

УДК 677. 11.620

ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРЯДЕЙ ЛЬНОСЫРЦА НА СИЛУ НАТЯЖЕНИЯ ПРИ ТРЕПАНИИ

С.М. ВИХАРЕВ, А.Б. ЛАПШИН, Е.Л. ПАШИН

**(Костромской государственной технологической университет,
Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур)**

Одна из причин образования отходов при трепании льна – разрушение технического волокна в начальных зонах трепальной машины. Это может происходить, например, вследствие контактного взаимодействия кромки била с прядями сырца [1]. При поперечной локальной деформации прядей высока вероятность образования разрушений волокна, так как формиру-

ющееся давление на него со стороны кромки била максимально [2].

В силу этих причин исследование влияния упомянутой поперечной деформации на характер нагружения пряди представляет практический интерес. Особое внимание при этом следует уделять учету сил натяжения пряди при трепании.

Для построения модели взаимодейст-

вия в соответствии с [2, 3] сформулируем следующие основные допущения и ограничения: считаем, что слой сырца согласно [4] состоит из сплошного материала определенной плотности; будем рассматривать слой шириной 1 см с изменяющимися по длине пряжи толщиной и линейной плотностью; депланацией (искривлением) плоскости нормального поперечного сечения слоя, а также изменением координаты центра масс элементарного участка слоя за счет его поперечной деформации пренебрегаем (то есть предполагаем, что эта координата соответствует середине сжатого слоя); также пренебрегаем взаимосвязью между поперечной и продольной деформациями слоя на рабочей кромке.

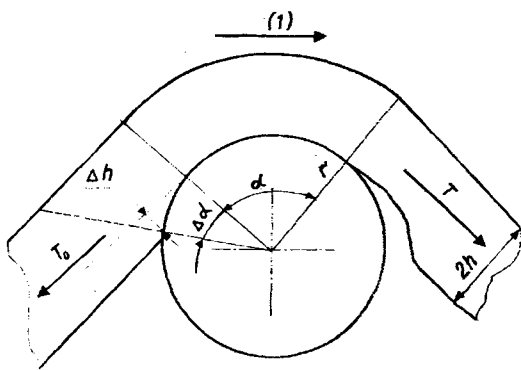


Рис. 1

Рассмотрим схему взаимодействия пряжи сырца с кромкой била трепального барабана (рис.1). Пусть нерастяжимый сжимаемый слой сырца ($2h$ – толщина несжатого слоя) движется, огибая неидеально гладкую рабочую кромку с закруглением по радиусу r . В условиях рассматриваемого взаимодействия кромка будет вдавливаться в слой волокна. Учитывая, что это будет происходить при относительном перемещении (рис.1), перед кромкой может образовываться так называемый нагон волокон (аналог [5]), который будет являться причиной локализации в зоне контакта напряжений и, как следствие, разрушений в обрабатываемых пряжах [6].

Для упрощения анализа будем считать, что изменение напряженного состояния за счет упомянутого нагона происходит вследствие образуемого в результате поперечной деформации величиной Δh допол-

нительного угла охвата $\Delta\alpha$ (рис.1). Принимаем, что нагон (а следовательно, и дополнительный угол охвата) образуется только перед цилиндром, что подтверждается результатами экспериментов.

Пусть Δh в зоне контакта является максимальной. Исходя из геометрической интерпретации взаимодействия волокна с кромкой (рис.1.), получим следующие зависимости полного угла охвата от величины Δh :

$$\alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha,$$

$$\Delta\alpha = \arccos\left(\frac{r - \Delta h}{r}\right), \quad (1)$$

где α – полный угол охвата кромки пряжью, учитывающий поперечную деформацию материала; α_0 – угол охвата, образовавшийся за счет угла между сбегающей и набегающей ветвями пряжи; $\Delta\alpha$ – дополнительный угол охвата, обусловленный поперечной деформацией.

