

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПАЧКИ ЛИСТЬЕВ ПО ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БАРАБАНА В ПРОЦЕССЕ ИХ ПОЛИСТНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

Кощеев О.Ю.; *Огняник А.В., канд. техн. наук; **
Виневский 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. Проведены теоретические исследования движения пачки листьев по внутренней поверхности барабана в процессе их полистного разделения. Установлено, что с увеличением радиуса барабана критическая угловая скорость вращения барабана снижается, а для табачных листьев с меньшим коэффициентом парусности необходима большая критическая угловая скорость, чем с листьями с большим коэффициентом парусности.

Технология послеуборочной обработки табака сопряжена с большими затратами трудовых и энергетических ресурсов. На производство 1 т табачного сырья необходимо затратить свыше 1200 чел-ч, израсходовать около 1,5 т условного топлива. Для устранения этих недостатков требуется разработка рабочего органа для полистного разделения пачек табачных листьев [1].

Целью работы являлось повышение производительности процесса подготовки листьев табака к сушке путем разработки усовершенствованного технологического процесса полистного разделения пачек табачных листьев.

Для обоснования основных параметров технологического процесса подготовки листьев табака к сушке применялись методы теоретической механики и математического анализа. На основании анализа литературных источников выдвинута гипотеза, что повышение производительности труда возможно достигнуть путем применения усовершенствованной технологической схемы послеуборочной обработки табака и разработки рабочего органа, осуществляющего полистное разделение пачек листьев табака и их ориентации [2].

Рабочий орган представляет собой барабан (рис. 1) диаметром D и длиной L с внутренними лопастями. Барабан расположен под углом к горизонту γ . Ширина лопасти – h . Лопастей расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, число лопастей – K . Обозначим угол поворота барабана α , его угловую скорость вращения – ω , частота вращения в единицу времени – n . Вес пачки листьев, помещаемой в барабан, – G_n , его масса – m . Коэффициент трения пачки листьев по материалу барабана – f . Размеры пачки листьев $a \times b \times c$. Так как рассматриваем плоское тело (пачку), то $a > c$ и $b > c$.

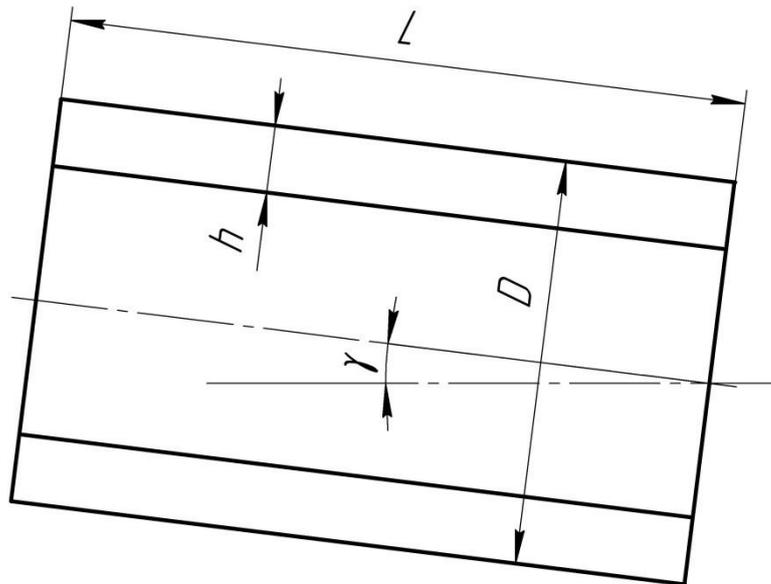


Рис. 1. Схема рабочего органа

Технологический процесс перемещения пачек листьев в барабане с внутренними лопастями можно разделить на четыре фазы:

I фаза – движение пачки листьев по внутренней поверхности барабана;

II фаза – перемещение пачки листьев по поверхности внутренней лопасти;

III фаза – падение пачки листьев на внутреннюю поверхность барабана;

IV фаза – расслоение пачки листьев под действием удара о внутреннюю поверхность барабана.

После падения на внутреннюю поверхность барабана и расслоения пачка листьев вновь пройдет комплекс четырех фаз. Таким образом, достаточно рассмотреть поведение пачки в каждом процессе одного комплекса, чтобы сделать вывод о поведении ее при перемещении по всей длине барабана. Рассмотрим поведение пачки в каждой из фаз.

Проведем теоретические исследования движения пачки листьев по внутренней поверхности барабана в процессе их полистного разделения (*в первой фазе*).

Пачка листьев попадает в барабан в точке C (рис. 2) и начинает подъем до уровня, соответствующего углу поворота $\alpha_{кр}$.

