

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТЕБЛЯ ТАБАКА С ЛИСТОТДЕЛИТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Папуша С.К.*; Коновалов В.И.*; Винецкий Е.И., д-р техн. наук**

* ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»

** ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», г. Краснодар

Аннотация. В статье представлена конструктивно-технологическая схема листоотделительного аппарата для уборки листьев табака. Проведен теоретический анализ взаимодействия стебля табака с листоотделительным аппаратом.

Табак относится к наиболее трудоемким сельскохозяйственным культурам. До сих пор не решенной проблемой остаётся механизация уборки листьев табака, являющаяся одной из самых трудоёмких технологических операций в табаководстве [1].

Сельскохозяйственное производство табачного сырья вместе с предприятиями по его промышленной переработке призвано удовлетворить потребность населения в высококачественных и малотоксичных курительных изделиях. В целях дальнейшего повышения эффективности работы табачной отрасли необходимо повысить рентабельность производства табака, что возможно только с применением машинных технологий [2].

Для табачного растения характерно последовательное, поярусное созревание листьев на стебле, поэтому их убирают в несколько приемов (ломки).

В результате анализа технологий, способов и средств механизации уборки табачных листьев установлено, что основной технологией уборки табака, обеспечивающей получение сырья высокого качества, с использованием всего урожая, является полистная уборка в несколько приемов по мере созревания листьев. Количество листьев, убираемых в один прием с одного растения, колеблется от 3 до 9 и зависит от их числа на растении и порядкового номера ломки.

В настоящее время машинная уборка листьев табака осуществляется в два прохода: уборка средних и верхних ломок. Недостатком конструкций существующих табакоуборочных машин является то, что для уборки каждой ломки листьев табака необходимо устанавливать специальные листоотделительные рабочие органы.

К настоящему времени разработано несколько типов машин для уборки листьев табака, классифицировать которые можно исходя из технологических и принципиальных схем основных рабочих органов и по характеру их взаимодействия с растениями, листьями. Листоотделяющие рабочие органы данных машин могут воздействовать на табачный лист при отделении его от стебля следующими способами:

- ударом «сверху - вниз» (шнековые и барабанно-ножевые рабочие органы со стеблеудерживающими устройствами);
- отдавливанием «снизу - вверх» (цепочно-пальцевые рабочие органы);
- режущие (сегментно-режущие рабочие органы с листоориентирующими устройствами).

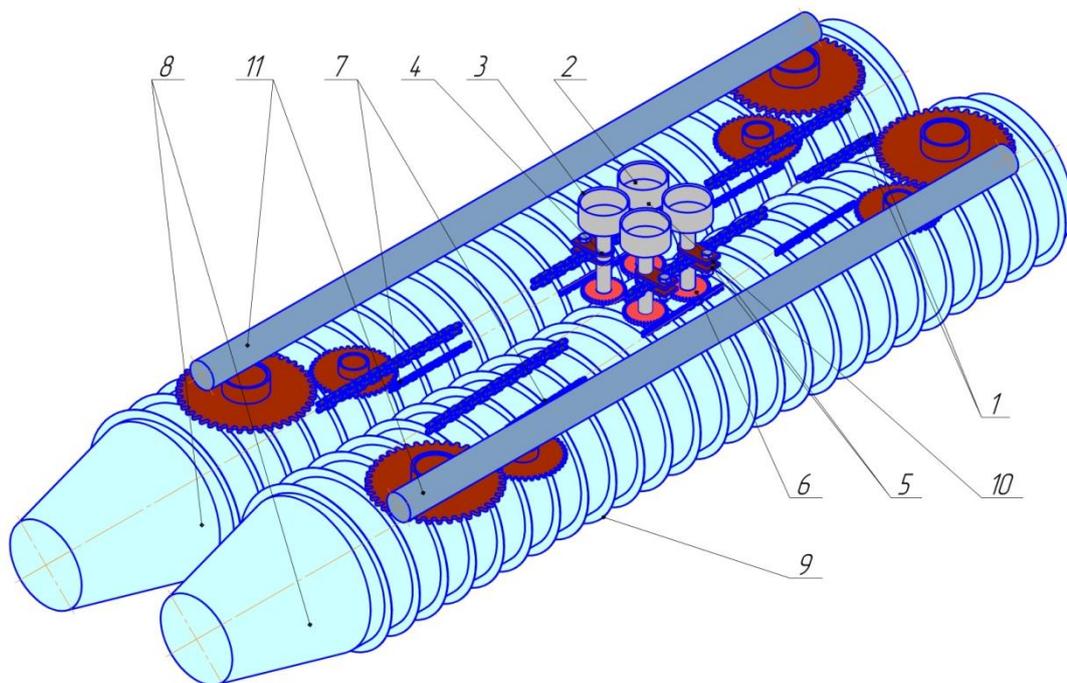
Успехи применения машин для уборки листьев табака были достигнуты с разработкой и внедрением технологии производства табака сортотипов Вирджиния и Берлей. Специальные технологические приёмы и морфологические свойства выбранных сортотипов дали возможность применять простые в конструкции инерционные барабанные листоотделительные аппараты. Однако их применение на уборке листьев отечественных сортотипов табака не дали положительных результатов из-за особенностей их морфологических свойств. Так же можно сделать вывод, что применяемые ранее листоотделительные аппараты имели ряд конструктивных недостатков, которые не позволяют обеспечить агротехнические требования, предъявляемые к процессу уборки табака отечественных сортотипов.