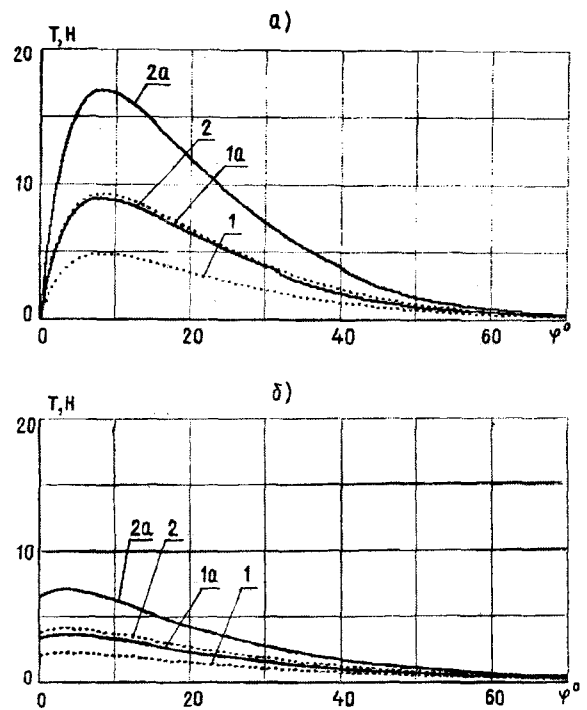


Рис. 2

Используя методику расчета величины поперечной деформации из [2] и выражения (1), определим величину добавочного угла $\Delta\alpha$ в зависимости от угла φ поворота

барабана от точки начала взаимодействия с прядью. В результате получим, что максимальное значение $\Delta\alpha$ формируется при углах поворота била 5...15° (рис.2). Его значение в основном зависит от толщины слоя и частоты вращения барабанов. С учетом этого $\Delta\alpha$ может достигать величины 80°.

$$T = T_0 e^{k\alpha} - \mu v^2 (e^{k\alpha} - 1) + \mu(r+h) \left(w_k - \frac{w_r^t}{a} \right) (e^{k\alpha} - 1) - \frac{\mu k_0 r w_e^n}{1+k^2} (e^{k\alpha} - \cos \alpha - k \sin \alpha) - \frac{\mu(r+h) w_e^n}{1+k^2} (k e^{k\alpha} - k \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (2)$$

где T_0 – сила натяжения в ведомой ветви; v – относительная скорость слоя на кромке; k_0 – коэффициент трения; $k = \frac{k_0 r}{r+h}$; w_k – ускорение Кориолиса; μ – масса единицы длины слоя; w_r^t , w_r^n – касательная и нормальная составляющие относительного ускорения; w_e^t , w_e^n – касательная и нормальная составляющие переносного ускорения слоя [8].

На рис. 2 представлены зависимости сил натяжения T при отсутствии поперечной деформации (пунктирные линии) и с ее учетом (сплошные линии), полученные для разных частот вращения трепального барабана: 250 об/мин (кривые 1 и 1-а) и 350 об/мин (кривые 2 и 2-а), а также для разной толщины слоя: 5 мм (а) и 1 мм (б). Проанализировав их, заключаем, что наибольшие силы натяжения формируются в начальных зонах трепальных секций.

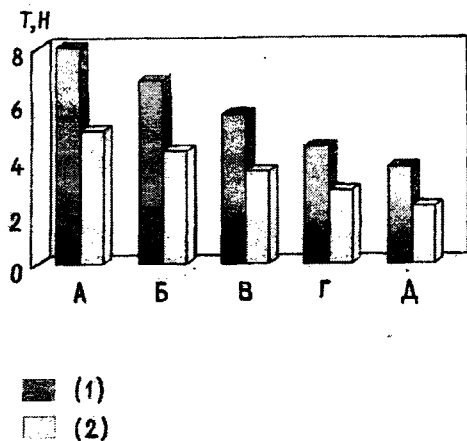


Рис. 3

На основе полученной зависимости для определения $\Delta\alpha$ с учетом [2] и [7] можно при наличии поперечной деформации рассчитать силы натяжения T пряди:

