

ся / Тез. докл. – М., 1997. – Т.1. – С.13-14 (Международ. науч.-техн. конференция: Автоматизация сельскохозяйственного производства).

3. Нагорский И. Карташевич С., Тимошек А., Кукса С. Повышение эффективности сушки зерн за счет изменения состава газовой смеси и рекуперации теплоносителя / Wykorzystanie energii odnawialn w rolnictwie. Materiały na V Międzynarodową Konferencję naukowo-techniczną. Warszawa, 1 października 1997. С. 106-110.

4. Окунь Г.С., Чажаков А.Г. Тенденции развития технологии и технических средств сушки зерна. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1987.

5. Алферов С.А. Воздушно-решетчатые очистки зерноуборочных комбайнов. – М.: Агропромиздат, 1987.

6. Гуров И.И. Машины для уборки и обработки зерновых культур (теория, конструкция и расчет). – М.: Машиностроение, 1964.

To the substantiation of design and kinematic parameters of the grain preliminary cleaning machine

Timoshek A.S., Kartashevich S.M., Chebotarev V.P., Shupilov A.A.,
Makeich S.V., Kuksa S.A., Kniazeu A.A.

Summary

The analysis of grain preliminary cleaning machines has shown that the machines with cylindrical rotating sieves have the best resources-saving and productivity performance opportunities. The substantiation of parameters of the grain preliminary cleaning machine with cylindrical sieve is given in the article.

* * *

УДК 631.362.3

В.П. Чеботарев
(УП «БелНИИМСХ»)

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ОБРЕЗКИ-ОТМИНАНИЯ ШЕЙКИ ЛУКА

Отделение ботвы (засохшего пера) – одна из основных операций послеуборочной обработки лука. Как показывает практика, при широком использовании машинных способов уборки лука, на линию послеуборочной обработки в убранный ворох поступает до 30...35 % растительных примесей, в том числе 15...20 % в виде засохшего пера. Для обрезки-отминания шейки лука – отделение от луковицы засохшего пера применяются рабочие органы в основном трех типов: отминающие, отрывающие и обрезающие. Процесс отминания осуществляется за счет взаимодействия встречно-вращающихся валцов с винтовой навивкой. Удаление пера методом отрывания производится при обработке продукции шнековым рабочим органом. Обрезающее воздействие на перо луковицы осуществляется с помощью различных типов режущего аппарата. Кроме того, каждый тип рабочего органа, может классифицироваться дополнительно способом подачи материала, расположением рабочего органа, видом формирователя потока, методом удаления обрезанных растительных частиц.

Для обработки вороха сухого, хорошо вызревшего лука с тонкостебельным пером используются шнековые органы. Они представляют собой цилиндрический барабан с решетчатым дном. Внутри барабана вращается шнек и установлен вентилятор. Решетчатое дно в некоторых конструкциях установ-

ливается с возможностью колебаний. Такого типа машина ЛПС-БА выпускалась в СССР и устанавливалась в линии ПМЛ-Б. Однако такого типа машины не получили широкого применения из-за ненадежной работы на засоренном ворохом влажном длинностебельном пере.

В серийно выпускавшихся в СССР линиях послеуборочной обработки лука, также как и в ряде ведущих лукопроизводящих стран, перо от луковичи отделяется на рабочих органах с встречно-вращающимися вальцами. Входившая в состав линии ЛДЛ-10 отминочная машина ОВЛ-6 имела наклонный приемный транспортер, вальцовый стан и отводной транспортер примесей. Стан оснащен шестью парами встречно-вращающихся вальцов с винтовой навивкой из стального прутка диаметром 8 мм. Частота вращения вальцов 150...200 мин⁻¹. Производительность машины до 5 т/ч. Аналогичного типа машины выпускаются в Венгрии (фирма "HMG"), Польше (фирма "Sfamasz"), Нидерланды (фирма "Finis").

Однако, в процессе эксплуатации данных машин выявилось целый ряд существенных недостатков – луковичи диаметром менее 30 мм, особенно веретенообразной формы, на подобных рабочих органах получают значительные повреждения в виде замина шейки и ушиба заплечиков. Кроме того, рабочие органы с попарно встречно-вращающимися вальцами очень чувствительны к вороху, содержащему прочные каменистые примеси. В таких случаях более эффективно применение машины с рабочим органом работающим на принципе резания. Отделители с режущими аппаратами различаются по типу аппарата – роторные, сегментно-пальцевые, пропеллерные. По типу органа для ориентации лукович с пером – грохотные, барабанные и транспортерные. Последние имеют две разновидности: ременные и прутковые. В качестве средства для протаскивания пера через ячейки используют, например, поток воздуха, создаваемый вентилятором. За рубежом создано ряд устройств, например, включающее прутковый транспортер с расположенным снизу нагнетательным патрубком вентилятора, а сверху – режущим аппаратом с отводным транспортером. Технологическая схема работы такого устройства следующая: масса подается транспортерами к воздушному потоку, создаваемому вентилятором, луковичи ориентируются пером к режущему аппарату, срезанное перо отводится от них потоком воздуха (или другим способом). Однако такие устройства с вентиляторами сложны и энергометаллоемки.