В барабане движение пачки листьев зависит от относительной скорости и сил, действующих на них. Этими силами являются $m\bar{g}$ – вес пачки листьев; $mr\omega^2$ – центробежная сила (здесь r – радиус цилиндра, ω – его угловая скорость); \bar{N} – нормальная реакция поверхности барабана; $|\bar{F}| = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$ – сила трения; $|\bar{R}_H| = k_H \cdot m \cdot V_{бар}$ – сила сопротивления среды.

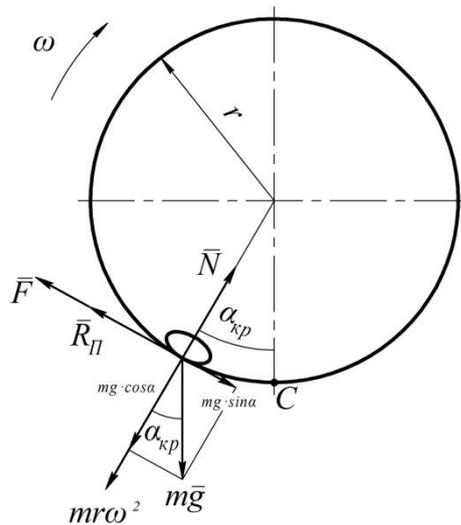


Рис. 2. Схема сил, действующих на пачку листьев в барабане

Если пачка листьев находится в I квадранте, то условие ее скольжения по внутренней поверхности барабана имеет вид

$$mg \cdot \sin \alpha > F + R_{\Pi}.$$

Проведя преобразования, получим

$$\frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\sin \varphi \cdot \omega + k_{\Pi} \cos \varphi} > \frac{r\omega}{g}, \quad (1)$$

Так как максимальное значение $\sin(\alpha - \varphi) = 1$, то условие скольжения примет вид

$$\frac{1}{\sin \varphi \cdot \omega + k_{\Pi} \cos \varphi} > k_{np}. \quad (2)$$

Предельное значение показателя кинематического режима k_{np} , при котором пачка листьев находится в относительном покое в барабане и движется вместе с ним

$$k_{np} = \frac{1}{\sin \varphi \cdot \omega_{кр} + k_{\Pi} \cos \varphi}. \quad (3)$$

Из выражения (3) определим критическую угловую скорость барабана, при которой начнется скольжение пачки листьев

$$r\omega_{кр}^2 \sin \varphi + r\omega_{кр} k_{\Pi} \cos \varphi - g = 0, \quad (4)$$

Решая квадратное уравнение относительно $\omega_{кр}$, получим

$$\omega_{кр} = \frac{-rk_{\Pi} \cos \varphi + \sqrt{(rk_{\Pi} \cos \varphi)^2 + 4 \cdot gr \sin \varphi}}{2 \cdot r \sin \varphi} \quad (5)$$

Для анализа влияния радиуса барабана r , угла трения φ и коэффициента парусности листьев табака k_n на критическую угловую скорость вращения барабана $\omega_{кр}$ проведем однофакторный эксперимент, принимая в правой части выражения (5) последовательно один фактор за переменную величину при прочих постоянных.

Проведено исследование влияния радиуса барабана r и коэффициента парусности листьев табака k_n на критическую угловую скорость вращения барабана $\omega_{кр}$, при котором начинается движение табачного листа по поверхности лопасти. Результаты исследований представлены в виде графиков влияния радиуса барабана на критическую угловую скорость $\omega_{кр}$ его вращения при различных аэродинамических свойствах табачного листа (коэффициента парусности k_n (рис.3).

