

УДК 631.3: 633.71

UDC 631.3: 633.71

**ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛИСТЬЕВ ТАБАКА С
РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ МАШИН**

**TRIBOLOGICAL RESEARCH ON INTERAC-
TION OF TOBACCO LEAVES WITH THE
WORKING BODIES OF MACHINES**

Виневский Евгений Иванович
д.т.н., доцент

Vinevskii Evgeny Ivanovich
Dr.Sci.Tech., associate professor

Трубилин Евгений Иванович
д.т.н., профессор
*Кубанский государственный аграрный универ-
ситет, Краснодар, Россия*

Trubilin Evgeniy Ivanovich
Dr.Sci.Tech., professor
FGBOU VPO Kuban State Agrarian University

Огняник Александр Васильевич
к.т.н.

Ognianik Alexander Vasilyevich
Candidate of technical Sciences

Виневская Наталия Николаевна
к.т.н.
*ВНИИ табака, махорки и табачных изделий,
Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42*

Vinevskaia Natalia Nikolaevna
Candidate of technical Sciences
*All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka
and tobacco products, 350072 Krasnodar, Mos-
kovskaya, 42, tel/fax 252-16-12, vniitti1@mail.kuban.ru*

Букаткин Рустем Николаевич
Инженер
*Кубанский государственный аграрный универ-
ситет, Краснодар, Россия*

Bukatkin Rustem Nikolaevich
engineer
*FGBOU VPO Kuban State Agrarian University, 350072
Krasnodar, Kalinina, 13*

Представлены результаты трибологических ис-
следований по изучению влияние трения на кон-
тактное взаимодействие листьев табака с рабо-
чими органами машин для их уборки и после-
уборочной обработки. Определены коэффициен-
ты трения покоя и скольжения

The results of tribological researches on influence of
friction on contact interaction of tobacco leaves with
working bodies of the machines for their harvesting and
further green leaf processing are presented. Coefficients
of static and sliding friction are measured

Ключевые слова: ТРЕНИЕ ПОКОЯ, ТРЕНИЕ
СКОЛЬЖЕНИЯ, ТАБАЧНЫЙ ЛИСТ, РАБОЧИЕ
ОРГАНЫ

Keywords: STATIC FRICTION, FRICTION OF SLID-
ING, TOBACCO LEAF, WORKING BODIES

Разработка новых и совершенствование существующих конструкций машин для уборки и послеуборочной обработки табака возможно только на основе глубокого изучения особенностей и свойств той среды, с которой взаимодействуют рабочие органы машин. В частности, оптимизация параметров технологических процессов, разработка конструкций машин для уборки и последующей обработки листьев табака невозможны без знания их физико – механических свойств.

В процессе взаимодействия рабочих органов машины с растением между ними возникают различные виды усилий, зависящие от физико – механических свойств растений, его листьев и стеблей: их массы, центра

тяжести, геометрического центра табачного листа, влажности, шероховатости поверхности и другие, оказывающие влияние на скорости витания и перемещение их. Одними из важнейших трибологических показателей физико – механических свойств табачного растения являются коэффициенты трения покоя и скольжения, влияющие на силы трения, возникающие между поверхностями рабочих органов и различными частями растений табака [1].

Исходя из этого, целью исследований являлось определение трибологических характеристик взаимодействия листьев табака с рабочими органами машин - коэффициенты трения покоя и скольжения.

Теоретически проанализировано влияние силы трения покоя на процесс накопления листьев табака между поверхностями гибкого материала при сматывании его в рулон. Накопленные листья в рулоне при его сматывании под определенной силой натяжения материала испытывают давление с его стороны. Примем, что воздухопроницаемый материал оказывает малое сопротивление при изгибе и кручении. Накопление и фиксация листьев между поверхностями материала осуществляется при условии возникновения сил трения между ними в результате натяжения его ветвей (рис.1).

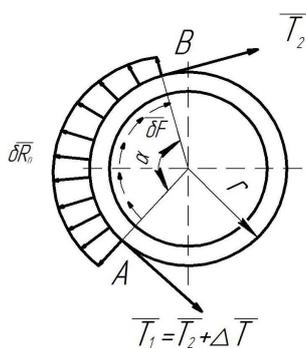


Рисунок 1 - Схема взаимодействия гибкого материала с табачным листом

Сила трения, распределенная в пределах дуги обхвата, зависит от ряда факторов и в первую очередь от величины натяжения концов материала

\bar{T}_1 и \bar{T}_2 , дуги обхвата α и коэффициентов трения материала как между собой $f_{\text{мат}}$, так и между материалом и табачным листом $f_{\text{таб}}$. [2].

При исследовании процесса накопления возможны два случая:

- табачный лист скользит относительно поверхностей гибкого материала (трение скольжения);
- скольжение табачного листа относительно поверхностей гибкого материала во всех точках дуги обхвата отсутствует (трение покоя).

Первый случай возможен в начальном периоде накопления листьев, когда они фиксируются между наружной и внутренней поверхностями одного и того же материала и находятся в поверхностном слое рулонного накопителя.

Очевидно, второй случай будет наблюдаться, когда лист табака находится во внутренних слоях рулонного накопителя.