В настоящее время в Италии, Нидерландах, Германии, Польше и других странах широко распространены устройства с пропеллерным режущим аппаратом, работающие в сочетании с различными транспортерными средствами с просеивающей поверхностью. В этих устройствах нож режущего аппарата выполнен в виде пропеллера и создает воздушный поток, способствующий подводу пера в зону резания и последующему выведению его из устройства.

Для обоснования основных параметров пропеллерного режущего аппарата необходимо, в первую очередь, определить характеристики этого процесса обеспечивающие устойчивое удержание пера луковичи в нижнем по-

ложении до и во время его перерезания. Для общего выполнения процесса обрезания пера необходимо обеспечить перемещение по прутковому конвейеру слоя лука, одновременно провести ориентацию и последующее удержание пера лука в нижнем положении, а также последующую обрезку. Для того, чтобы определить эти условия необходимо исследовать поведение одиночной луковичы с пером в нисходящем вертикальном потоке воздуха. При отсутствии аэродинамических сил луковича со стеблем, испытывая действие только одной силы тяжести, может занимать любое из возможных положений от вертикального верхнего до вертикального нижнего. При перемещении луковичы по прутковой направляющей, вследствие имеющихся сил инерции, она стремится сохранить свое положение. При появлении аэродинамических сил равновесие нарушается и стебель будет стремиться переместиться в крайнее нижнее положение. В этом случае сама луковича выполняет роль шарнира, во время которого происходит перемещение пера. Такое движение пера луковичы можно моделировать маятником (математическим или физическим) подчиненным действию сил и реакций связей. Как известно, физическим (или математическим) маятником называется тело, вращающееся вокруг горизонтальной оси под действием силы тяжести [2] (рис.39).

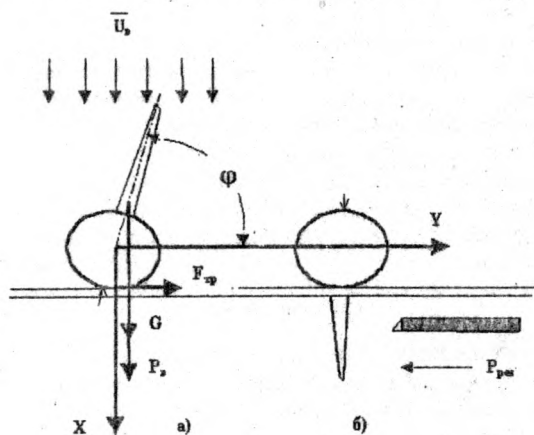


Рис.39. Схема сил, действующих на луковичу: (а), при ее повороте воздушным потоком для последующего обрезания пера (б)

При моделировании пера с луковичей в виде физического маятника принимаются следующие допущения:

- луковича представляет собой шар радиуса R ;
- перо луковичы – жесткий цилиндрический стержень с равномерно распределенной массой;
- центр тяжести луковичы располагается в центре плоскости соединения ее с пером;
- центр давления воздушного потока и центр тяжести луковичы совпадают.

На луковичу действуют: сила тяжести G , сила трения F_{mp} , сила воздушного сопротивления P_a и момент инерции луковичи относительно т. О.

Сила тяжести:

$$G = (M + m)g,$$

где M , m – соответственно масса луковичи и пера; g – ускорение силы тяжести.

Сила трения:

$$F_{mp} = (M + m)gf,$$

где f – коэффициент трения луковичи о направляющие решетки.

Сила воздушного сопротивления:

$$P_a = (M + m)K_n V_a^2,$$

где K_n – коэффициент парусности луковичи с пером; V_a – скорость воздушного потока.

Дифференциальное уравнение относительного поворота луковичи с пером относительно т. О с учетом принятых допущений будет следующим [3].

$$I_a \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = F_{mp} \cdot R - GR \cos \varphi - P_a R \cos \varphi, \quad (1)$$

где I_a – момент инерции луковичи с пером относительно т. О.

Так как площадь контакта луковичи с решетками незначительна, то действие силы трения на поворот луковичи можно оценить как несущественные по сравнению с воздействием воздушного потока. Аналогично, можно оценить и действие силы тяжести пера, так как лук обрабатывается высушенным, а вес сухого пера незначительный. Кроме того, необходимо учитывать положение пера луковичи по отношению к направлению воздушного потока и тогда дифференциальное уравнение относительного поворота луковичи с пером примет следующий вид:

$$I_a \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -P_a R \cos \varphi \cdot \sin \varphi. \quad (2)$$

В выражении (2) можно провести следующие преобразования:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -\frac{P_a R \sin 2\varphi}{2I_a}. \quad (3)$$

После приравнивания в выражении (3) многочлена $\frac{P_a R}{I_a} = K$ и переноса всех членов в левую часть получится выражение аналогичное дифференциальному уравнению движения маятника:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{K}{2} \sin 2\varphi = 0. \quad (4)$$

Для определения основного параметра процесса поворота луковичи необходимо решить задачу о времени движения пера – аналога маятника. Необходимо определить какую начальную скорость (начальную энергию) необ-

ходимо сообщить маятнику, чтобы он достиг заданного положения, определяемого углом $\varphi = \alpha$.

