

УДК 677.021.151.256

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ  
И СВОЙСТВ ЛЬНЯНОЙ ПРЯДИ НА УСЛОВИЯ ЕЕ СХОДА  
С РАБОЧЕЙ КРОМКИ БИЛА В ПРОЦЕССЕ ТРЕПАНИЯ**

*М.С. ЕНИН, С.Н. РАЗИН, Е.Л. ПАШИН, С.Е. МАЯНСКИЙ*

(Костромской государственный технологический университет)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*Рассматривается вопрос взаимодействия била трепала с обрабатываемой прядью, ее отлета от била, а также вопрос по определению условий, препятствующих отрыву пряди от поверхности кромки била.*

*The question of the bill scutcher and treated strand interaction, the strand departure from the bill, as well as the question of conditions definitions preventing a strand break from the bill attacking edge surface is considered.*

**Ключевые слова:** льняная прядь, одностороннее трепание, кромка била, варьируемые параметры, радиус закругления била, частота вращения барабана.

При подготовке льняного сырца к основному обескостриванию путем трепания целесообразно достижение ряда технологических эффектов: очистки от насыпной костры, параллелизации прядей, удаления из слоя не зафиксированных в зажимном транспортере коротковолокнистых фракций. С этой целью предусматривается использовать способ одностороннего трепания [1], [2] при одновременном воздействии бил на вершинные и комлевые участки прядей, расположенных по разные стороны зажимного транспортера трепальной машины.

Однако при использовании этого способа возникают сложности с обеспечением эффективного взаимодействия пряди со всеми билами барабанов. Это справедливо отмечал в своей работе Н.Н. Суслов: "...волокно при сходе с кромки бильной планки центробежными силами отбрасы-

вается к периферии, а следующая планка встречается с материалом значительно позднее, чем это следовало бы быть. Встречаемся здесь с таким фактом, когда одна кромка отводит горсть из-под воздействия другой" [3, с. 214]. В результате указанной особенности взаимодействия обрабатываемой пряди с биллом ухудшается эффективность процесса обескостривания. Объясняется это неопределенностью условий взаимодействия (после отлета пряди от била) с последующим по ходу движения биллом. Концевые участки при отлете могут путаться, их ориентация изменяется и к моменту соприкосновения с кромкой била они могут иметь значительную пространственную дезориентацию.

Для исключения этого негативного явления, например, в конструкции агрегата АЛС-1 применяют специальные ограждения [4], [5], расположенные на расстоянии

1...2 см от траектории перемещения кромок бил. Очевидно, что это ухудшает условия удаления костры из обрабатываемой пряжи, отбрасываемой в различном направлении (от центра вращения барабанов).

В этой связи обоснование условий, препятствующих отлету пряжи при сходе ее с била, является важной задачей, решение которой позволит улучшить процесс обогащения льняного сырца на основе одностороннего трепания.

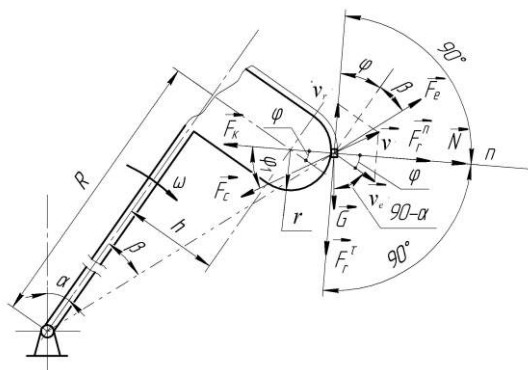


Рис. 1

Для ее решения рассмотрим схему взаимодействия пряжи с рабочей кромкой била (рис. 1). Условие движения пряжи по кромке без отрыва состоит в выполнении неравенства  $N \geq 0$ , где  $N$  – сила реакции рабочей кромки била. Воспользуемся принципом Даламбера, покажем все активные силы, силы реакции и силы инерции, действующие на элементарный концевой участок слоя длиной  $dx$ . Рассматриваемый участок совершает сложное движение: переносное (вместе с бильной планкой) и относительное (по кромке бильной планки). Барабан радиусом  $R$  вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Ширина бильной планки  $h$ , а радиус закругления ее рабочей кромки  $r$ .