Особый интерес представляют листоотделительные устройства, разработанные учеными ВНИИТТИ работающие с применением активно вращающихся барабанов с режущими кромками, смонтированных на цепных контурах.

Эти устройства успешно прошли испытания, но применение конструкции подобного рода устройств также подразумевает срез снизу вверх без опоры с присущими ему недостатками.

Применение на уборочной машине рабочего органа, работающего с применением активно вращающихся барабанчиков с режущими кромками, смонтированных на цепных контурах, а также дополнительно оснащенного пневматической системой и удерживающими вальцами, позволит увеличить полноту отделения листьев за счет изменения процесса резания, уменьшить травмирование листовой пластинки по причине более быстрого выноса листьев из зоны отделения.

Аппарат для отделения листьев табака (рис. 1) содержит два несущих бесконечных цепных контура 1, с барабанчиками 2, имеющими режущие кромки 3 и установленными в подшипниковых опорах 4, смонтированных на пальцах 5, а так же звездочки 6 для привода барабанчиков и дополнительные цепные контуры 7. Аппарат оснащен парой вальцов 8, установленные под углом к горизонту и относительно друг друга и вращающиеся друг навстречу другу. Каждый валец имеет винтовую поверхность 9. Барабаны образуют в рабочей зоне листоотделяющие ячейки 10. Над аппаратом расположена пневматическая система, состоящая из нагнетающего вентилятора и пары воздухопроводов с соплами 11.



1 – цепной контур; 2 – барабанчик; 3 – режущая кромка барабанчика; 4 – подшипниковая опора; 5 – палец; 6 – звездочка; 7 – дополнительный цепной контур; 8 – валец; 9 – винтовая поверхность вальца; 10 – листоотделяющая ячейка; 11 – воздухопровод с соплами

Рис. 1. Универсальный аппарат для отделения листьев табака средних и верхних ломок

Сопла располагаются над аппаратом вдоль его продольной оси под углом к нему и имеют отверстия, через которые воздушный поток направляется на листовые пластинки к центру тяжести табачного листа для ориентации их в горизонтальное положение и прижатия к режущим кромкам отделительных барабанчиков.

