

$$B_1 = \frac{b_1 a_3}{a_2 b_1 - b_2 a_1}; \quad B_2 = \frac{a_1 b_3}{a_2 b_1 - b_2 a_1}; \quad B_3 = \frac{a_4 b_1 - a_1 b_5}{a_2 b_1 - b_2 a_1}; \quad B_4 = \frac{a_5 b_1 - b_4 a_1}{a_2 b_1 - b_2 a_1}; \quad P_2 = \frac{b_1 Q_1 - a_1 Q_2}{a_2 b_1 - b_2 a_1}$$

После всех преобразований получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial y_1}{\partial t} = y_2 \\ \frac{\partial y_2}{\partial t} + A_1 y_2 - A_2 y_4 + A_3 y_1 + A_4 y_3 = P_1 \\ \frac{\partial y_3}{\partial t} = y_4 \\ \frac{\partial y_4}{\partial t} = -B_1 y_2 + B_2 y_4 - B_3 y_1 - B_4 y_3 + P_2 \end{cases} \quad (3)$$

В результате решения получена закономерность колебательных движений берда под действием силы прибора (рис. 2).

Колебательный характер процесса совпадает с колебаниями нити основы после прибора утка к опушке ткани.

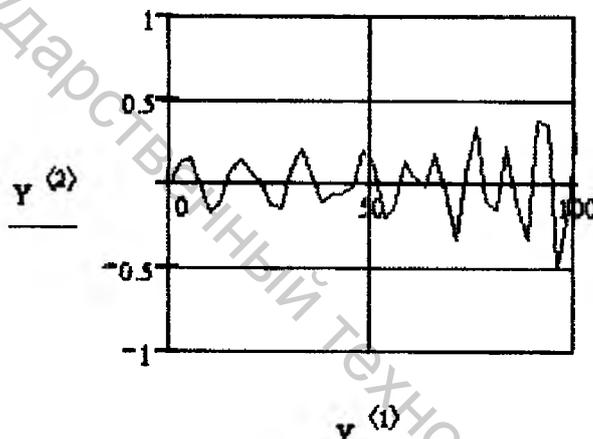


Рисунок 2 – Колебательные движения берда под действием силы прибора

Сопоставляя решения, можно получить представления о том, к чему сводятся исследования затухающих и вынужденных колебаний берда с двумя степенями свободы. Это позволяет оценить реальную работу системы и выбор наиболее рациональных, механических, геометрических и технологических параметров рассматриваемой системы.

Список использованных источников

1. Дремова Н.В. К оценке жесткости берда челночных и бесчелночных ткацких станков. Проблемы текстиля. 2004. № 2.
2. Дремова Н.В. Исследование влияния числа нитей пробираемые в зуб берда на его колебания. Проблемы текстиля. 2004-1. № 4.

УДК 677.021.151.25

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА РИФЛЕЙ НА ВАЛЬЦЕ МЯЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ

*Енин М.С., доц., Тимофеева Е.А., студ., Мочалов Л.В., асп.*  
Костромской государственной технологической университет,  
г. Кострома, Российская Федерация

Длинное льняное волокно является высококачественным сырьём для текстильной промышленности. Одним из этапов подготовки стеблевого слоя льна к трепанию является процесс промина. В настоящее время на большинстве льнозаводов используются вальцовые мяльные машины марок М-100Л, М-110Л, М-110Л2, спроектированные ещё в советское время. Они работают на принципе изгиба-излома стеблей в рифлёных мяльных парах. Процесс промина льняной тресты является важным этапом производства, пре-

допределяющим эффективность трепания, а именно выход и качество готового продукта – длинного волокна.

При разработке вальцовых мьяльных машин для обработки лубоволокнистых материалов возникает вопрос выбора количества рифлей на вальцах изламывающих пар, что влияет на многие важнейшие параметры процесса мятья, а, следовательно, и на эффективность промина: разрушения связей между волокном и древесиной, степень удаления костры и сохранение прочности волокна. На протяжении нескольких последних десятилетий на основе практических изысканий конструкторов и технологов сформирован набор вальцов к мьяльным машинам для переработки основных видов лубоволокнистого сырья, в частности льна и конопля.