Момент окончания взаимодействия пряжи с билем характеризуется углом  $\alpha$ . Угловая координата положения конца пряжи относительно центра кривизны рабочей кромки в момент отлета определяется углом  $\varphi$ . Масса элементарного участка слоя равна  $m = \gamma dx$ , где  $\gamma$  – линейная плотность пряжи (при ширине 1 м), кг/м.

На исследуемый участок пряжи действуют силы:  $F_e$  – переносная сила инерции:

$$\vec{F}_e = \vec{F}_e^n + \vec{F}_e^t.$$

При условии  $\omega = \text{const}$  угловое ускорение барабана  $\varepsilon = 0$ . Тогда

$$F_e^t = ma_e^t = mR\varepsilon = 0,$$

а

$$\vec{F}_e = \vec{F}_e^n = ma_e^n = \gamma dx \omega^2 R_1,$$

где  $R_1 \approx \sqrt{R^2 + h^2}$  (если  $r \ll R$ );  $F_r$  – относительная сила инерции:

$$\vec{F}_r = \vec{F}_r^n + \vec{F}_r^t,$$

где  $\vec{F}_r^n = ma_r^n = \gamma dx \frac{v_r^2}{r}$ ;  $\vec{F}_r^t = ma_r^t = \gamma dx \frac{dv_r}{dt}$ ;

$v_r = \frac{ds}{dt}$  – относительная скорость элементарного участка пряжи,  $s$  – расстояние от точки зажима до рабочей кромки бильной планки. Это расстояние, исходя из схемы, представленной на рис. 2 (условия зажима и взаимодействия пряжи с билем барабана), можно определить (если пренебречь величиной  $h$ ):

$$s = OA = \sqrt{R^2 + b^2 + d^2 - 2R\sqrt{b^2 + d^2} \cos(\omega t)}, \tag{1}$$

$$\omega t = \psi + \alpha, \tag{2}$$

$$\psi = \text{arctg}\left(\frac{d}{b}\right), \tag{3}$$

$b, d$  – координаты точки зажима пряди  $O$  относительно оси вращения барабана  $O_1$ .

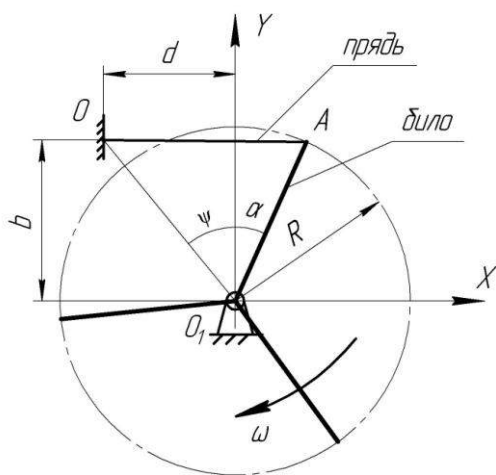


Рис. 2

Угол окончания взаимодействия пряди длиной  $L$  с поверхностью кромки била равен:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{R^2 + b^2 + d^2 - L^2}{2R\sqrt{b^2 + d^2}}\right) - \arctg\left(\frac{d}{b}\right). \quad (4)$$

Примем за начальное положение барабана момент, когда положение взаимодействующего с прядью била совпадает с линией центров  $OO_1$ .

Тогда прядь потеряет контакт с поверхностью била в момент времени  $t_1 = \frac{\alpha + \psi}{\omega}$ . С учетом этого относительная составляющая скорости запишется в виде:

$$v_r = \frac{\omega R \sqrt{b^2 + d^2} \sin\left(\alpha + \arctg\left(\frac{d}{b}\right)\right)}{\sqrt{b^2 + d^2 + R^2 - 2R\sqrt{b^2 + d^2} \cos\left(\alpha + \arctg\left(\frac{d}{b}\right)\right)}}.$$

$G$  – сила тяжести,  $\vec{G} = \gamma dx \vec{g}$ ,  
где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

$F_k$  – Кориолисова сила инерции:

$$F_k = 2\gamma dx \omega v_r.$$

$F_c$  – сила сопротивления воздуха:

$$F_c = c_1 \rho s \frac{v^2}{2},$$

где  $c_1$  – коэффициент сопротивления, зависящий от формы тела; в первом приближе-

нии примем  $c_1 = 0,5$ ;  $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ;  $v$  – скорость движения воздуха относительно выделенного элемента пряди, м/с. По модулю принимаем равной абсолютной скорости выделенного элемента пряди:

$$v = \sqrt{v_e^2 + v_r^2 - 2v_e v_r \cos(90 - \phi)};$$

$s$  – площадь лобового сопротивления,  $\text{м}^2$ . При ширине слоя  $\ell = 1 \text{ м}$ ,  $s = dx \ell = dx \cdot 1$ .