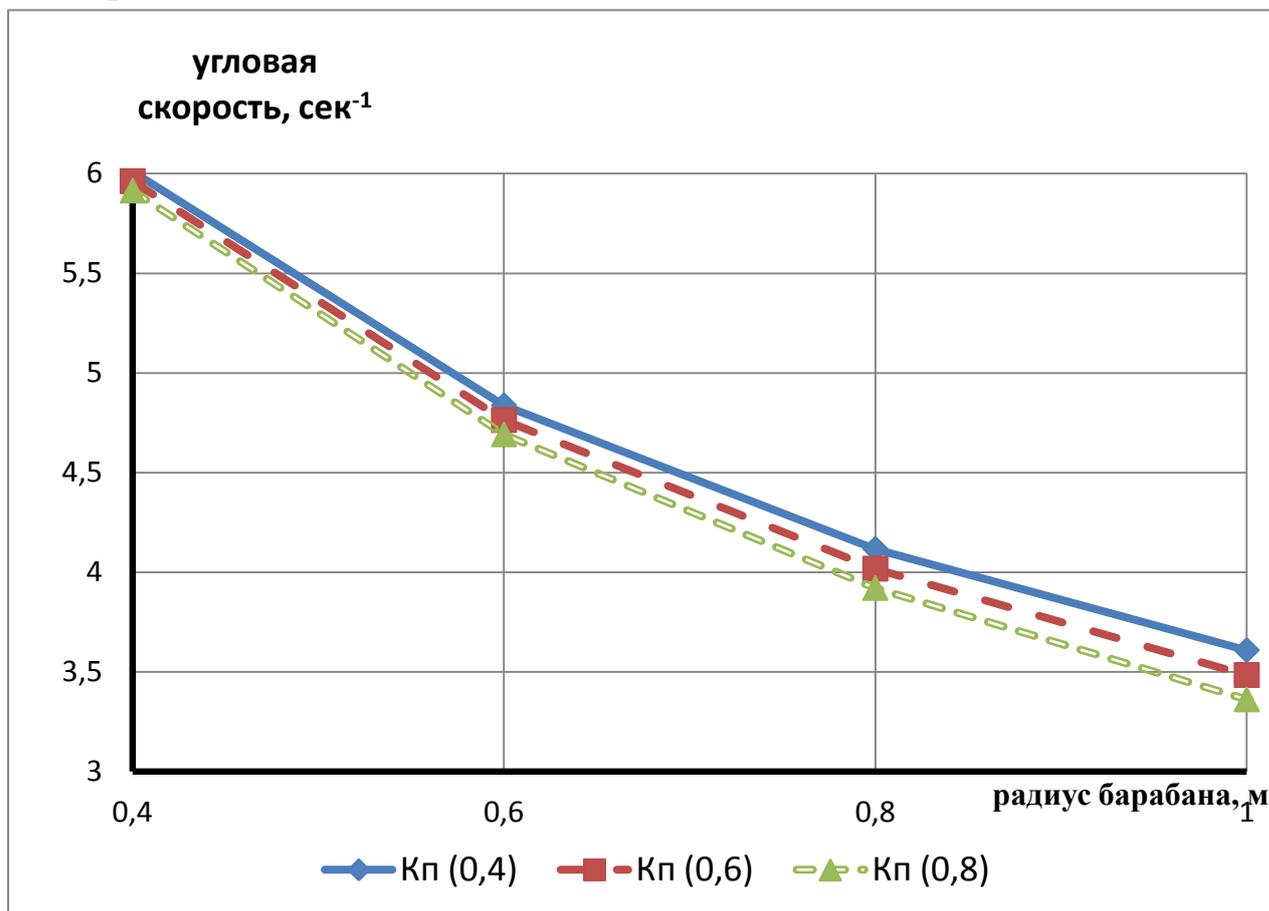


Рис.3. Влияние радиуса барабана r на критическую угловую скорость вращения барабана $\omega_{кр}$ при различных коэффициентах парусности листьев табака k_n

Анализ результатов эксперимента, представленных на рис.3, показывает следующее:

- с увеличением радиуса барабана r критическая угловая скорость вращения барабана $\omega_{кр}$ снижается;
- для табачных листьев с меньшим коэффициентом парусности необходима большая критическая угловая скорость, чем с листьями с большим коэффициентом парусности.

Проведено исследование влияние радиуса барабана r и применяемого материала для лопастей с различным коэффициентами трения листьев табака $f_{тр}$, имеющих неизменный коэффициент парусности k_n , на критическую угловую скорость вращения барабана $\omega_{кр}$, при котором начинается движение табачного листа по поверхности лопасти [3]. Результаты исследований представлены в табл. 1 и на рис.4.

Влияние коэффициента трения на критическую угловую скорость вращения барабана

радиус барабана, м	критическая угловая скорость вращения барабана, сек ⁻¹		
	сталь	пластик	дерево
	$f_{ст}=0,888$	$f_{пл}=0,89$	$f_{дер}=0,893$
0,4	5,971426	5,967479	5,961594
0,6	4,804378	4,801065	4,796124
0,8	4,087407	4,084445	4,080027
1	3,581376	3,578633	3,574541