Универсальный аппарат для отделения листьев табака работает следующим образом. При движении аппарата вдоль рядка, стебель табака попадает в рабочее русло аппарата, образованное парой вальцов 8 и винтовой поверхностью 9. За счет вращения вальцов стебель ориентируется и охватывается листоотделяющей ячейкой 10. При этом воздухопроводы с соплами 11 направляют струю воздуха от вентилятора на пластинки отделяемых листьев, прижимая их черешками к режущим кромкам 3 барабанчиков 2, установленными на цепных контурах 1 и 7. При этом струя воздуха, ориентируемая на центр тяжести листа, играет роль противорежущей пластины. Отделение листьев производится режущими кромками 4 активно вращающихся барабанчиков 3, образующих в рабочей зоне листоотделяющие ячейки 2, которые перемещаются вдоль стебля табачного растения за счет наклона аппарата вперед. Кроме того, поскольку стебель табака имеет конусное строение, расположение вальцов под углом друг к другу и к поверхности земли позволит компенсировать биометрические параметры табака и повысить полноту и качество сбора листьев при ломках. По-

сколькx сопла расположены над аппаратом вдоль его продольной оси под углом к нему, то воздушный поток имеет горизонтальную составляющую силу, перемещающую отделенные листья вдоль рабочего русла из зоны отделения к накопительному устройству.

Для наибольшей технологической эффективности работы данного аппарата необходимо чтобы стебель табака в процессе листоотделения был ориентирован относительно него по нормали. Что бы стебель был перпендикулярен листоотделителю необходимо, что бы скорость перемещения стебля вальцами и его подача в зону листоотделения, т.е. скорость движения машины V_M были синхронны. На рисунке 2 представлена схема взаимодействия стебля табака с рабочим руслом аппарата.

В процессе взаимодействия стебля табака с листоотделительным аппаратом произвольная точка A стебля за время t перемещается из положения A_1 в A_2 . Анализ взаимодействия стебля с листоотделительным аппаратом начнем с составления уравнения движения произвольной точки A . Для этого расположим систему координат в конце зоны листоотделения как показано на рисунке 2. Тогда движения точки A описывается уравнениями:

$$\begin{cases} X_A = V_M t - \pi D_g \operatorname{tg} \varphi_g \omega_g t \cos \alpha_g, \\ Y_A = V_M t \cos \gamma_g, \\ Z_A = H_H + \pi D_g \operatorname{tg} \varphi_g \omega_g t \sin \alpha_g. \end{cases} \quad (1)$$

где V_M – скорость движения машины, м/с;

D_g – диаметр вальца, м;

φ_g – угол подъема витка вальца, град.;

ω_g – частота вращения вальца, с^{-1} ;

α_g – угол установки вальца к поверхности земли, град.;

γ_g – угол установки вальцов друг к другу, град.;

H_H – высота установки вальца относительно поверхности земли (высота начала ломки), м.