Спроецируем указанные силы на нормаль  $n$  и выразим силу реакции кромки  $N$ :

$$N = F_k - F_e \sin(\phi + \beta) - F_r^n - G \cos(90 - \alpha + \phi) + F_c \cos(\phi_1), \quad (5)$$

где  $\beta \approx \arctg\left(\frac{h}{R}\right)$ , (так как  $r \ll R$ );

$$\phi_1 = \frac{\pi}{2} - \arccos\left(\frac{v_r^2 + v^2 - v_e^2}{2v_r v}\right).$$

С целью выявления наиболее значимых параметров процесса и пряди, влияющих на отлет ее свободного участка в процессе трепания, исходя из указанных выше зависимостей, проведем процедуру их ранжи-

рования. Для этого используем план сочетания параметров  $2^7$ . Для каждого сочетания параметров этого плана по формуле (4) была определена сила реакции  $N$  кромки на прядь. В табл. 1 указаны принятые параметры и уровни их варьирования. Разведочные опыты и расчеты показали, что

параметр  $h$  и угловая координата положения конца пряди при отлете  $\varphi$  практически не влияют на величину  $N$ , по сравнению с другими параметрами, поэтому было решено в расчетном эксперименте ими не варьировать. Они приняты постоянными, а именно  $h = 0,05$  м,  $\varphi = 45^\circ$ .

Таблица 1

Параметры	Уровни параметров	
	нижний	верхний
Линейная плотность пряди $\gamma$ , кг/м	0,43	1,24
Длина горсти $L$ , м	0,4	0,6
Частота вращения барабана $n$ , мин <sup>-1</sup>	50	200
Радиус барабана $R$ , м	0,3	0,4
Вертикальная координата точки зажима $b$ , м	0,30	0,45
Горизонтальная координата точки зажима $d$ , м	0,30	0,45
Радиус закругления рабочей кромки бильной планки $r$	0,001	0,03

В качестве эффекта влияния исследуемых варьируемых параметров согласно табл. 1 принято значение  $N$ . Интервалы варьирования параметров  $\gamma$  и  $L$  были приняты с учетом реальных свойств материала и технических характеристик мяльно-трепального агрегата МТА-2Л. Значения остальных параметров – исходя из конструктивных особенностей исследуемой машины для облагораживания сырца. Статистическую обработку результатов проведенного расчетного эксперимента проводили, применяя программу Statistica 6.0, которая в конечном итоге позволила построить диаграмму, представленную на рис. 3 – ранжированный ряд исследуемых параметров.

Из диаграммы следует, что в наибольшей степени на отлет концевой участка пряди влияют радиус закругления рабочей кромки била и частота вращения барабана. Далее, но при меньшем влиянии, следуют параметры: линейная плотность пряди и радиус барабана. В наименьшей степени проявляются координаты закрепления пряди при трепании и длина обрабатываемой пряди.

По знаку величины эффекта можно рекомендовать желательный уровень анализируемых параметров. Так, для снижения вероятности отлета концевых участков пряди  $L$  и  $r$  целесообразно поддерживать на

верхних уровнях, а  $\gamma$ ,  $R$ ,  $n$ ,  $b$  и  $d$  – на нижних.

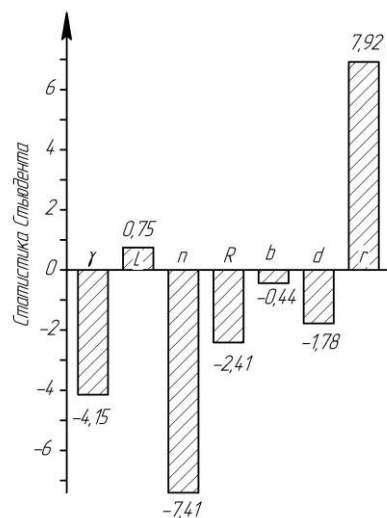


Рис. 3

Представляют интерес зависимости величины исследуемой силы реакции  $N$  от выявленных наиболее значимых параметров, а именно от радиуса закругления кромки и частоты вращения барабана. Результаты расчетов в виде графиков представлены на рис. 4. Рассмотрено два варианта, отличающиеся диаметром трепальных барабанов (рис. 4-а:  $R = 0,3$  м; рис. 4-б:  $R = 0,4$  м) при  $\gamma = 0,84$  кг/м;  $L = 0,5$  м;  $b = 0,38$ ;  $d = 0,38$ . Линейная плотность пряди  $\gamma$ , исходя из ее прямо пропорционального влияния на силу реакции кромки  $N$ , очевидно, будет влиять только