Исследуем процесс возникновения сил трения между табачным листом и поверхностями гибкого материала. В начальный период накопления лист защемляется между цилиндрической поверхностью барабана рулонного накопителя. Условно будем полагать, что концы материала, охватывающего барабан в пределах угла α , неподвижно закреплены, а барабан вращается с угловой скоростью ω . С другой стороны, такое возможно, если барабан неподвижен, а материал скользит относительно его со скоростью $V = r \omega$.

Разность сил натяжений \bar{T}_1 и \bar{T}_2 концов материала зависит от величины сил трения, действующих со стороны материала на табачный лист, находящийся между поверхностями материала в пределах дуги обхвата α . Для установления связи между силами \bar{T}_1 и \bar{T}_2 выделим малую дугу материала, приложив к ее концам силы натяжения \bar{T}_2 и $\bar{T}_1 = \bar{T}_2 + \Delta\bar{T}$, каждая из которых направлена по касательной к барабану в соответствующей точке. На участке АВ сила натяжения не постоянна и изменяется от

значения \bar{T}_1 у точки А до значения \bar{T}_2 в точке В. Прижатие гибкого материала будет больше у точки А. [3].

Со стороны барабана на выделенный элемент материи будет действовать нормальное распределенное давление, имеющее равнодействующей $\delta\bar{R}_n$, и распределенная сила трения $\delta\bar{F}$, направленная против скорости скольжения.

По закону трения скольжения $\delta\bar{F} = f \delta\bar{R}_n$. Составим уравнение равномерного скольжения гибкого материала по дуге обхвата для элемента гибкой связи длиной dl , соответствующего элементарному углу обхвата $d\alpha$ в направлении оси У (рисунок 2).

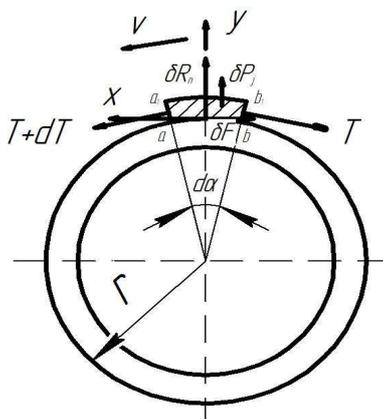


Рисунок 2 - Схема элемента гибкого воздухопроницаемого материала

В сечениях aa и bb действуют натяжения \bar{T} и $\bar{T} + dT$, элементарная сила трения $\delta\bar{F}$ и нормальная реакция $\delta\bar{R}_n$. При составлении условий равновесия необходимо учитывать центробежную силу $\delta\bar{P}_j$, так как гибкий материал движется по искривленной поверхности.

$$\delta\bar{P}_j = \frac{\bar{P}_{mat}}{g} \frac{\bar{V}_{mat}^2}{r} dl \tag{1}$$

где $\delta\bar{P}_j$ – элементарная центробежная сила, Н; \bar{P}_{mat} – погонный вес гибкой связи, Н/м; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; \bar{V}_{mat} – скорость перемещения гибкого материала, м/с; r – радиус поверхности, м.

Так как $dl = rda$, тогда

$$\delta \bar{P}_j = \frac{\bar{P}_{mat} \bar{V}_{mat}^2}{g} d\alpha \quad (2)$$

Из условия равновесия суммы сил на ось $\sum Y = 0$ и с учетом того, что натяжения \bar{T} и $\bar{T} + dT$ будут составлять с осью Y угол $(90^\circ + \frac{\alpha}{2})$, получим

$$-(\bar{T} + d\bar{T}) \sin \frac{d\alpha}{2} - \bar{T} \sin \frac{d\alpha}{2} + \delta \bar{P}_j + \delta \bar{R}_n = 0 \quad (3)$$

Заменяя $\sin \frac{d\alpha}{2}$ через $\frac{d\alpha}{2}$ и пренебрегая малой величиной $\frac{d\bar{T} d\alpha}{2}$, получим

$$\delta \bar{R}_n = \bar{T} d\alpha - \delta \bar{P}_j \quad (4)$$

Дифференциальная зависимость указывает, что прижатие $\delta \bar{R}_n$ материала к искривленной поверхности обусловлена натяжением \bar{T} и кривизной поверхности (угол- $d\alpha$), причем центробежная сила \bar{P}_j уменьшает это прижатие.

Подставив (2) в (4) и преобразовав, получим:

$$\delta \bar{R}_n = (\bar{T} - \frac{\bar{P}_{mat} \bar{V}_{mat}^2}{g}) d\alpha \quad (5)$$

Из уравнения (5) следует, что прижатие натянутого гибкого материала к искривленной поверхности отсутствует в двух случаях:

- если $d\alpha = 0$ - материал прилегает к прямолинейной стенке;

- если $\bar{T} - \frac{\bar{P}_{mat} \bar{V}_{mat}^2}{g} = 0$ или $\bar{T} = \frac{\bar{P}_{mat} \bar{V}_{mat}^2}{g}$

где \bar{T} - натяжение от центробежных сил, Н.

