

УДК 677.051

**ВЛИЯНИЕ РАДИУСА КРОМКИ БИЛЬНОЙ ПЛАНКИ
НА СИЛУ НАТЯЖЕНИЯ
В НАЧАЛЬНЫЙ МОМЕНТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БИЛА С ВОЛОКНОМ
В ПРОЦЕССЕ ТРЕПАНИЯ**

Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Э.В. НОВИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Известно, что уменьшение радиуса рабочей кромки улучшает процесс обескостривания, но в то же время быстрее происходит разрушение волокна [1]. Кроме того, снижение радиуса кромки приводит к возрастанию сил инерции и величины удельного давления кромок на материал [2].

Изучению влияния радиуса кромки на технологический эффект трепания (на силы натяжения, нормального давления, скорости, ускорения и др.) посвящены исследования [3...6] и другие. В них рассматривался сравнительно узкий интервал варьирования радиуса кромки била (0,5...3 мм). Это связано с тем, что при радиусе кромки свыше 3 мм процесс обескостривания замедляется, а при радиусе менее 0,5 мм волокно значительно повреждается.

Кроме того, скорости и ускорения, возникающие в процессе трепания, рассматривались при условии, что расстояние между точкой зажима волокна и точкой удара значительно больше, чем радиус кромки.

При разработке новых рабочих органов трепальных машин [7] необходимо проводить исследования процесса трепания при радиусах кромок более 3 мм.

Целью данной работы является изучение относительного движения волокна по билу, его относительного ускорения и сил натяжения волокна в процессе трепания рабочими кромками большого радиуса (3 мм и выше).

В [8] рассматривалось ускорение волокна в относительном движении по рабо-

чей кромке (относительное ускорение), а также силы натяжения в процессе трепания, однако рабочая кромка представлена кромкой, не имеющей радиуса.

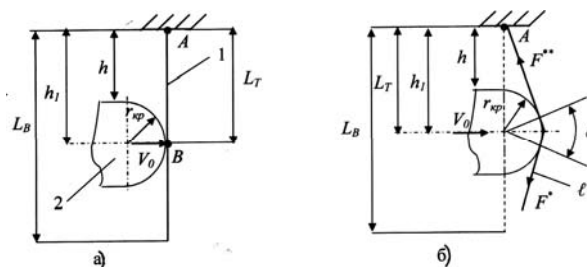


Рис. 1

На рис. 1-а изображена схема взаимодействия волокна с рабочей кромкой, имеющей радиус $r_{кр}$, где 1 – волокно; 2 – рабочая кромка бильной планки; h – расстояние от зажима до траектории движения кромки; h_1 – расстояние от зажима волокна до центра рабочей кромки; $h_1 = h + r_{кр}$.

На рис. 1-б показана схема взаимодействия, когда волокно охватило кромку, где F^{**} – сила натяжения волокна в верхней части пряди, то есть в сечении сбегания волокна с кромки; F^* – сила натяжения волокна в нижней части пряди (в сечении набегания волокна на кромку); α – угол охвата рабочей кромки волокном.

Рассмотрим взаимодействие на малом участке траектории в начальный момент времени. Будем считать, что рабочая кромка бильной планки движется перпендикулярно волокну.

Ускорение волокна в относительном движении, когда рабочая кромка не имеет

радиуса [8, с.24], выражается зависимостью

$$a_{\text{отн}} = \frac{V_0^2 h^2}{\left(\sqrt{h^2 + V_0^2 t^2}\right)^3}, \quad (1)$$

где V_0 – скорость движения рабочей кромки; t – время движения.

Значение относительного ускорения волокна по выражению (1) в начальный момент времени при $t=0$ будет максимальным (a_{max}):

$$a_{\text{max}} = \frac{V_0^2}{h}. \quad (2)$$

Заметим, что (1) из [8] соответствует случаю, когда $r_{\text{кр}} \ll h$.