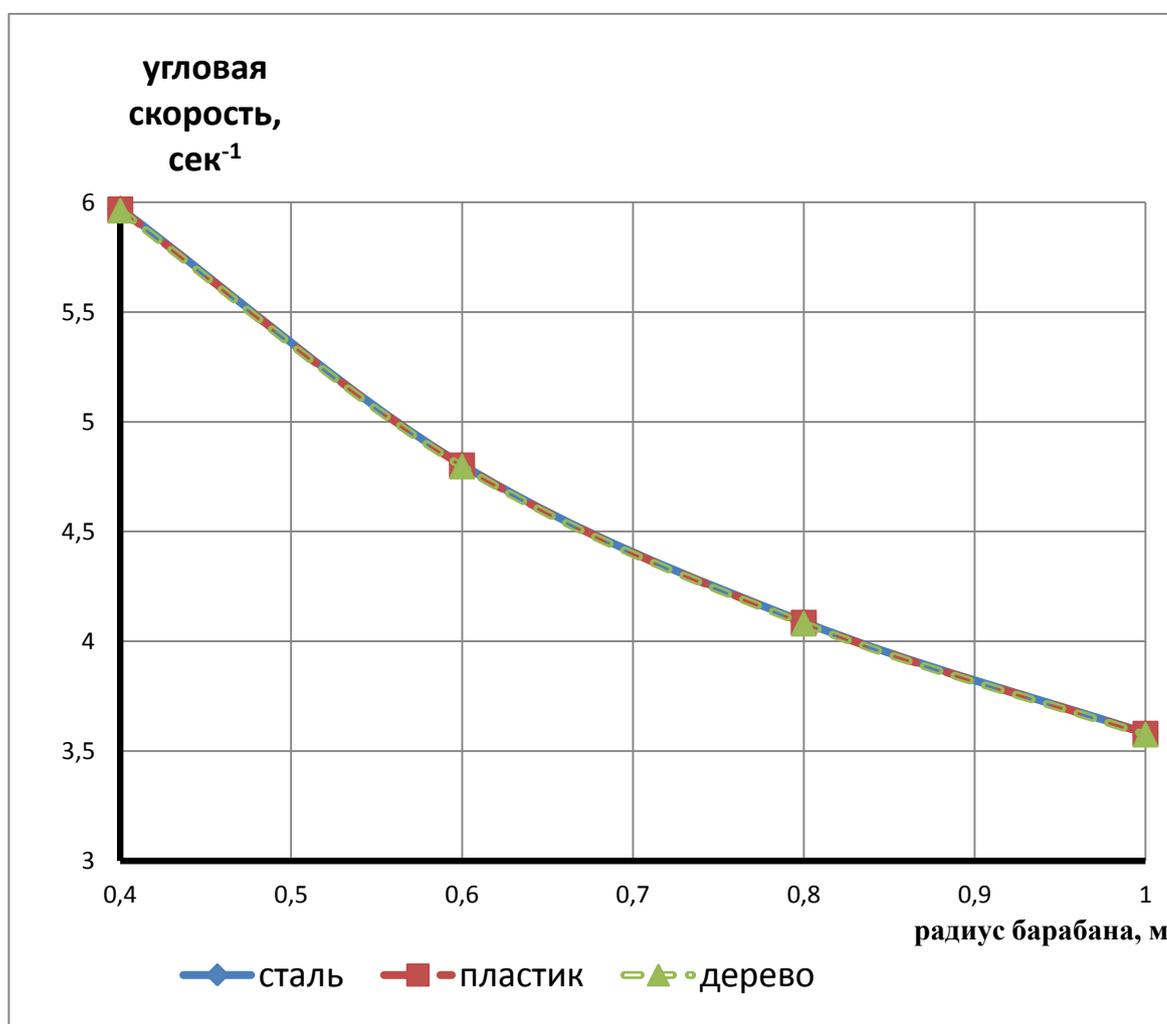


Рис.4. Влияние радиуса барабана r на критическую угловую скорость вращения барабана $\omega_{кр}$ при различных коэффициентах трения листьев табака $f_{тр}$

Анализ результатов эксперимента, представленных в таблице 1 и на рис.4, позволяет сделать следующие выводы:

- увеличение радиуса барабана r влечет за собой снижение его критической угловой скорости $\omega_{кр}$;
- применение материала для лопастей с большим коэффициентом трения влечет за собой уменьшение критической угловой скорости $\omega_{кр}$ всего на 0,2%.

Практическое использование результатов исследования по изучению взаимосвязи конструктивных и кинематических параметров рабочего органа для полистного разделения пачек табачных листьев и аэродинамических свойств свежесобранных листьев табака позволит разработчикам обоснованно геометрические и кинематические параметры создаваемых машин, делать выбор наиболее подходящих конструкционных материалов и будет способствовать расширению научных основ расчета на прочность отдельных узлов и деталей машин для табаководства.

Литература

1. Саломатин, В.А. Инновационные машинные технологии в производстве табака/ В.А. Саломатин, Е.И. Винецкий //Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2012. - №4. - С.7-9.
2. Винецкий, Е.И. Технологическая линия для подготовки листьев табака к сушке / Е.И. Винецкий, А.В. Огняник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. - № 7. – С.9-10.
3. Винецкий, Е.И. Трибологические исследования взаимодействия листьев табака с рабочими органами машин/ Е.И. Винецкий, Е.И. Трубилин, Н.Н. Винецкая [и др.] // Научный журнал КубГАУ.- 2014.-№ 100 (06) / <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/77.pdf>