Отсюда критическая скорость перемещения материала $V_{кр}$, м/с равна:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{g T}{P_{mat}}} \quad (6)$$

Для обоснования параметров процесса взаимодействия поверхностей гибкого материала с табачным листом воспользуемся формулой Эйлера [3].

$$\left(\bar{T}_1 - \frac{\bar{P}_{mat} \bar{V}_{mat}^2}{g}\right) / \left(\bar{T}_2 - \frac{\bar{P}_{mat} \bar{V}_{mat}^2}{g}\right) = e^{f \alpha} \quad (7)$$

Известно, что сила трения равна разности натяжений ветвей [2]:

$$\bar{F}_{лист} = \bar{T}_1 - \bar{T}_2 \quad (8)$$

Отсюда получим:

$$\bar{F}_{лист} = \left(\bar{T}_2 - \frac{\bar{P}_{mat} \bar{V}_{mat}^2}{g}\right) (e^{f \alpha} - 1) \quad (9)$$

Определим нормальное распределенное давление, оказываемое на табачный лист со стороны гибкого воздухопроницаемого материала

$$p_{лист} = \frac{\bar{P}_{mat}}{S_{лист}}, \quad (10)$$

где $\bar{P}_{mat} = \frac{\bar{F}_{лист}}{f}$ - сила, оказывающая давление на табачный лист со стороны гибкого материала, Н; $S_{лист}$ - площадь табачного листа, м².

$$p_{лист} = \frac{\left(\bar{T}_2 - \frac{\bar{P}_{mat} \bar{V}_{mat}^2}{g}\right) (e^{f \alpha} - 1)}{f S_{лист}} \quad (11)$$

В случае, если скольжение табачного листа относительно поверхностей гибкого материала во всех точках дуги обхвата отсутствует ($V_{mat} = 0$), имеем:

$$F_{лист} = T_1 - T_2 = T_2 (e^{f \alpha} - 1) \quad (12)$$

После преобразований получим:

$$P_{\text{лист}} = \frac{P_{\text{мат}}}{S_{\text{лист}}} = \frac{T_2(e^{f\alpha} - 1)}{S_{\text{лист}} f} \quad (13)$$

В результате теоретического исследования процесса накопления листьев между поверхностями гибкого материала получены уравнения для расчета критической скорости материала $V_{\text{кр}}$ и нормального распределенного давления на лист $p_{\text{лист}}$. Оптимальные параметры, входящие в эти уравнения, необходимы при расчетах и конструировании, как самого рулонного накопителя, так и рабочего органа для его формирования.

Проводились экспериментальные исследования по определению коэффициентов трения покоя и скольжения табачных листьев о различные материалы в зависимости от продолжительности времени после отделения листа от стебля [4, 5].

Результаты исследований и основные статистические характеристики коэффициентов трения покоя о различные конструкционные материалы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические характеристики коэффициента трения покоя

Материал	Статистические характеристики				
	$X_{\text{ср}}$	S^2	S	$S_x, \%$	V
Сталь	0,8884	$1,12 \cdot 10^{-7}$	$3,35 \cdot 10^{-4}$	$1,68 \cdot 10^{-2}$	$9,60 \cdot 10^{-2}$
Эмаль	0,8896	$1,47 \cdot 10^{-7}$	$3,83 \cdot 10^{-4}$	$1,93 \cdot 10^{-2}$	$7,39 \cdot 10^{-2}$
Пластик	0,8900	$4,33 \cdot 10^{-7}$	$6,58 \cdot 10^{-4}$	$3,31 \cdot 10^{-2}$	$4,31 \cdot 10^{-2}$
Дюраль	0,8905	$7,27 \cdot 10^{-7}$	$8,53 \cdot 10^{-4}$	$4,29 \cdot 10^{-2}$	$3,76 \cdot 10^{-2}$
Резина	0,8909	$8,00 \cdot 10^{-9}$	$8,94 \cdot 10^{-5}$	$0,44 \cdot 10^{-2}$	$1,00 \cdot 10^{-2}$
Дерево	0,8933	$1,80 \cdot 10^{-8}$	$1,34 \cdot 10^{-4}$	$0,67 \cdot 10^{-2}$	$1,50 \cdot 10^{-2}$

По результатам однофакторного дисперсионного анализа можно сделать выводы, что данные в группах отличаются существенно (критерий

Фишера: $F_{\phi} F_{05}$), нулевая гипотеза отвергается, и различия в группах носят неслучайный характер. Поэтому по критерию Фишера различия в группах данных вызваны внешними данными: различные конструкционные материалы рабочих поверхностей.

В таблице 2 представлены доверительные интервалы коэффициентов трения покоя листьев табака о различные конструкционные материалы с пределами варьирования

Таблица 2 – Доверительные интервалы коэффициентов трения покоя о различные конструкционные материалы

Материал	Доверительный интервал
Сталь	$0,8884 \pm 0,0027$ ($0,8858 \div 0,8958$)
Резина	$0,8896 \pm 0,0021$ ($0,8858 \div 0,8916$)
Пластик	$0,8900 \pm 0,00119$ ($0,8888 \div 0,8912$)
Дюраль	$0,8905 \pm 0,0011$ ($0,8895 \div 0,8916$)
Эмаль	$0,8909 \pm 0,0003$ ($0,8906 \div 0,8911$)
Дерево	$0,8933 \pm 0,00042$ ($0,8928 \div 0,8937$)

Графическая интерпретация таблицы 2 в виде гистограммы представлена на рисунке 3. Представленные данные могут использоваться для расчета параметров рабочих органов в зависимости от силового воздействия.

