

УДК 631.353

П. А. Савиных, В. А. Казаков

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, Киров

НОВАЯ ПЛЮЩИЛКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ

Проведены теоретические и экспериментальные исследования параметров перемещения зерна для плющения в рабочей зоне двухступенчатой плющилки при выполнении ею технологического процесса получения корма. Определена оптимальная величина скорости подвода в ввода зерна в точку захвата на первую ступень плющения: $V = \omega R = 8$ м/с. Исследован характер перемещения зерновок различных культур в подводящем канале питающего устройства плющилки с момента их схода с лопастей питающего вальца до захвата на плющение. С учетом результатов исследований разработана конструктивно-технологическая схема двухступенчатой плющилки зерна с минимальной энергоемкостью рабочего процесса и наибольшей производительностью.

Ключевые слова: двухступенчатое плющение, эффективность, корм, затраты, плющенное зерно.

В настоящее время широкое распространение получили технологии получения зерновых кормов плющением как сухого, так и влажного зерна [3] и машины для осуществления данных технологий – плющилки зерна [4]. В ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» разработана двухступенчатая плющилка зерна с тремя вальцами для плющения [1; 2], технологический процесс получения зернового корма которой заключается в деформации и последующем разрушении (плющении) зерен фуража при прохождении их дважды через зазоры между вращающимися навстречу друг другу вальцами, причем один из них (основной валец) участвует в плющении фуражного зерна в обоих случаях. Для оптимизации конструктивно-технологических параметров плющилки проведены теоретические исследования как перемещений (подача фуражного зерна в рабочую зону первой ступени плющения, подача предварительно разрушенного (плющеного) зерна на вторую ступень плющения и др.), так и преобразований (плющение первой ступени фуражного зерна, плющение фуражного зерна второй ступени, обработка зерна раствором консерванта) для их рационального сочетания, определяющего наилучшее протекание технологического процесса любой машины, в том числе и двухступенчатой плющилки зерна.

Разработана конструктивно-технологическая схема питающего устройства для двухступенчатой плющилки и определен характер движения зерновки в его подводящем канале под действием различных сил (рис. 1). Исследованиями, проведенными в ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» [5], установлено, что работа питающего устройства

должна соответствовать следующему условию его функционирования: зерно, поступающее в межлопастные каналы 17 (рис. 2а), при вращении питающего вальца должно выйти с его лопастей в подводящий канал с такой скоростью V_0 , чтобы, преодолев некоторое расстояние l_0 , прийти в точку В захвата на первую ступень плющения со скоростью, равной или несколько меньшей окружной скорости вращения вальцов для плющения:

$$V \leq V_{нл} \approx \omega D/2 = \omega R, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вальцов для плющения;
 D – диаметр вальцов для плющения.

Именно при выполнении соотношения (1) плющилка работает наиболее эффективно: при исполнении технологического процесса плющения наблюдается наибольшая производительность при наименьшей удельной энергоемкости. Составлено уравнение движения зерновки в воздушной среде подводящего канала, по решению которого определяется величина V_0 , обеспечивающая при заданных конструктивно-технологических параметрах питающего устройства плющилки выполнение условия (1), следующим образом.

Частица зерна (зерновка) M (траекторию ее движения определяет конструкция питающего устройства – рис. 2а) в точке O сходит с лопасти питающего вальца и движется вертикально вниз вдоль подводящего канала по оси OX под действием силы тяжести $\vec{m}\vec{g}$, преодолевая сопротивление воздуха \vec{R} , до точки захвата на первую ступень плющения B (рис. 1б, рис. 2). Характер движения зерновки на данном участке определяется дифференциальным уравнением 2-го порядка с учетом

всех действующих сил. Уравнение движения зерновки M в общем виде будет иметь вид:

$$m\vec{W} = \vec{mg} + \vec{R}. \quad (2)$$

Проецируем (2) на ось OX , направленную вертикально вниз:

$$m\dot{x} = mg - R, \quad (3)$$

где m – масса зерновой частицы, кг;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 R – сила сопротивления воздушной среды, Н.