Представляет интерес расчет сил натяжения в разных зонах по длине трепального барабана, результаты которого приведены на рис.3 в виде гистограммы максимальных значений сил натяжения по пяти зонам длины трепального барабана. В расчетах использовано допущение, что по длине барабана его радиус не изменяется, максимальная относительная деформация от сжатия не зависит от толщины слоя, то есть ее значения во всех пяти анализируемых зонах постоянны.

Анализ показал, что в начальной зоне (при наибольшей толщине слоя 5 мм) прибавка к силе натяжения наибольшая и составляет около 3,1 Н. При толщине 1 мм – величина прибавки составила 1,45 Н. Данные результаты в определенной степени объясняют причины образования наибольшего объема отходов именно в начальных зонах трепальных машин.

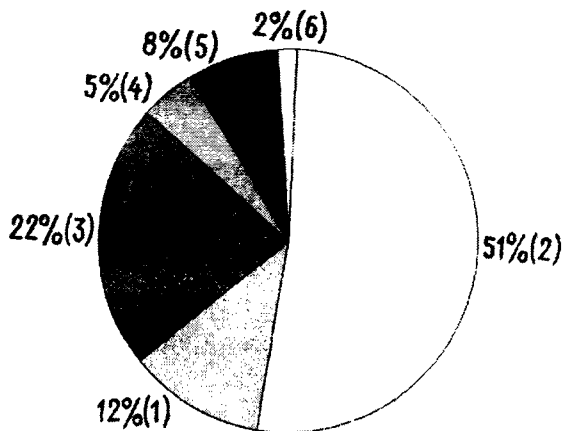


Рис. 4

На основе полученных зависимостей проведена оценка доли влияния скорости вращения барабана, толщины слоя и радиуса закругления кромки била на прирост силы натяжения пряжи (рис.4). При этом использовали методику дисперсионного анализа.

Выявлено наиболее существенное влияние на величину силы натяжения пряжи толщины обрабатываемого слоя, радиуса рабочей кромки и скорости вращения барабана (51, 22 и 12% соответственно). Влияние межфакторных взаимодействий толщины слоя со скоростью вращения барабана и толщины слоя с радиусом оказалось равным 5 и 8% соответственно. Прочие факторы оказывают влияние на прирост T с долей около 2 %.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что поперечная деформация льняных пряжей в местах соприкосновения их с билем трепального барабана приводит к росту силы натяжения последних до 50%. Это наблюдается в начальных зонах трепальной машины при обработке льняного сырца. Наибольший прирост силы натяжения формируется при углах поворота барабана 5...15°.

2. Толщина слоя, радиус рабочей кромки и скорость вращения барабана оказы-

вают существенное влияние на прирост сил натяжения пряжи льносырца при трепании (51, 22 и 12 % соответственно).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пашин Е.Л.* О причинах образования отходов при трепании льна. Деп. В ГНТБ Украины. – 1995. №1796. С.5.

2. *Вихарев С.М., Лапшин А.Б., Пашин Е.Л.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №1. С.21...24.

3. *Суслов Н.Н.* Исследование процесса трепания льна: Дис.... докт. техн. наук. – Кострома: КТИ, 1961.

4. *Кузнецов Г.К., Савиновский В.И., Лихачева Т.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1984, №5. С.12...13.

5. *Проталинский С.Е.* Развитие теории и вопросы приложения механики нити к задачам текстильной технологии: Дис.... докт. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 1999.

6. *Пашин Е.Л.* Основы инструментальной оценки технологического качества стеблей и волокна конопля: Дис.... докт. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 1991.

7. *Лапшин А.Б., Пашин Е.Л.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №4. С.13...17.

8. *Ипатов А.М.* Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 28.05.02.