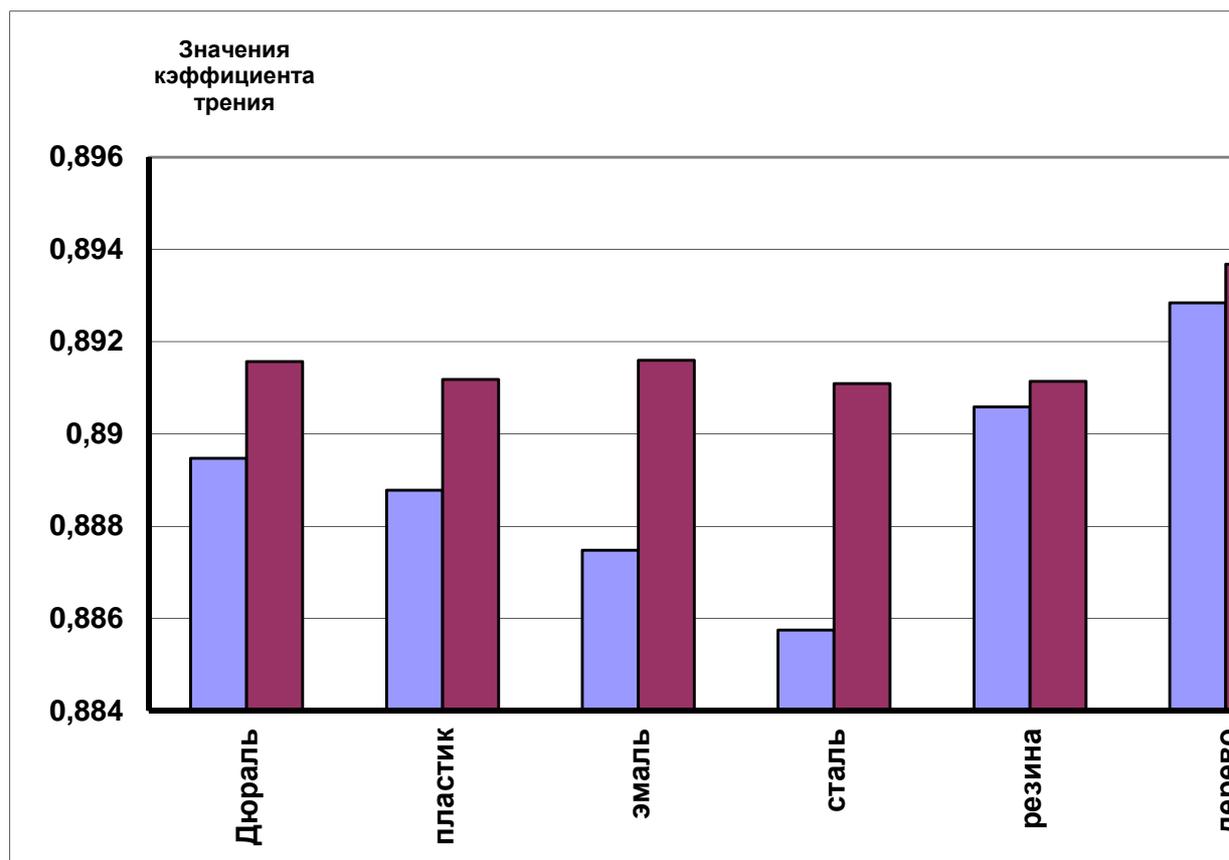


Рисунок 3 – Пределы варьирования коэффициентов трения о различные конструкционные материалы рабочих поверхностями

Экспериментально изучено изменение статического коэффициента трения поверхностей листьев табака о различные конструкционные материалы в зависимости от изменения тургора листьев с течением времени от момента их отделения от стебля. Результаты исследований приведены в таблице 3 [5]. В качестве исследуемых материалов изучались варианты гибкой воздухопроницаемой ленты, предназначенной для формирования рулонов при накоплении листьев.

Таблица 3 - Основные статистические характеристики коэффициента трения покоя

Материал (коэффициент пористости)	Время	Сторона листа	X_{cp}	Коэффициент вариации V, %
Гладкая поверхность (k=0)	0 часов	нижняя	1,1529	22,324
		верхняя	1,158	20,193
	24 часа	нижняя	1,022	10,022
		верхняя	1,057	8,758
	48 часов	нижняя	0,873	11,134
		верхняя	1,006	11,709
Мешковина (k=0,21)	0 часов	нижняя	3,436	13,838
		верхняя	2,845	10,940
Мелкая сетка (k=0,49)	0 часов	нижняя	1,172	5,171
		верхняя	1,34	13,499
Крупная сетка (k=0,83)	0 часов	нижняя	1,495	11,946
		верхняя	1,526	12,536

Получены эмпирические уравнения влияния коэффициента пористости материала на коэффициент трения нижней и верхней сторон пластинки табачного листа:

$$f_{\text{нижн}} = 0,78k_{\text{пор}}^2 - 0,07 k_{\text{пор}} + 1,02 \quad (14)$$

$$f_{\text{верхн}} = -0,04 k_{\text{пор}}^2 + 0,59 k_{\text{пор}} + 1,05 \quad (15)$$

В таблице 4 представлены доверительные интервалы коэффициентов трения покоя листьев табака о поверхности конструкционных материалов с различными коэффициентами пористости.