Были проанализированы работы Б.И. Смирнова [1] и В.А. Дьячкова [2] по определению числа рифлей на мьяльном вальце. После выявленных недостатков в известных алгоритмах нами предложен новый способ определения необходимого числа рифлей на мьяльном вальце с учётом угла изгиба стебля и числа рифлей, одновременно находящихся в поле мятья [3], основанный на уравнении

$$2 \cos\left(\frac{\pi Z_M}{2Z}\right) - 1 - \cos \alpha - \cos\left(\frac{\pi + \varphi}{2}\right) \times \\ \times \sqrt{\left(2 + 4 \cos^2\left(\frac{\pi Z_M}{2Z}\right) - 4 \cos\left(\frac{\pi Z_M}{2Z}\right) - 2 \cos \alpha \left(2 \cos\left(\frac{\pi Z_M}{2Z}\right) - 1\right)\right)} = 0, \quad (1)$$

где  $Z_M$  – число рифлей в поле мятья;  
 $\alpha$  – половина угла шага рифления;  
 $Z$  – число рифлей на вальце;  
 $\varphi$  – угол изгиба стебля в мьяльной паре.

$$\alpha = \frac{\pi}{Z}. \quad (2)$$

Из уравнения (1) аналитически выразить число рифлей  $Z$  представляется весьма затруднительно. Поэтому целесообразно прибегнуть к численному (графическому) решению данного уравнения относительно числа рифлей  $Z$ , при этом надо учитывать, что из (2)  $\alpha = f(Z)$ . Корнем уравнения (1) будет значение числа рифлей на вальце  $Z$ , необходимое для обеспечения заданного угла изгиба  $\varphi$ . Например, для  $\varphi = 30^\circ$  и  $Z_M = 3$ , расчётное значение числа рифлей на вальце, полученное путём численного решения уравнения (1) составит  $Z = 20$ . Для сохранения природной прочности волокна при промине рекомендуется иметь  $Z_M = 3 \dots 5$ .

Как отмечено в [3], угол изгиба стеблей предопределяет требуемое количество рифлей на вальце. Угол изгиба – технологический параметр, от которого зависит эффективность процесса мятья. Для нарушения структуры древесной части стебля лубоволокнистого растения необходимо, чтобы угол изгиба был больше или равен углу излома. Угол излома – это угол, при котором древесина в стебле ломается. Поэтому данный параметр характеризует свойства обрабатываемого материала. Были рассмотрены известные работы, представляющие численные значения угла излома стеблей лубоволокнистых культур [4–6]. Во всех этих работах отсутствует информация о количественном влиянии параметров процесса мятья и свойств материала на угол излома. Поэтому было изучено влияние различных факторов на угол излома льняных стеблей.

Создан лабораторный стенд для определения угла излома стеблей, позволяющий регулировать шаг тресты и радиус закругления рифлей. Данный стенд даёт возможность моделировать излом стебля в поле мятья и численно определять угол излома. Стержни при этом имитируют кромки рифлей мьяльных вальцов. Расстояние между стержнями  $t$  соответствует в реальной мьяльной машине половине шага тресты, зависящего от таких конструктивных параметров, как число рифлей на вальце и глубина их захождения. Численное значение угла излома стебля льна определялось по транспорту, который определённым образом закреплён на опытном стенде.

Экспериментальные исследования проводились на двух партиях льняной стланцевой тресты, отличающихся по отделяемости. Каждая партия была рассортирована на тонкостебельные (с диаметром стебля 0,8...1,2 мм) и среднестебельные группы (с диаметром стебля 1,3...2,0 мм). Влажность тресты при проведении экспериментов составляла 12,3 %.

Был реализован полный факторный эксперимент. Выходным фактором являлся угол излома стебля  $\varphi$ , а входными: степень вылежки тресты (выраженная через показатель отделяемости  $Om$ ), диаметр стеблей  $D$  (в закодированном виде: 1 соответствовала тонкостебельному сырью, а 2 – среднестебельному), участок стебля  $U$  (также в закодированном виде: 1 – вершина, 2 – середина, 3 – комель), радиус стержней  $r$  и расстояние между стержнями  $t$ . Таким образом, участок стебля исследовался на трёх уровнях, остальные входные факторы – на двух. Уровни факторов и интервалы их варьирования приведены в таблице.