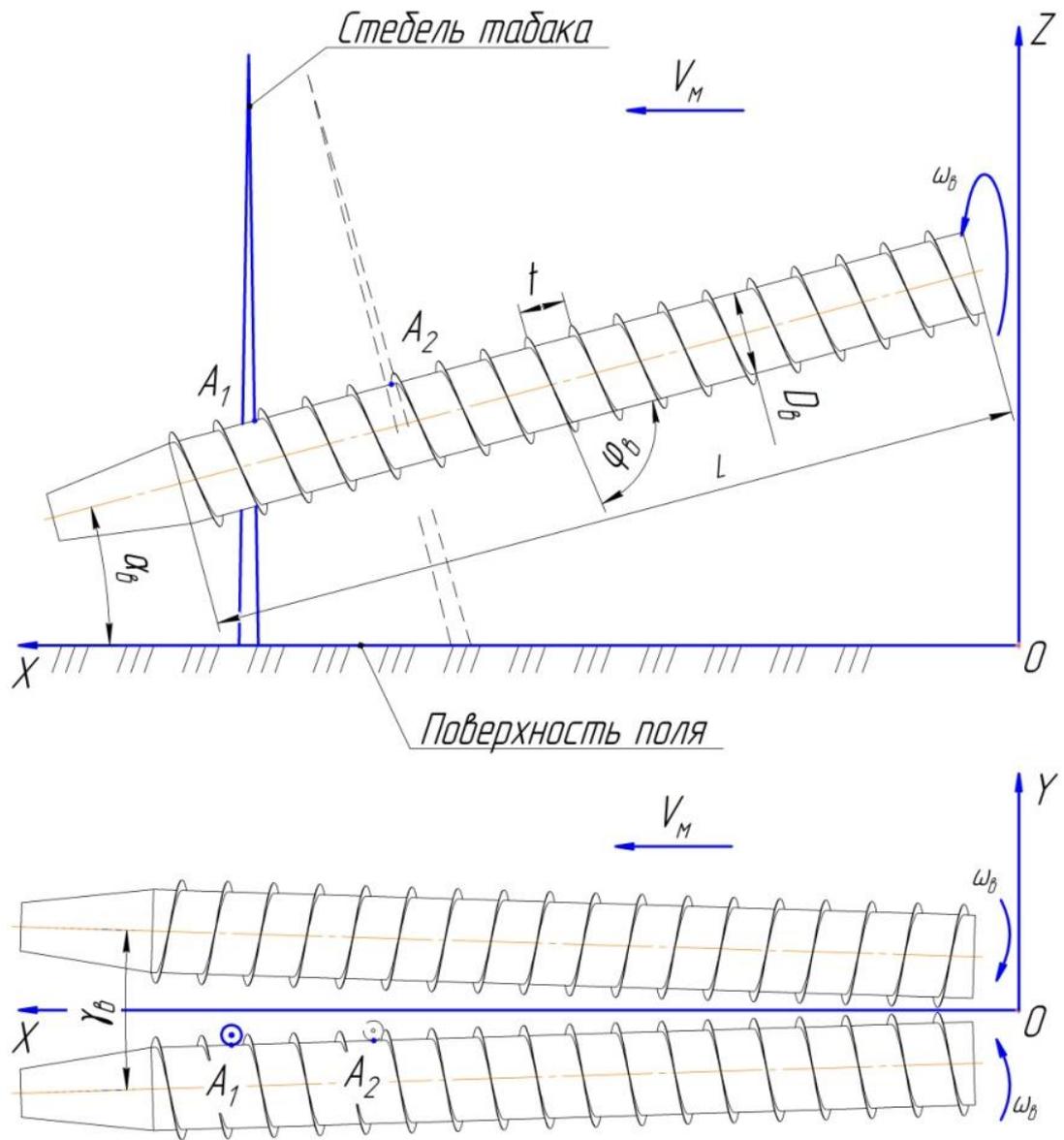


Рис. 2. Схема взаимодействия стебля табака с рабочим руслом листоотделительного аппарата

Продифференцировав систему уравнений (1) по времени t , получим:

$$V_{X_A} = \frac{d_{X_A}}{dt} = V_M - \pi D_\phi \operatorname{tg} \varphi_\phi \cos \alpha_\phi \omega_\phi, \quad (2)$$

$$V_{Y_A} = \frac{d_{Y_A}}{dt} = V_M \cos \gamma_\phi, \quad (3)$$

$$V_{Z_A} = \frac{d_{Z_A}}{dt} = \pi D_\phi \operatorname{tg} \varphi_\phi \sin \alpha_\phi \omega_\phi. \quad (4)$$

Уравнения (2, 3, 4) показывает проекции абсолютной скорости произвольной точки A на оси координат.

Для того чтобы стебель оставался в вертикальном положении относительно оси OX необходимо что бы, скорость машины была равна скорости перемещения шнека т.е.:

$$V_M = \pi D_6 \operatorname{tg} \varphi_6 \cos \alpha_6 \omega_6. \quad (5)$$

Разделив выражение (4) на выражение (2), найдем:

$$\frac{d_{z_A}}{d_{x_A}} = \frac{\pi D_6 \operatorname{tg} \varphi_6 \sin \alpha_6 \omega_6}{V_M - \pi D_6 \operatorname{tg} \varphi_6 \cos \alpha_6 \omega_6} = \operatorname{tg} \theta, \quad (6)$$

где θ – угол между осью OX и вектором абсолютной скорости точки A в плоскости XOZ .