Таблица 4 - Значения коэффициента трения с доверительными интервалами

Материал	Доверительный интервал
гладкая поверхность (k=0)	1,1529 ± 0,181 (1,334 ÷ 0,971)
Мешковина (k= 0,21)	1,006 ± 0,262 (0,743 ÷ 1,269)
мелкая сетка (k=0,49)	1,172 ± 0,042 (1,129 ÷ 1,2154)
крупная сетка (k=0,83)	1,495 ± 0,126 (1,369 ÷ 1,621)

Установлено, что повышением коэффициента пористости коэффициенты трения увеличивается.

Графическая интерпретация таблицы 4 представлена на рисунке 4, в виде гистограммы с пределами варьирования для представленных матери-

алов рабочих поверхностей. По ней можно судить о величине коэффициента трения и его пределах. Представленные данные могут использоваться для расчета параметров рабочих органов для накопления листьев табака в соответствующих материалов зависимости от величины силы натяжения при формировании рулонов.

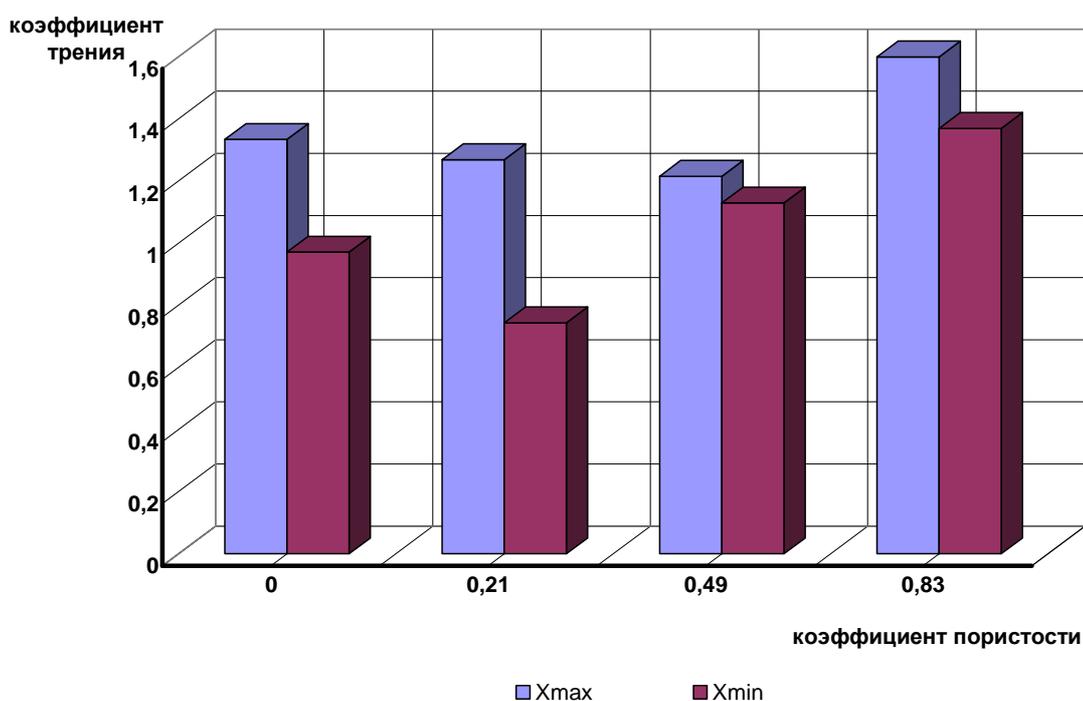


Рисунок 4 – Пределы варьирования коэффициентов трения покоя листьев табака о поверхности конструкционных материалов с различными коэффициентами пористости

Изучено влияние степени снижения тургора листьев в зависимости от времени хранения их после отделения от стебля на коэффициент трения.

В таблице 5 представлены результаты дисперсионного анализа объемов выборок экспериментальных данных коэффициента трения табачного листа о материалы через различное количество часов после отделения его от стебля при его кратковременном хранении (томлении).

Таблица 5 - Результаты дисперсионного анализа экспериментальных данных коэффициента трения свежесобранного табачного листа через различное количество часов

Сравниваемые данные		F-статистика	F-критическое	Разность
Нижняя сторона листа	0 ч – 24 ч	2,226	4,414	Не существенная
	24 ч – 48ч	11,092	4,414	Существенная
Верхняя сторона листа	0 ч – 24 ч	1,604	4,414	Не существенная
	24 ч – 48ч	1,174	4,414	Не существенная

По результатам однофакторного дисперсионного анализа можно сделать выводы, что данные в группах отличаются не существенно.

На рисунке 5 представлены гистограммы коэффициентов трения нижних и верхних сторон табачного листа через определенное количество часов с пределами варьирования. Анализ экспериментальных данных показывает, что с течением времени коэффициент трения покоя табачного листа снижается не значительно.