Таблица – Уровни факторов

Обозначение фактора	Название фактора	Ед. изм.	Уровни факторов		
			-1	0	+1
$r$	Радиус стержней, имитирующих кромки рифлей	мм	1,5	–	5,0
$t$	Расстояние между стержнями	мм	13	–	19
$U$	Участок стебля	–	1	2	3
$Om$	Отделяемость тресты	ед.	5,0	–	6,5
$D$	Диаметр стебля	–	1	–	2

Выбор интервала варьирования  $r$  и  $t$  был обусловлен максимально и минимально возможными значениями радиусов закругления рифлей и шага тресты в существующих мяльных машинах.

Опыты провели в соответствии с матрицей планирования полного факторного эксперимента. Повторность каждого опыта двадцати пяти кратная. Статистическая обработка результатов эксперимента была проведена при 95% доверительной вероятности в программе "Statistica 6.0".

По результатам статистической обработки опытных данных и оценке значимости факторов установлено, что в принятых интервалах варьирования на угол излома значимо влияют все изучаемые факторы, кроме отделимости.

Определены коэффициенты регрессии и получена модель для угла излома льняного стебля  $\varphi$ , град.:

$$\varphi = 44,09 + 6,65U^2 - 30,31U - 4,77D + 0,49r + 1,34t. \quad (3)$$

Модель (3) справедлива для единиц измерения и интервалов варьирования входных факторов, указанных в таблице.

Так как участок стебля при проведении опытов исследовался на трёх уровнях, это позволило установить квадратичную зависимость этого фактора на угол излома стебля, причём оба коэффициента регрессии (линейный и квадратичный) оказались значимыми.

Установлено, что концевые участки стеблей льна имеют больший угол излома, чем в серединной части. Это обстоятельство, по нашему мнению, будет влиять на неоднородность промина по ширине слоя. Таким образом, концевые участки промнутся хуже, а, имея меньший умин и большую силу сцепления древесины с волокном, большая их часть оборвётся в процессе трепания, снизив выход наиболее ценного длинного волокна. Данный вывод согласуется с полученными ранее результатами экспериментального изучения распределения костры по ширине слоя льняной тресты [7].

Результаты проведённых исследований позволяют рассчитать необходимое количество рифлей для изламывающей пары при проектировании вальцово-мяльной машины для льняной тресты. Кроме этого, полученные модели можно использовать при настройке систем автоматического управления работой мяльных машин.

#### Список использованных источников

1. Смирнов Б.И. Основы теории и оптимизация процесса мятья в валковых мяльных машинах : дисс. ... докт. техн. наук. / Смирнов Борис Иванович. – Кострома, 1980.
2. Дьячков В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон : монография / В.А. Дьячков. – Кострома : Изд-во Костромского гос. технол. ун-та, 2009. – 271 с.
3. Енин М.С. Обоснование выбора числа рифлей на вальце в мяльных машинах для обработки лубоволокнистых материалов / М.С. Енин, Л.В. Мочалов, С.Е. Маянский // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2012. – № 1. С. 43...45.
4. Крагельский И.В. Физические свойства лубяного сырья / И.В. Крагельский ; под ред. и при участии В.П. Добычина. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – М., Л. : изд-во Лёгкой промышленности, 1939.
5. Дударев В.А. Исследование долговечности вальцов мяльных машин первичной обработки льна. – дисс. канд. техн. наук. – Кострома, 1978 г.
6. Дьячков В.А. Проектирование машин для первичной обработки лубяных волокон. – Учеб. пособие. – Кострома, 2006 г.
7. Енин М.С. Обоснование условий промина льняной тресты с учётом толщины слоя по его ширине / М.С. Енин, Е.Л. Пашин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – № 4. – С. 53...56.

УДК 675.05:621-52

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ НА КОЛЕЧАТОМ ВАЛУ ПРИВОДА ВИБРАЦИОННО-ТЯНУЛЬНОЙ МАШИНЫ

**Жуков В.В., к.т.н. доц., Крашенинников А.В., асп.**

*Московский государственный университет дизайна и технологии,  
г. Москва, Российская Федерация*

Влияние величины захода колков  $h$  на усилие сопротивления  $P$  тяжки кожи в зависимости от угла поворота  $\varphi$  ведущего вала машины можно получить из уравнения:

$$P = \frac{0,96Eah\delta m \left( \sqrt{\left( \frac{2(h)}{a} \right)^2 + 1} - 1 \right)}{\sqrt{a^2/2 + h^2}}, \quad (1)$$

где  $E$  – условный модуль упругости кожи, МПа;  $a$  – расстояние между колками на одной плите, м;  $\delta$  – толщина кожи, м;  $m$  – количество колков на одной рабочей плите.