Для наибольшей полноты сбора необходимо чтобы стебель был расположен по нормали к вальцам, т. е. к срезающим барабанчикам. Таким образом необходимо чтобы угол между вектором абсолютной скорости точки A в плоскости XOZ и осью OX был равен:

$$\theta = 90^\circ - \alpha_6. \quad (7)$$

Подставив выражение (7) в выражение (6) получим:

$$\frac{\pi D_6 \operatorname{tg} \varphi_6 \sin \alpha_6 \omega_6}{V_M - \pi D_6 \operatorname{tg} \varphi_6 \cos \alpha_6 \omega_6} = \operatorname{ctg} \alpha_6. \quad (8)$$

Проведя преобразования равенства (8) получим:

$$\pi D_6 \operatorname{tg} \varphi_6 \omega_6 (\sin \alpha_6 + \cos \alpha_6 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_6) = V_M \operatorname{ctg} \alpha_6, \quad (9)$$

откуда:

$$\pi D_6 \operatorname{tg} \varphi_6 \omega_6 = V_M \cos \alpha_6. \quad (10)$$

В равенство (10) входят конструктивные и режимные параметры листоотделительного аппарата влияющие на ориентацию стебля. Одним из наиболее важных конструктивных параметров, который необходим при проектировании листоотделительного аппарата является φ_6 угол подъема витка вальца, который будет определяться по выражению:

$$\varphi_6 = \operatorname{arctg} \left(\frac{V_M \cos \alpha_6}{\pi D_6 \omega_6} \right). \quad (11)$$

Ввиду того что, скорость движения машины при уборке табака по возможности должна быть как можно выше, т. е. уборочная машина будет иметь более высокую производительность, то в качестве регулируемого режимного параметра необходимо рассматривать α_6 угол установки вальца к поверхности земли, который будет определять по выражению:

$$\alpha_6 = \arccos \left(\frac{\pi D_6 \omega_6 \operatorname{tg} \varphi_6}{V_M} \right). \quad (12)$$

Проанализировав выражение (12) можно сделать вывод, что оно имеет решение и физический смысл при выполнении неравенства:

$$0 < \frac{\pi D_6 \omega_6 \operatorname{tg} \varphi_6}{V_M} \leq 1, \quad (13)$$

откуда:

$$\omega_6 \leq \frac{V_M}{\pi D_6 \operatorname{tg} \varphi_6}.$$

Таким образом, частота вращения вальца и скорость движения машины должны быть конструктивно синхронизированы. На рисунке 3 представлены графики зависимости частоты ω_6 вращения вальцов от скорости V_M движения машины и угла α_6 установки вальца к поверхности земли угле подъема витка вальца $\varphi_6 = 58^\circ$.