Для схемы взаимодействия на рис.1-а, где в точке В приложена кромка, зависимость (1) можно записать в следующем виде:

$$a_{\text{отн}} = \frac{V_0^2 h_1^2}{\left(\sqrt{h_1^2 + V_0^2 t^2}\right)^3} = \frac{V_0^2 (h + r_{\text{кр}})^2}{\left(\sqrt{(h + r_{\text{кр}})^2 + V_0^2 t^2}\right)^3}. \quad (3)$$

Выражение (3) соответствует случаю, когда $r_{\text{кр}} \geq h$. Из (3) видно, что если $h = \text{const}$, то относительное ускорение будет зависеть от радиуса кромки бильной планки и тогда максимальное значение относи-

тельного ускорения определится по зависимости

$$a_{\text{max}} = \frac{V_0^2}{h + r_{\text{кр}}}. \quad (4)$$

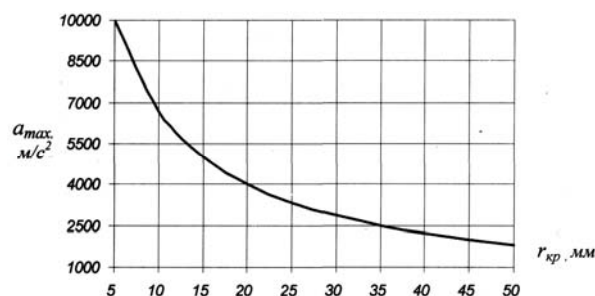


Рис. 2

На рис.2 представлен график изменения максимального относительного ускорения волокна в зависимости от радиуса кромки $r_{\text{кр}}$ (рис.1-а), рассчитанного по выражению (4) при $V_0=10\text{м/с}$, $h=0,005\text{ м}$.

На основе анализа рис. 2 заключаем, что радиус кромки влияет на относительное ускорение волокна в начальный момент времени; наибольшее влияние радиуса на ускорение (при принятых исходных данных) наблюдается в интервале его варьирования 5...20 мм.

Представляет интерес изучение натяжения волокна в верхней части пряжи F^{**} (рис. 1-б) в зависимости от радиуса кромки бильной планки. Используя результаты из [8] о натяжении волокна в верхней его части с учетом радиуса кромки, силу F^{**} можно определить из выражения:

$$F^{**} = \rho(L_B - L_T) \frac{V_0^2 h_1^2}{\left(\sqrt{h_1^2 + V_0^2 t^2}\right)^3} e^{\mu\alpha} = \rho(L_B - h - r_{\text{кр}}) \frac{V_0^2 (h + r_{\text{кр}})^2}{\left(\sqrt{(h + r_{\text{кр}})^2 + V_0^2 t^2}\right)^3} e^{\mu\alpha}, \quad (5)$$

где ρ – линейная плотность волокна; L_B – длина волокна, свисающего в зону обработки; L_T – длина волокна, контролируемая билком (из рис. 1-а: $L_T = h_1 = h + r_{\text{кр}}$);

μ – коэффициент трения волокна по рабочей кромке; α – угол охвата рабочей кромки волокном.

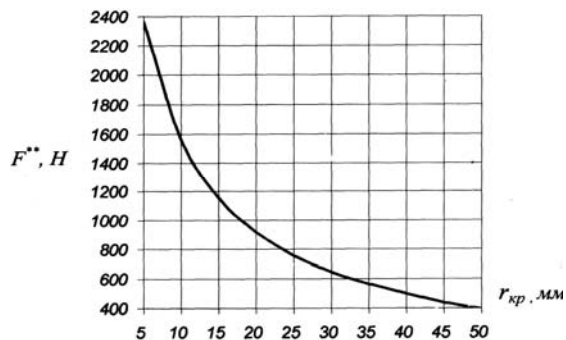


Рис. 3

На рис. 3 показана зависимость изменения максимального натяжения волокна в верхней части пряжи в начальный момент нагружения, то есть при $t=0$, найденном с помощью (5) при условии $r_{кр} \geq h$ (рис. 1).

Для расчета приняты следующие значения параметров: $V_0=10$ м/с; $h=0,005$ м; $\rho=0,4$ кг/м; $L_B=0,6$ м.

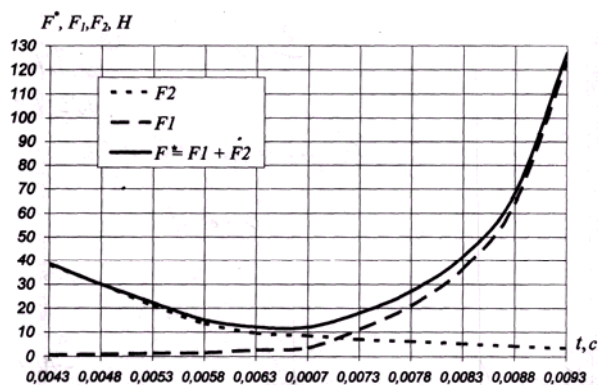


Рис. 4

Радиус кромки от 5 до 20 мм оказывает существенное влияние на силу натяжения волокна в начальный момент взаимодействия (рис.4). В этом интервале происходит интенсивное снижение натяжения, что важно в начале взаимодействия волокна с кромкой била. При увеличении радиуса кромки свыше 20 мм снижение сил натяжения замедляется.