на величину силы реакции, не изменяя ее характер. Полученные результаты примечательны наличием условий обработки, при которых не происходит отрыва конце-

вого участка пряжи в процессе ее трепания. Это наблюдается при малой скорости вращения барабанов и при повышенном радиусе закругления кромки била.

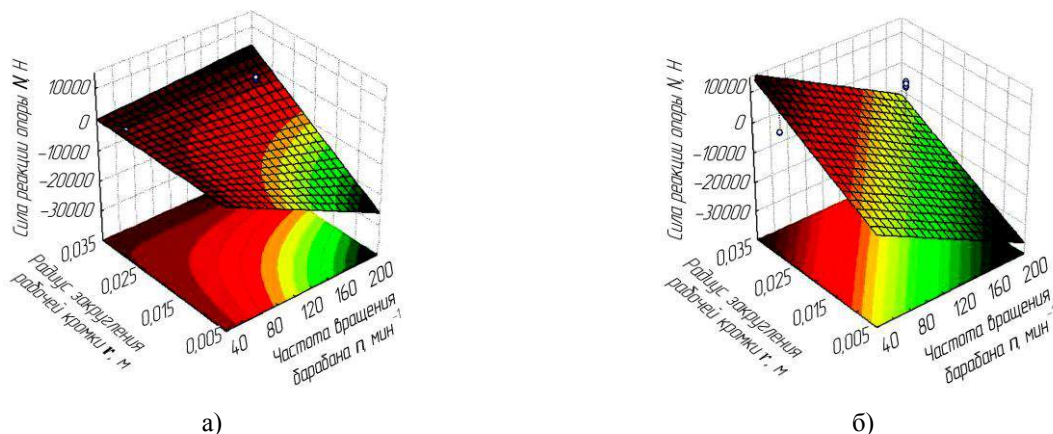


Рис. 4

Обращает на себя внимание различие степени влияния исследуемых параметров на  $N$  при разном диаметре трепальных барабанов. С увеличением  $R$  изменчивость  $N$  – больше. При этом вероятность отрыва концевого участка пряжи от поверхности била также возрастает.

метра барабанов приводит к отрыву пряжи от била, а также увеличивает варьирование силы реакции  $N$ .

## ВЫВОДЫ

## ЛИТЕРАТУРА

1. Определены условия движения пряжи при одностороннем трепании без ее отрыва от поверхности кромки била, определяющиеся величиной  $N$  – силы реакции рабочей кромки била на прядь. Установлено, что на величину  $N$  в наибольшей степени влияет радиус закругления била и частота вращения барабана.

1. Патент РФ № 2117082 кл. D 01 В 1/14, 5/00. Оpubл. 08.10. 1998. Способ получения длинного лубяного волокна и устройство для его осуществления / Смирнов Б.И., Смирнов А.Б., Смирнов В.Б., Сизов И.П., Астерин Э.П.

2. Первичная обработка лубяных культур: обмен производственно-техническим опытом – М. : Бюро технической информации легкой промышленности, 1959. (Предложение Шамакова В.Ф. С.19...20)

3. Сулов Н.Н. Исследование процесса трепания льна: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 1961.

4. Патент РФ № 2099447 кл. D 01 В 1/10. Оpubл. 20.12.1997. Способ получения длинного лубяного волокна и устройство для его осуществления / Смирнов Б.И., Новиков Э.В., Ипатов А.М., Смирнов А.Б.

5. Новиков Э.В. Обоснование параметров и характеристик малогабаритной трепальной машины: Дис... канд. техн. наук. – Кострома, 1998.

2. Повышение вероятности отрыва концевого участка пряжи от поверхности кромки била происходит при увеличении частоты вращения барабанов и снижении радиуса закругления кромки.

3. При неизменных частоте вращения трепальных барабанов и радиусе закругления рабочей кромки бил увеличение диа-

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 24.06.09.