Таким образом, установлено, что с повышением коэффициента пористости коэффициент трения увеличивается, а с течением времени после отделения табачного листа от стебля коэффициент трения снижается не существенно. Эти данные необходимы при конструировании рабочего органа для накопления и геометрии его размещения

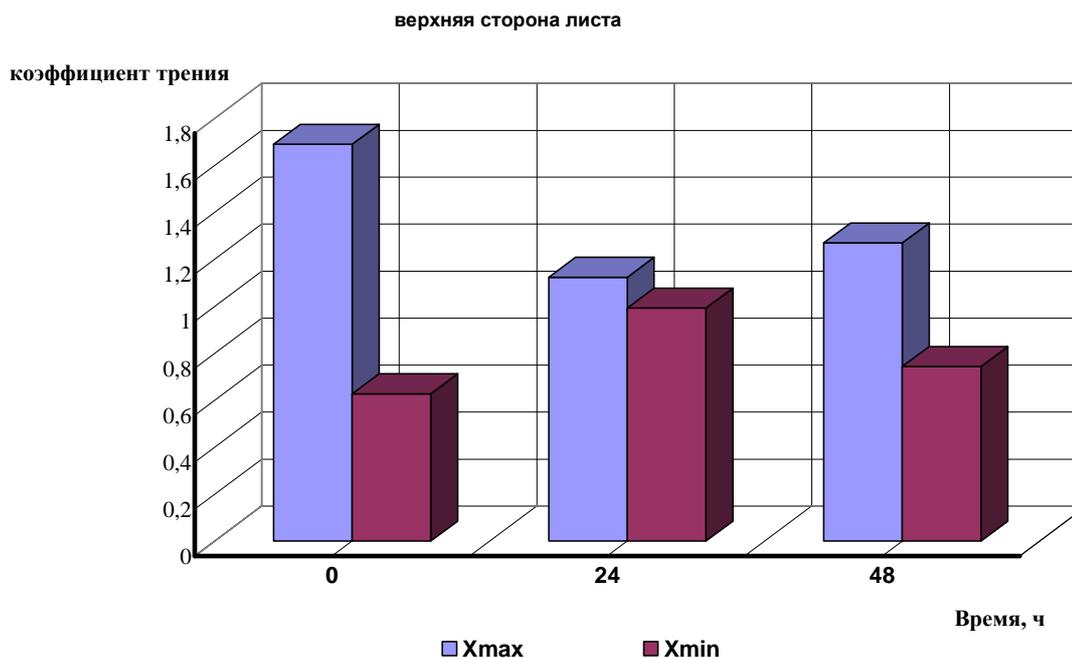


Рисунок 5 - Влияние продолжительности томления табачного листа на изменение коэффициента трения с указаниями величин пределов варьирования

Коэффициент трения скольжения определяется с использованием прибора (рисунок 6), состоящего из платформы 1, закрепленной шарнирно на стойке 2, которая крепится основанию 3, покоящемуся на четырех регулируемых по высоте опорах 4. Платформа может устанавливаться под любым наклоном к горизонту от 0° (горизонтальное положение) до 45°. Отсчет угла наклона платформы производится по шкале 5 и индексу 6.

Наклон платформы производится сначала от руки при открепленных рукоятках 7 и 8, а затем вращением маховика 9, при закрепленной рукоятке 7, производится уже точная установка платформы на необходимый угол. После окончательной установки, с помощью рукоятки 8 фиксируется заданный наклон платформы. Горизонтальность платформы при нулевой отметке шкалы выверяется по уровню и регулируется с помощью опор 4.

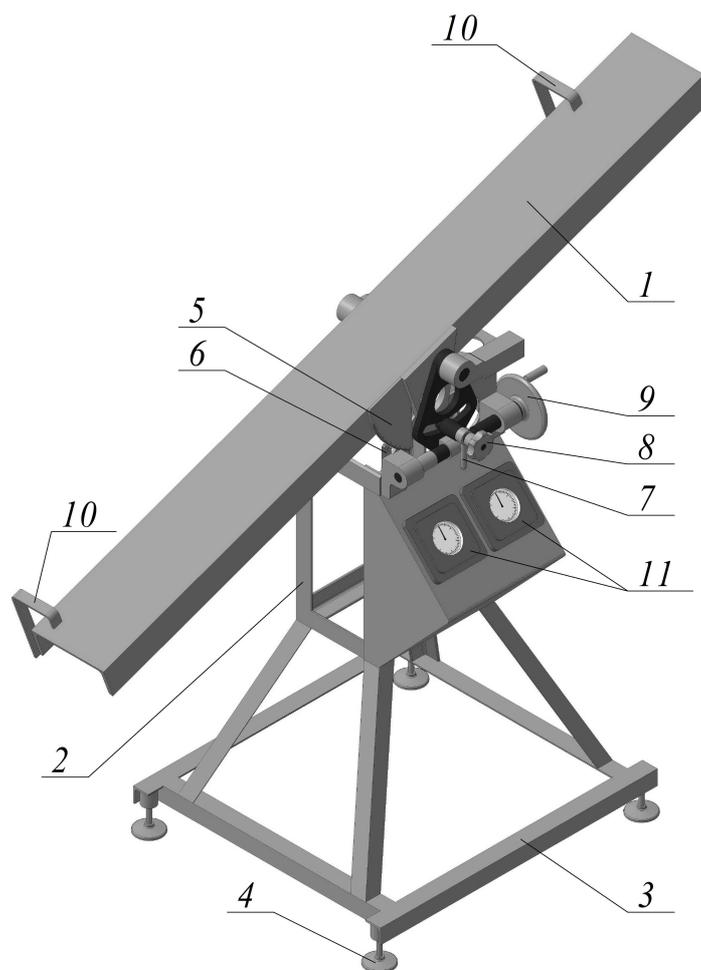


Рисунок 6 – Общий вид экспериментальной установки для определения коэффициента трения скольжения

На боковой поверхности платформы устанавливаются два контакта *10*, которые могут переставляться вдоль ее длины, для чего предусмотрены резьбовые отверстия с шагом 100 мм. Контакты заблокированы с электрическими секундомерами *11*.