Следует отметить, что нами рассматривается натяжение волокна исключительно в начальный период взаимодействия при значительных перемещениях бильной планки. При расчете силы натяжения следует учитывать также влияние центробежных сил от вращения нижней части пряжи волокна при ее захлестывании [6].

Расчет силы натяжения в нижней части пряжи волокна F^* (в сечении набегания его на рабочую кромку) для однородного по линейной плотности волокна проведем согласно [6, с. 42], то есть:

$$F^* = F_1 + F_2, \quad (6)$$

где F_1 – сила натяжения волокна в зависимости от центробежных сил при вращении захлестываемого участка волокна; F_2 – сила натяжения волокна, соответствующая силе инерции в относительном движении волокна по кромке бильной планки.

Для расчета F_1 и F_2 примем следующие исходные данные: обрабатывается комлевая часть волокна массой $m = 1,81$ г; $V_0=8$ м/с; $h=0,005$ м; $r_{кр}=0,005$ м.

Угловую скорость вращения пряжи $\dot{\phi}$ определяли согласно [9], то есть по зависимости

$$\dot{\phi} = \dot{\phi}_0 e^{\frac{3}{\ell} V_0 t}, \quad (7)$$

где $\dot{\phi}_0$ – угловая скорость вращения пряжи в начальный период взаимодействия ее с кромкой била; ℓ – длина захлестываемого участка пряжи.

Результаты расчета представлены на рис.4, где показано изменение сил натяжения F^* , F_1 и F_2 во времени.

Из рис. 4 следует, что сила натяжения в сечении набегания волокна на кромку F^* (в нижней части волокна) сначала снижается, а затем существенно повышается. Наибольшее влияние на силу F^* оказывает натяжение от центробежных сил при вращении захлестываемого участка F_1 .

Сила F_2 заметно влияет на силу F^* , но только в начале процесса захлестывания, чем объясняется снижение натяжения волокна в интервале времени от 0,0043 до 0,007 с. Время, равное 0,0093 с, соответствует углу захлестывания волокна 90° [9]. При угле захлестывания, большем 90° , вероятность возникновения опасного захлестывания возрастает, поэтому значение натяжения $F^*=127$ Н является максимально допустимым для данных интервалов варьирования параметров процесса.

1. На основании проведенных исследований установлено, что с увеличением радиуса основной рабочей кромки била относительное ускорение и силы натяжения волокна (в начальный период взаимодействия) снижаются при условии, когда радиус рабочей кромки больше или равен расстоянию от зажима волокна до траектории движения бильной планки. Наибольшее снижение относительного ускорения и натяжения волокна происходит в интервале варьирования радиуса рабочей кромки от 5 до 20 мм.

2. Сила натяжения волокна в нижней части пряжи (в сечении набегания волокна на кромку) сначала снижается, затем повышается. Наибольшее влияние на общую силу натяжения волокна в сечении его набегания на кромку оказывает сила натяжения от центробежных сил при вращении захлестываемого участка волокна, которая в начале процесса имеет низкие значения, а к концу – существенно возрастает.

1. Марков В.В., Суслов Н.Н. и др. Первичная обработка лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974.
2. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур: Учебное пособие. – М.: Легпромиздат, 1989.
3. Суслов Н.Н. Исследование процесса трепания льна: Дис...докт. техн. наук. – М., МТИ, 1961.
4. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л. Развитие теории процесса трепания льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2004.
5. Вихарев С.М. Совершенствование конструкции и технологических параметров машины для трепания льна: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2003.
6. Разин С.Н., Пашин Е.Л. Теоретические основы совершенствования механической модификации льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2005.
7. Заявка на предполагаемое изобретение № 112963/12 от 28.04.05. Трепальный барабан для очистки лубоволокнистых материалов / Корабельников Р.В., Новиков Э.В.-2005.
8. Корабельников Р.В., Корабельников А.Р. Взаимодействие рабочего органа с волокном в процессе очистки // Вестник КГТУ. – 1999, №1.
9. Корабельников Р.В., Новиков Э.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №6.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 01.11.05.