перемещения сена на каждом участке решета. Время движения сена определено электронным секундомером.

Для подачи корма была оставлена определенная длина в начале решета, и поэтому $0,8$ м его длины разделено на 4 участка с длиной $0,2$ м. При этом закономерность изменения скорости движения сена по поверхности решета приведена на рис. 4. Экспериментальные значения средней скорости перемещения сена по поверхности решета показаны на середине каждого участка. Анализ графика показывает, что действительная скорость перемещения сена и ее скорость изменения в начале решета имеют максимальные значения.

Далее наблюдается закономерность снижения этих скоростей. На начальном участке

решета скорость перемещения сена по поверхности решета равна скорости перемещения самого решета.

Здесь следует отметить согласованность полученной закономерности с экспериментальными данными, поэтому полученное уравнение используем для определения средней скорости перемещения сена по поверхности решета $v_{сп}$; при этом уравнение имеет следующий вид:

$$v_{сп} = \frac{\int_{L_{p\min}}^{L_{p\max}} (0,3933 + 0,775L_p^2 - 0,875L_p) dL_p}{L_{p\max} - L_{p\min}} =$$

$$= 1,667 \int_{0,1}^{0,7} (0,3933 + 0,775L_p^2 - 0,875L_p) dL_p =$$

$$= 1,667 \left(0,3933L_p + 0,775 \frac{L_p^3}{3} - 0,875 \frac{L_p^2}{2} \right) \Big|_{0,1}^{0,7} =$$

$$= 0,19 \text{ м/с.}$$

Таким образом, определено действительное значение средней скорости перемещения слоя сена по поверхности решета.

При известных оптимальных значениях частоты вращения $n_k = 305 \text{ мин}^{-1}$ и радиуса кривошипа $R_k = 0,015 \text{ м}$ [5] средняя скорость перемещения решета равна $0,305 \text{ м/с}$, и в данном случае коэффициент отставания $K_o = 0,623$. Поэтому средняя скорость перемещения сена по поверхности решета сепаратора определяется по формуле:

$$v_{сп} = \frac{K_o n_k R_k}{15} = \frac{0,623 n_k R_k}{15} = 0,0415 n_k R_k. \quad (5)$$

В результате теоретических и экспериментальных исследований получено аналитическое выражение для расчета скорости перемещения сена по поверхности решета.

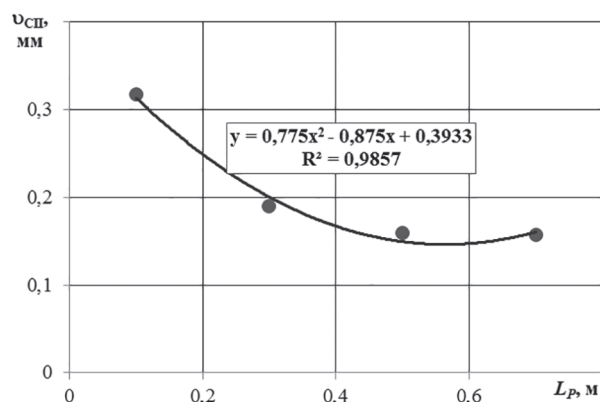


Рис. 4. Закономерность изменения скорости перемещения сена в зависимости от длины решета

В настоящее время для облегчения работы оператора, осуществляющего подачу сена в измельчитель, в состав машин линии включен малогабаритный питатель-дозатор, который обеспечивает механизированную подачу сена в измельчитель, предназначенный для предварительного измельчения грубых кормов. При этом производительность линии по массовой подаче была равна 953 кг/ч, и данная производительность является максимальной для оператора, который занимается загрузкой питателя-дозатора стебельных кормов. При такой производительности линии по массовой подаче выход муки составляет 58,9 %, т.е. производительность линии по муке – более 500 кг/ч, и это довольно высокий показатель для линии [7].

При известных значениях производительности, скорости перемещения сена, ширины решета $b_p = 0,6$ м и плотности измельченного сена $\rho_c = 125,2$ кг/м³ [8] можно определить по формуле (1) толщину слоя, перемещаемого по поверхности решета, и она равна 0,0186 м. Наблюдения за работой сепаратора показали, что толщина слоя менее 0,02 м обеспечивает рациональную работу сепаратора.