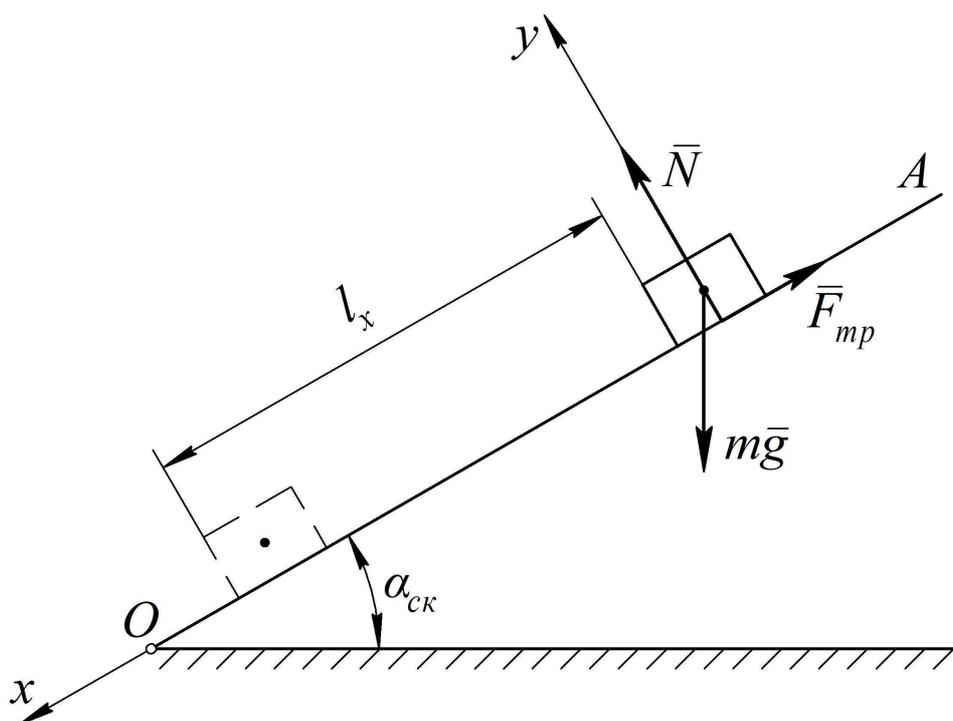
Исследования проводятся в следующей последовательности:

- платформа *1* устанавливается на угол 45° , т.е. максимальное значение, так как коэффициент трения покоя у табачных листьев принимает значения близкие к 0,9, что соответствует углу трения 42° [4];
- табачный лист кладется на платформу *1* за верхним контактом *10*;
- начав скользить по поверхности платформы (рисунок 8), табачный лист перемещается на расстояние l_x между контактами *10* за время t , которое фиксируется электрическими секундомерами *11*.

– определяется среднее значение времени t , по которому рассчитывается коэффициент трения скольжения [3]:

$$f_{ск} = \operatorname{tg} \alpha_{ск} - \frac{2l_x}{gt^2 \cos \alpha_{ск}}, \quad (0.1)$$

где $f_{ск}$ – коэффициент трения скольжения; $\alpha_{ск}$ – угол наклона платформы I (рисунокб), град.; l_x – расстояние, на которое перемещается табачный лист за время t , м; g – ускорение свободного падения, м/с²; t – время перемещения табачного листа на расстояние l_x , с.



N – сила нормального давления, Н; $F_{тр}$ – сила трения скольжения, Н

Рисунок 7 – Схема к определению коэффициента трения скольжения



а) – взаимодействие нижней стороной *б)* – взаимодействие верхней стороной

Рисунок 8 – К определению коэффициента трения скольжения

Коэффициент трения скольжения определялся для табачных листьев сортов Трапезонд 92 и Юбилейный, а также вырезанной средней жилки при различном времени томления.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблицах 6, 7 и графически на рисунках 8 и 9.

Таблица 6 – Значения коэффициента трения скольжения черешковых листьев

Продолжительность томления	Соприкосновение со стальной поверхностью		
	нижняя сторона листа	верхняя сторона листа	средняя жилка
Свежеубранный лист (0 часов)	0,512	0,644	0,500
24 часа	0,527	0,650	0,500
48 часов	0,558	0,654	0,500
72 часа	0,644	0,658	0,500

Таблица 7 – Значения коэффициента трения скольжения сидячих листьев

Продолжительность томления	Соприкосновение со стальной поверхностью		
	нижняя сторона листа	верхняя сторона листа	средняя жилка
Свежеубранный лист (0 часов)	0,549	0,647	0,500
24 часа	0,582	0,654	0,500
48 часов	0,635	0,657	0,500
72 часа	0,652	0,660	0,500