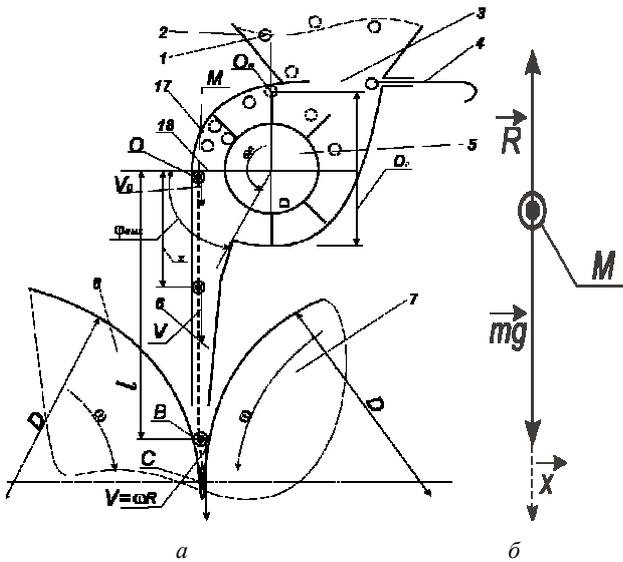


Рис. 1. Движение зерновки в питающем устройстве плющилки зерна (а) и в подводящем канале под действием различных сил (б)

Решая (3) и учитывая, что $R = mk\dot{x}^2$, где k – коэффициент парусности частицы, получили выражение (4), позволяющие находить значение скорости V ее движения в подводящем канале в любой момент времени t :

$$V = \dot{x} = \frac{b(e^{2t\sqrt{gk}} + a)}{e^{2t\sqrt{gk}} - a}, \quad (4)$$

где $a = \frac{V_0\sqrt{k} - \sqrt{g}}{V_0\sqrt{k} + \sqrt{g}} > 0$, $b = \sqrt{\frac{g}{k}}$.

Дифференцируя (4), получаем выражение (5), определяющее расстояние $l = x$, пройденное зерновкой в подводящем канале:

$$l = x = -t\sqrt{\frac{g}{k}} + \frac{1}{k} \ln \left| \frac{e^{2t\sqrt{gk}} (V_0\sqrt{k} + \sqrt{g}) - V_0\sqrt{k} + \sqrt{g}}{2\sqrt{g}} \right|. \quad (5)$$