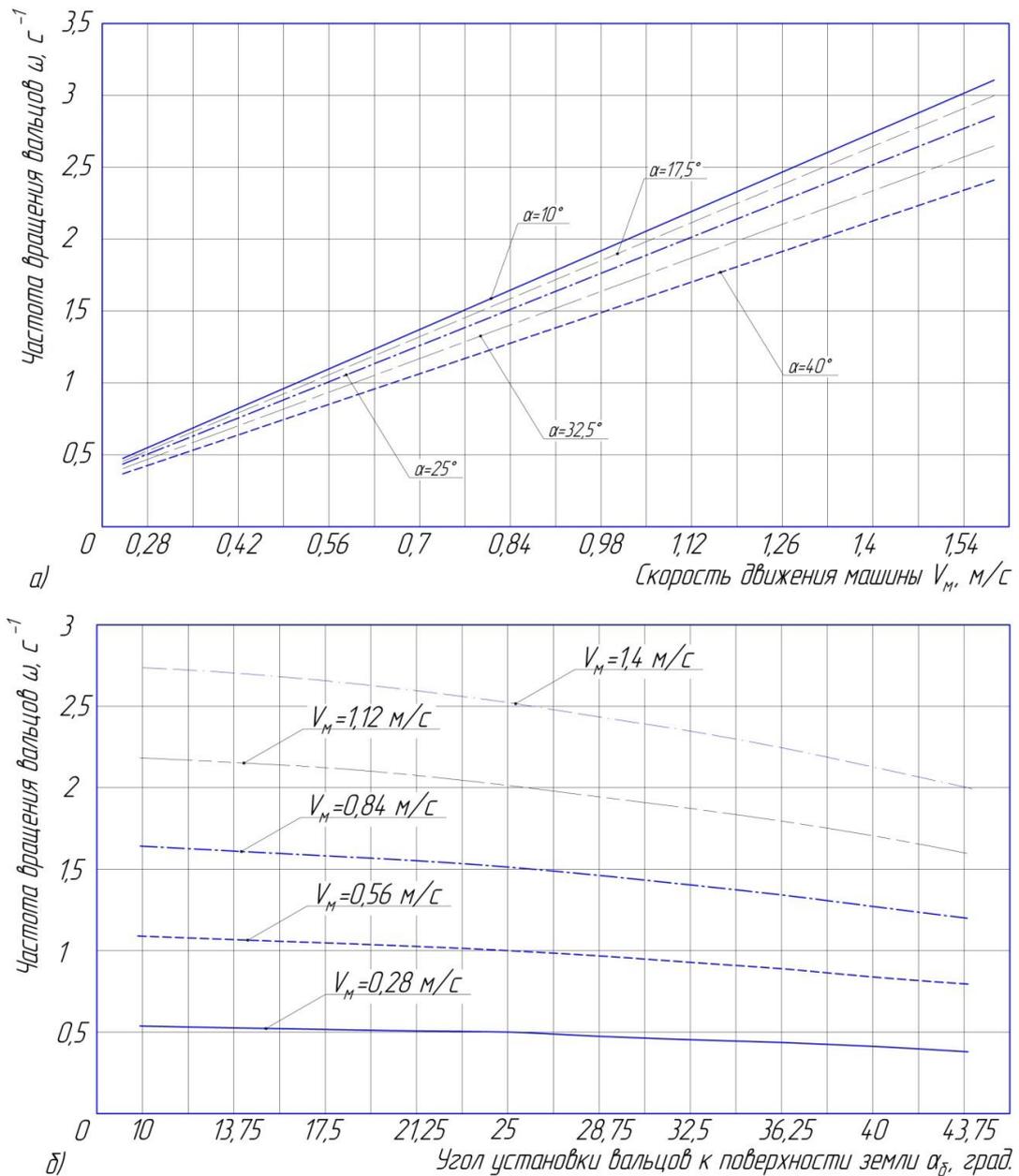


Рис. 3. График зависимости изменения частоты вращения вальцов от режимных параметров работы при угле подъема витка вальца $\varphi_6 = 58^\circ$:
 а – при фиксированных значениях установки угла α_6 установки вальца к поверхности земли; б – при фиксированных значениях скорости V_M движения машины

Из графика на рис. 3 б видно, что при фиксированной скорости V_m движения машины, что накладывается за счет наличия трансмиссии в машине, изменение частоты вращения валцов ω_v носит криволинейный характер, причем, чем выше скорость V_m движения машины, тем выше кривизна. Однако произвести подбор частоты вращения валцов ω_v в зависимости от угла α_v установки к поверхности земли не является проблематичным, за счет плавного изменения данного режимного параметра.

Однако следует отметить, что представленные графики изменения частоты вращения валцов от режимных параметров работы взяты при угле подъема витка валца $\varphi_b = 58^\circ$, что говорит о необходимости при проектировании листоотделительного аппарата изначально задаваться конструктивными параметрами и проводить расчет по представленным выше выражениям.

Литература

1. Саломатин, В.А. Инновационные машинные технологии в производстве табака / В.А. Саломатин, Е.И. Виневский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2012. - №4. - С. 7-9.
2. Саломатин, В.А. Техничко-экономические проблемы модернизации табачного производства в России / В.А. Саломатин, Е.И. Виневский, Л.И. Сатина [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2015.- № 7.- С.60-63.