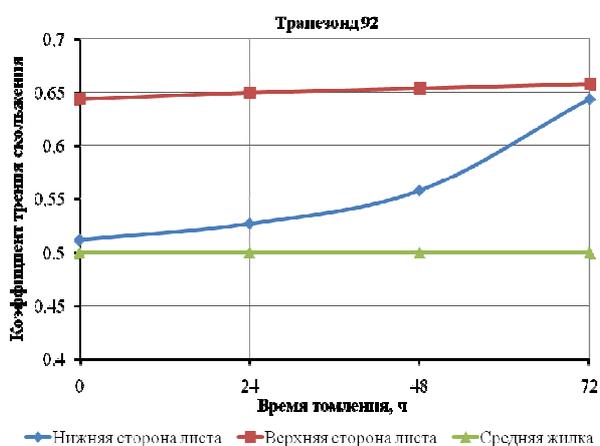


Рисунок 8 – Значения коэффициента трения скольжения табачных листьев и средней жилки черешковых листьев (Трапезонд 92)

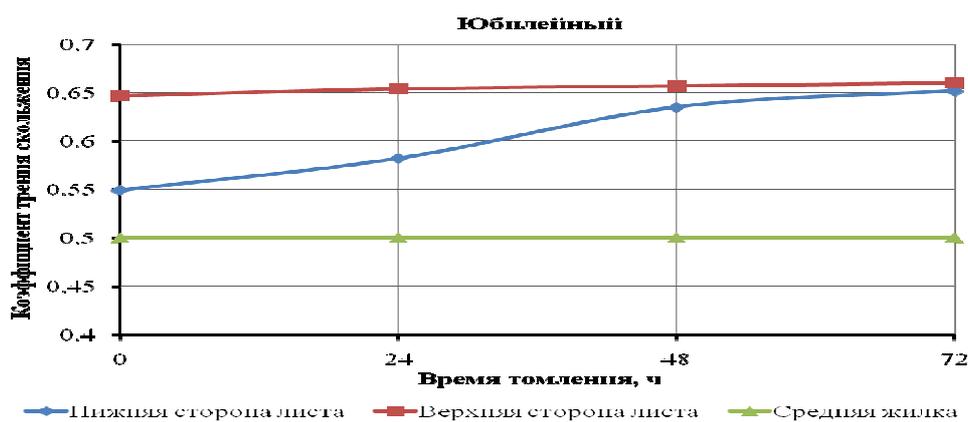


Рисунок 9 – Значения коэффициента трения скольжения табачных листьев и средней жилки сидячих листьев (Юбилейный)

Значения коэффициентов трения скольжения табачных листьев о сталь при взаимодействии верхней стороной листа за время томления (72 часа) изменяются не значительно: на 2,13 % (Трапезонд 92) и на 1,97 % (Юбилейный). При взаимодействии нижней стороной листа за тоже время: на 20,5 % (Трапезонд 92) и на 15,8 % (Юбилейный). Характер изменения кривых «Нижняя сторона листа» различен: у сорта Трапезонд 92 за время томления 48 часов значение коэффициента трения скольжения увеличилось на 8,2 %, а у сорта Юбилейный - на 13,5 %. Несколько большее значение коэффициента трения скольжения у сорта Юбилейный объясняется большей площадью соприкосновения пластинки листа со стальной поверхностью, так как это крупнолистный сорт

Практическое использование результатов исследованию по изучения коэффициентов трения покоя и скольжения позволит разработчикам обоснованно определять технологические схемы процессов и 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. Винеvский, Е.И. Машинные технологии и комплексы технических средств для производства табака: дис. ... д-ра техн. наук. – Краснодар, 2009. – 408 с.
2. Кожевников, С.Н. Теория механизмов и машин //М.: Машиностроение, 1973.- 590с.
3. Колчин Н.И. Механика машин // Л.: Машиностроение, т.2- 1972.-454с.
4. Огняник, А.В. Усовершенствованный технологический процесс и параметры рабочего органа для полистного разделения пачек табачных листьев и их ориентации: дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2012. – 127 с.
5. Винеvская, Н. Н. Оптимизация параметров и режимов работы рабочих органов для накопления и транспортирования листьев табака машинной уборки: дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2012. – 197 с.
6. Юденич, В.В. Лабораторные работы по теории механизмов и машин / В.В. Юденич. – М.: Высшая школа, 1962. – С. 109–117.

References

1. Vinevskij, E.I. Mashinnye tehnologii i komplekсы tehničeskikh sredstv dlja proizvodstva tabaka: dis. ... d-ra tehn. nauk. – Krasnodar, 2009. – 408 s.
2. Kozhevnikov, S.N. Teorija mehanizmov i mashin //M.: Mashinostroenie, 1973.- 590s.
3. Kolchin N.I. Mehanika mashin // L.: Mashinostroenie, t.2- 1972.-454s.
4. Ognjanik, A.V. Uovershenstvovannyj tehnologičeskij process i parametry rabočego organa dlja polistnogo razdelenija pachek tabachnyh list'ev i ih orienta-cii: dis. ... kand. tehn. nauk. – Krasnodar, 2012. – 127 s.
5. Vinevskaja, N. N. Optimizacija parametrov i rezhimov raboty rabočih organov dlja nakoplenija i transportirovanija list'ev tabaka mashinnoj uborki: dis. ... kand. tehn. nauk. – Krasnodar, 2012. – 197 s.
6. Judenich, V.V. Laboratornye raboty po teorii mehanizmov i mashin / V.V. Judenich. – M.: Vysshaja shkola, 1962. – S. 109–117.