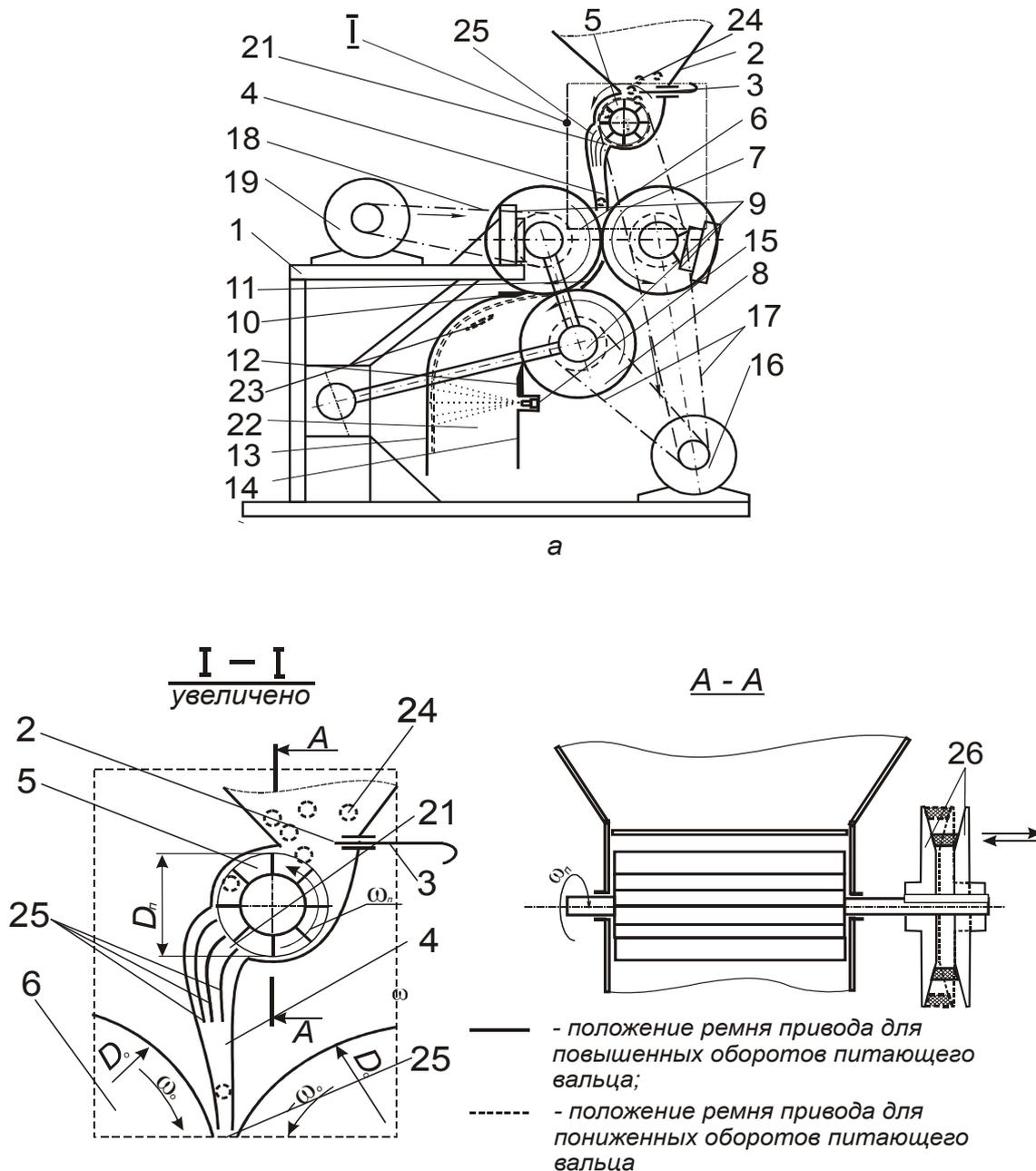
Полученные выражения (4) и (5) позволили разработать методику расчета скорости и перемещения зерновой частицы и реализовать ее в виде компьютерной программы с некоторыми исходными величинами параметров данного движения: начальная скорость движения зерновой частицы $V_0 = 7, 8, 9$ и 10 м/с с коэффициентами парусности $k = 0,1$ (ячмень, рожь, пшеница), $0,07$ (горох), $0,15$ (овес). Максимальная величина перемещения (падения) зерновки определена конструктивно: $l \leq l_{max} = x_{max} = 0,5$ м (величина, пройденная зерном от точки O отрыва от лопасти питающего вальца до точки B – ввода зерна на первую ступень плющения). Величина V скорости подвода зерновки к точке B определяется задачей исследований (1): $V \leq V_{пл} \approx \omega D/2 = 8$ м/с. Анализ расчета показывает следующее. Частица зерна с коэффициентом парусности, например, $k = 0,1$ (пшеница, ячмень, рожь), попадая в подводящий канал (точка O – рис. 1б) с некоторой начальной скоростью $V_0 = 8$ м/с, под действием силы тяжести и преодолевая сопротивление воздуха, пролетает расстояние $l = 0,5$ м за время $t = 0,062$ с, при этом скорость ее возрастает в точке захвата B до $V = 8,3$ м/с; при $k = 0,07$ – $V = 8,42$ м/с, при $k = 0,15$ – $V = 8$ м/с. Следовательно, проанализировав характер изменения скоростей движения зерновок при различных k , делаем вывод, что для соблюдения условия (1) на входе в подводящий канал нужно придавать зерновке скорость в зависимости от коэффициента парусности k : $V_0 = 7,6$ м/с для $k = 0,07$, $V_0 = 7,85$ м/с для $k = 0,1$, $V_0 = 8$ м/с для $k = 0,5$. Наиболее приемлемым вариантом изменить скорость V_0 , подстроив ее под перерабатываемую культуру, является изменение частоты вращения питающего вальца ω_n , так как для данной схемы (рис. 2а) скорость ввода зерновки в канал определяется выражением: $V_0 = \omega_n R_n$.