Выводы

1. В результате теоретических исследований получены аналитические выражения для определения производительности сепаратора (1), (2) и средних скоростей перемещения решета в горизонтальном направлении и перемещения сена по поверхности решета (5).

2. В результате экспериментальных исследований получена закономерность изменения средней скорости перемещения сена в зависимости от длины решета, которая обеспечивает получение эмпирического выражения для определения действительного значения средней скорости перемещения слоя сена по поверхности решета (4), равного 0,19 м/с.

3. При средней производительности линии по массовой подаче толщина перемещаемого слоя по поверхности решета была равна 0,0186 м, и она не является максимальной для сепаратора листовой части трав.

Литература

1. Абилянұлы Т., Жортуылов, Солдатов В.Т., Утешев В.Л., Абилянұов Д.Т., Нурлыбаев К.К., Альшурина А.С.: способ приготовления витаминно-травяной муки: патент РК № 30197. Бюл. № 8. 17.08.2015.

2. Никитина Т.К. Корма и комбикорма. СПб.: ООО «Респек», 2000. 256 с.
3. Абилянұлы Т., Абилянұов Д.Т. Разработка технологии и линии приготовления витаминно-травяной муки из листовой части // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 2. С. 32–35.
4. Абилянұлы Т., Абилянұов Д.Т. Теоретическое обоснование кинематического режима сепаратора мелкой листовой части трав // Тракторы и сельхозмашины. 2014. №7. С. 32–35.
5. Абилянұлы Т., Абилянұов Д.Т. Обоснование параметров сепаратора мелкой листовой части трав // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 8. С. 16–18.
6. Комаристов В.Е., Дунай Н.Ф. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 1971. 512 с.
7. Абилянұлы Т., Абилянұов Д.Т., Голиков В.А., Калмағамбетов М.Б., Найдено Е.В. Обоснование параметров питателя-дозатора стебельных кормов // Международная агринженерия. 2019. № 3.
8. Разработка технологии и линии приготовления витаминно-травяной муки из листовой части трав, обеспечивающей снижение эксплуатационных затрат (заключительный): отчет о НИР. 2014. № госрегистрации 0112РК02689. Руководитель проекта: Т. Абилянұлы. Алматы, 2014.

References

1. Ibilzhanuly T., Zhortuylov, Soldatov V.T., Uteshev V.L., Abilzhanov D.T., Nurlybaev K.K., Alshurina A.S. Method for the preparation of vitamin-grass meal Patent of the Republic of Kazakhstan No. 30197. Bull. No 8. August 17, 2015.
2. Nikitina T.K. Feed and compound feed. SPb.: Respeka LLC, 2000. 256 p.
3. Abilzhanuly T., Abilzhanov D.T. Development of technology and line for the preparation of vitamin-grass meal from the leaf part of herbs. Tractors and agricultural machinery. 2015. No 2. Pp. 32–35.
4. Abilzhanuly T., Abilzhanov D.T. Theoretical substantiation of the kinematic mode of the separator of the leaf part of herbs. Tractors and agricultural machinery. 2014. No 7, pp. 32–35.
5. Abilzhanuly T., Abilzhanov D.T. Justification of the parameters of the separator of of the leaf part of herbs. Tractors and agricultural machinery. 2014. No 8, pp. 16–18.
6. Komaristov V.E., Danube N.F. Agricultural machines. M.: Kolos, 1971. 512 p.
7. Abilzhanuly T., Abilzhanov D.T., Golikov V.A., Kalmagambetov M.B., Naidenko E.V. Justification of the parameters of the dispenser-feeder of stalk feeds. International agroengineering. 2019. No 3.
8. Research report «Development of a technology and a line for the preparation of vitamin-grass meal from leaf part of herbs, which ensures a reduction in operating costs» (final). 2014. State registration number 0112PK02689. Project Manager: T.Abilzhanuly. Almaty, 2014.