Уравнение (4) интегрируется при начальных условиях: $t = 0, \varphi = 0, \varphi' = \omega$

Так как $\varphi'' = \frac{d}{dt}(\varphi') = \frac{d}{d\varphi} \left(\frac{1}{2}(\varphi')^2 \right)$, то тогда

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\varphi} \left(\frac{1}{2}(\varphi')^2 \right) &= \frac{K}{2} \sin 2\varphi \text{ или} \\ d \left(\frac{1}{2}(\varphi')^2 \right) &= \frac{K}{2} \sin 2\varphi d\varphi. \end{aligned} \quad (5)$$

Первый интеграл выражения (5) выразится зависимостью:

$$(\varphi')^2 = \omega^2 + K(\cos 2\varphi - 1);$$

$$\text{или } (\varphi')^2 = \omega^2 \left[1 - \frac{K}{\omega^2} (1 - \cos 2\varphi) \right]$$

$$\varphi' = \omega \sqrt{1 - \frac{K}{\omega^2} (1 - \cos 2\varphi)}$$

Так как $1 - \cos 2\varphi = 2 \sin^2 \varphi$, то:

$$\varphi' = \omega \sqrt{1 - \frac{K}{\omega^2} \sin^2 \varphi};$$

После второго интегрирования:

$$t = \frac{1}{\omega} \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{K}{\omega^2} \sin^2 \varphi}}$$

и соответствующей замены $\lambda = \frac{K}{\omega^2}$:

$$t = \frac{1}{\omega} \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \lambda \sin^2 \varphi}}. \quad (6)$$

Исследование выражения (6) показывает, что имеется три различных случая движения маятника (поворота луковницы вместе с пером):

- 1) При $\lambda < 1$ угол φ отклонения пера неограниченно возрастает.
- 2) Если $\lambda = 1$, то значение подынтегральной величины при верхнем пределе ($\varphi = \pi$) делается бесконечным. Это означает, что перо луковницы неограниченно приближается к нижнему вертикальному положению, не достигая его ни за какое конечное время.
- 3) При $\lambda > 1$ выражение под знаком радикала будет положительно только в случае, когда φ заключено между $\pm \alpha$, где α определяется из равенства:

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{\lambda}.$$

Поэтому φ будет возрастать до значения α , а затем убывать, таким образом, перо будет совершать колебательное движение с амплитудой α .

Для обеспечения приближения к вертикальному нижнему положению пера луковицы необходимо чтобы $\lambda=1$. Так как, $\lambda = \frac{K}{\omega^2}$, а $K = \frac{P_* \cdot R}{I_*}$ или

$$K = \frac{(M+m)K_n V_* \cdot R}{I_*}, \text{ тогда } \frac{(M+m)K_n V_* \cdot R}{I_* \cdot \omega^2} = 1.$$

Отсюда необходимая скорость воздушного потока должна быть равна:

$$V_* = \frac{I_* \cdot \omega^2}{(M+m)K_n R}.$$

После подстановки значений основных параметров луковицы необходимая скорость воздушного потока составит 0,4...0,7 м/с.

Выводы

1. Скорость воздушного потока необходимая для обеспечения поворота луковицы в нижнее вертикальное положение пера зависит от ее момента инерции, массы, размеров и коэффициента парусности.

2. Для известных размерно-массовых характеристик репчатого лука скорость воздушного потока должна составлять 0,4...0,7 м/с.

Библиография

1. Бутенни Н.В. Теория колебаний. М. «Высшая школа», 1963.
2. Бабаков И.М. Теория колебаний. ГИТТЛ, 1958.
3. Матвеев Н.М. Дифференциальные уравнения. Мн. «Высшая школа», 1976.

Substantiation of basic parameters of machine for onion neck cutting Chebotarev V.P.

Summary

The question about separation of pen from onion during it's preparation for selling is given in the article. Parameters of the machine with working body of "propeller-knife" type for onion neck cutting and pressing down are proved.

УДК 635.1.7:61.1.563

*В.П.Чеботарев,
В.С.Приходько,
В.А.Горбатовский,
С.В.Макеич
(УП «БелНИИМСХ»)*

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННО-
СУШИЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ АВС-300
ДЛЯ ДОСУШИВАНИЯ И
РЕЖИМНОГО ХРАНЕНИЯ ЛУКА**

Климатические условия, имеющиеся в республике, требуют особого внимания не только к уборке и сортировке выращенного урожая лука, но и к подготовке его к хранению, так как влажность лука, поступающего при уборке с полей, значительно превышает кондиционную (влажность чешуй и шей-