С учетом вышеуказанных исследований в ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» разработана конструктивно-технологическая схема двухступенчатой плющилки зерна (рис. 2).

Плющилка состоит из рамы 1, питательного бункера 2 с регулировочной заслонкой 3 и окном 21, подводящего канала 4 с установленными в его верхней части направляющими пластинами 25, питающего вальца 5 с прямыми лопастями 27, верхнего основного 6, бокового 7, нижнего 8 вальцов. Вальцы 6, 7, 8 установлены на опорах 9, обеспечивающих изменение положения вальцов. Очищающие ножи 10, 11, 12 установлены у верхнего основного 6, бокового 7 и нижнего 8 вальцов. За очищающим ножом 10 относительно

смонтирована пластина 13, за очищающим ножом 12 – пластина 14, на которой установлены форсунки 15. Привод валцов 7 и 8 осуществляется от электродвигателя 16 через клиноременные передачи 17, вальца 6 – через клиноременную

передачу 18 с помощью натяжника 19 от валцов 7 и 8, вальца 5 – от вальца 7 через клиноременную передачу 20 и бесступенчатый клиноременный вариатор 26.



6

Рис. 2. Двухступенчатая плющилка зерна для производства зерновых кормов (а) и ее питающее устройство (б)

Двухступенчатая плющилка зерна для производства зерновых кормов работает следующим образом. Подлежащий измельчению зерновой

материал для плющения (зерно) 24 загружается в питательный бункер 2. При открытии регулировочной заслонки 3 зерно 24, находящееся

в питательном бункере 2, захватывается лопастями 27 питающего вальца 5, вращающегося с некоторой частотой ω_n , сходит с лопастей с нужной величиной скорости зерновок, определяемой в том числе ω_n , и через окно 21 подается и подводящий канал 4, где скорости зерновок выравниваются по направлению с помощью направляющих пластин 25, способствующих также сужению зернового потока по толщине до однослойного, и таким образом подлежащее плющению зерно 24 с нужной скоростью и направлением своих зерновок однослойно подается в рабочую зону первой ступени плющения 25, где захватывается вращающимися навстречу друг другу вальцами 6 и 7, проходит первую ступень плющения (измельчения), затем выводится из рабочей зоны. Далее предварительно измельченный (плющенный) зерновой материал направляется очищающим ножом 11 в рабочую зону второй ступени плющения, образованную вальцами 6 и 8. После прохождения второй ступени плющения плющенное зерно 23 выводится из межвальцового зазора и подается в камеру смешивания 22, двигаясь вдоль направляющей пластины 13. На плющенное зерно 23 (если оно влажное), вылетающее из межвальцового зазора, распыляется консервант форсунками 15, смонтированными на пластине 14. Новизна предложенной плющилки заключается в следующем. Установка в подводящем канале 4 (рис. 2б) питающего устройства направляющих пластин 25 в количестве не менее 3 в верхней его части разделяет подводящий канал 4 на несколько меньших по глубине каналов, попадая в которые сходящее с лопастей 27 вращающегося питающего вальца 5 зерно 24, ударяясь о стенки каналов 25, более эффективно выравнивает направление движения своих зерновок – к точке их захвата на первую ступень плющения (в рабочую зону первой ступени плющения). Пластины 25 также способствуют сужению зернового потока, движущегося в подводящем канале 4, по толщине до однослойного, и в конечном итоге в рабочую зону 25 первой ступени плющения подходит однослойный выровненный по направлению зерновой поток. Известно [5], что максимальная пропускная способность плющения зерна вращающимися навстречу друг другу вальцами достигается в случае подвода подлежащего плющению зерна всех зерновых культур в зону плющения со скоростью, равной окружной скорости вальцов для плющения. А так как каждая зерновая культура имеет различное воздушное сопротивление своих зерновок, при движении по подводящему каналу 4

скорость зерновок данных культур будет замедляться от действующих на них сил воздушного сопротивления, причем на разные величины: замедление более плотных и имеющих меньший коэффициент воздушного сопротивления – незначительно (например, зерен пшеницы), более легкое зерно (например, овес) замедляется на большую величину, поэтому в случае неизменных параметров питающего устройства не все используемые для получения плющеного корма зерновые культуры подведутся на первую ступень плющения со скоростью, равной окружной скорости вращения вальцов, что приведет к снижению пропускной способности плющения. Бесступенчатый клиноременный вариатор 26, устанавливаемый на вал питающего вальца 5, позволяет настраивать частоту вращения ω_n данного вальца на нужную величину для каждого вида перерабатываемого зерна и подвода его на первую ступень плющения 25 с технологически необходимой величиной скорости, равной окружной скорости вращения вальцов для плющения. Таким образом, установка в подводящем канале 4 питающего устройства направляющих пластин 25 в количестве не менее 3 в верхней его части и привод питающего вальца через бесступенчатый клиноременный вариатор 26 на его валу обеспечивают подвод однослойного, выровненного по направлению потока зерна любой культуры в рабочую зону первой ступени плющения 25 со скоростью, равной скорости плющения вальцов, за счет чего повышается производительность двухступенчатой плющилки и, как следствие, снижается себестоимость получаемого продукта.

Исследован характер перемещения зерновок различных культур в подводящем канале питающего устройства плющилки с момента их схода с лопастей питающего вальца до захвата на плющение. С учетом результатов исследований разработана конструктивно-технологическая схема двухступенчатой плющилки зерна, использование которой для производства зерновых кормов за счет конструктивно-технологического исполнения элементов питающего устройства – вальца и подводящего канала – обеспечивает технологически необходимую выровненную по скорости и направлению однослойную подачу подлежащего плющению зерна в рабочую зону первой ступени плющения, что способствует увеличению пропускной способности двухступенчатой плющилки и в конечном итоге приводит к снижению стоимости получаемого продукта – плющеного зерна.



1. Патент RU № 2399420, МПК В02С 4/06. Вальцовый станок / В. А. Сысуев, П. А. Савиных, В. А. Казаков; заявитель и патентообладатель Государственное учреждение Зональный науч.-исслед. ин-т сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (RU). № 2009100228; заявл. 11.01.2009; опубл. 20.09.2010. Бюл. № 26. 5 с.

2. Патент RU № 2477178 С2 МПК В 02С 4/06. Способ плющения фуражного зерна и устройство для его осуществления / В. А. Сысуев, П. А. Савиных, В. А. Казаков и др. Бюл. № 7. 2013 г.

3. Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна / В. И. Сыроватка, В. Д. Попов, В. А. Сысуев и др., под ред. Ю. Ф. Лачуга. М.: Россельхозакадемия, 2006. 130 с.

4. Сысуев В. А., Алёшкин А. В., Савиных П. А. Кормоприготовительные машины. Теория, разработка, эксперимент: в 2 т. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2009. Т. 2. 496 с.

5. Сысуев В. А., Савиных П. А., Алёшкин А. В., Казаков В. А. Исследования движения зерновки в двухступенчатой плющилке зерна // Достижения науки и техники АПК. М., 2014. № 14. С. 47–49.

6. Сысуев В. А., Савиных П. А., Казаков В. А. Исследования технологических параметров движения зерновки в двухступенчатой плющилке зерна // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике: тр. 9-й науч.-техн. конф. (21–22 мая 2014 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). 2014. С. 136–142.

7. Юнусов Г. С., Кротонов Ю. А. Прикатывающий каток с зигзагообразными рабочими органами // Вестник Марийского государственного университета. 2013. № 11. С. 27–29.

1. Patent RU No. 2399420, MPK V02S 4/06. Val'tsovyi stanok, V. A. Sysuev, P. A. Savinykh, V. A. Kazakov; zayavitel' i patentoobladatel' Gosudarstvennoe uchrezhdenie Zonal'nyi nauch.-issled. in-t sel'skogo khozyaistva Severo-Vostoka im. N. V. Rudnitskogo (RU), No. 2009100228; zayavl. 11.01.2009; opubl. 20.09.2010, byul. No. 26, 5 p.

2. Patent RU No. 2477178 C2 MPK V 02S 4/06. Sposob plyushcheniya furazhnogo zerna i ustroistvo dlya ego osushchestvleniya, V. A. Sysuev, P. A. Savinykh, V. A. Kazakov i dr. Byul. No. 7, 2013 g.

3. Rekomendatsii po zagotovke i ispol'zovaniyu vysoko-vlazhnogo furazhnogo zerna, V. I. Syrovatka, V. D. Popov, V. A. Sysuev i dr., pod red. Yu. F. Lachuga, M.: Rossel'khozakademiya, 2006, 130 p.

4. Sysuev V. A., Aleshkin A. V., Savinykh P. A. Kormopri-gotovitel'nye mashiny. Teoriya, razrabotka, eksperiment: v 2 t., Kirov: Zonal'nyi NIISKh Severo-Vostoka, 2009, t. 2, 496 p.

5. Sysuev V. A., Savinykh P. A., Aleshkin A. V., Kazakov V. A. Issledovaniya dvizheniya zernovki v dvukhstupenchatoi plyushchilke zerna, Dostizheniya nauki i tekhniki APK, M., 2014, No. 14, pp. 47–49.

6. Sysuev V. A., Savinykh P. A., Kazakov V. A. Issledovaniya tekhnologicheskikh parametrov dvizheniya zernovki v dvukhstupenchatoi plyushchilke zerna, Energoobespechenie i energosbere-zhenie v sel'skom khozyaistve. Ch. 3. Energosberegayushchie tekhnologii v zhivotnovodstve i statsionarnoi energetike: tr. 9-i nauch.-tekhn. konf. (21–22 maya 2014 goda, g. Moskva, GNU VIESKh), 2014, pp. 136–142.

7. Yunusov G. S., Kropotov Yu. A. Prikatyvayushchii katok s zigzagobraznymi rabochimi organami, Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, No. 11, pp. 27–29.

UDK 631.353

P. A. Savinyh, V. A. Kazakov

Research Institute of Agriculture of the North-East behalf N. V. Rudnicki, Kirov

NEW FLATTER FOR MANUFACTURE OF GRAIN FORAGES

Theoretical and experimental researches of parameters of moving of flattening grain in a working zone of two-step flatter at performance by it of technological process of forage are spent. The optimum value of speed of a supply and grain input in a capture point on the first step of flattening is defined: $V = \omega R = 8$ m/s. Character of moving of grain of various crops in the bringing channel of the feeding device of flatter is investigated from the moment of their descent from blades of feeding roll till capture on flattening. Constructive-technological scheme of two-step grain flatter with minimum power consumption of working process and the greatest productivity is developed with account of results of researches.

Keywords: two-level flattening, efficiency, forage, expenses, flattered grain.