

УДК 677.11.620

**ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРЯДИ СЫРЦА
НА СТЕПЕНЬ ЕЕ НАГРУЖЕНИЯ ПРИ ТРЕПАНИИ***С.М. ВИХАРЕВ, А.Б. ЛАПШИН, Е.Л. ПАШИН***(Костромской государственной технологической университет,
Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур)**

Поперечная деформация текстильного материала при его взаимодействии с рабочими органами машин может приводить к изменению параметров, характеризующих эффективность технологического процесса [1,2]. Сложность моделирования эффектов поперечного деформирования текстильных материалов в контактных задачах предопределяет использование численных методов [3,4].

К специфическим особенностям процесса трепания льна относятся структурные и физические свойства обрабатываемого материала: слой льняного сырца состоит из не связанных друг с другом комплексов технических волокон. Поэтому установление в данном случае взаимосвязи между нормальными и касательными нагрузками в материале (в соответствии с положениями теории упругости) является чрезвычайно сложной задачей, так как при контакте с рабочими кромками била в слое происходит перемещение волокон как по длине пряжи, так и по толщине и ширине слоя. Усложняет задачу и комплекс динамических явлений на кромках (в частности, влияние сил инерции и эффектов высокоскоростного скользящего изгиба, определяющих эффективность процесса трепания). В таких условиях неопределенности применение численных методов моделирования приводит к дополнительным трудностям при обеспечении условия адекватности получаемых моделей реальным процессам.

Цель данной работы – получить аналитические зависимости для оценки поперечной деформации слоя льняного сырца на кромке била и изучить ее влияние на силы нормального давления на пряжу сырца при взаимодействии с билем трепального барабана.

Для построения модели взаимодействия, следуя [5], сформулируем следующие основные допущения и ограничения.

1. Гипотеза сплошности – условно считаем, что слой сырца состоит из сплошного вещества определенной плотности. Рассмотрим слой шириной $b=1$ см с изменяющимися по длине пряжи толщиной и линейной плотностью.

2. Деформацией (искривлением) плоскости нормального поперечного сечения слоя пренебрегаем.

3. Изменение координаты центра масс элементарного участка слоя за счет его поперечной деформации не учитываем, то есть предполагаем, что эта координата соответствует середине сжатого слоя.

4. Взаимосвязью поперечной и продольной деформациями слоя на рабочей кромке (в силу указанных выше специфических особенностей процесса трепания льняного сырца) пренебрегаем.

5. Будем считать, что абсолютная величина деформации по всей зоне контакта в каждый момент времени постоянна.

Сформулированные допущения позволяют использовать вывод из [6, с.319...320] для расчета силы натяжения.

В целях простоты изложения приведем основные зависимости для случая неподвижной цилиндрической поверхности. Пусть абсолютно гибкий нерастяжимый сжимаемый слой сырца движется по закону $S(t)$ ($2h$ – толщина несжатого слоя), огибая неидеально гладкое неподвижное цилиндрическое тело диаметром $2r$ в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра, а

$$T = T_0 \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h-\Delta h}\right) + \mu \left[\frac{a(r+h-\Delta h)}{kr} - V^2 \right] \left(\exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h-\Delta h}\right) - 1 \right), \quad (1)$$

где T_0 , T – сила натяжения ведомой и ведущей ветви; k – коэффициент трения; α – угол охвата; μ – линейная плотность пряжи.

$$N = \left(\frac{T_0 - \mu V^2}{r+h-\Delta h} + \frac{\mu a}{k} \right) \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h-\Delta h}\right) - \frac{\mu a}{k}. \quad (2)$$

Кроме перечисленных выше допущений сформулируем еще одно: пусть между приращением напряжения $\Delta\sigma$ за счет сжатия слоя и относительной деформацией $\epsilon = (\Delta h/h)$ существует соотношение

$$\Delta\sigma = \frac{(N - N_0)\alpha r}{F} = E \left(\frac{\Delta h}{h} \right)^u, \quad (3)$$

где F – площадь поверхности контакта; $F = b\alpha r$; E , u – экспериментально опреде-

абсолютная деформация слоя вдоль всей зоны контакта составляет $2\Delta h$. Выберем произвольный момент времени t , когда слой имеет скорость $v = dS(t)/dt$ и ускорение $a = d^2S(t)/dt^2$ на участке, соприкасающемся с цилиндром.

Тогда [6]:

Аналогично, следуя [7, с. 102...104], можно показать, что нормальная реакция поверхности

ляемые параметры; N_0 – нормальная реакция поверхности кромки без учета сжатия, то есть вычисленная по формуле (2) при $\Delta h = 0$.

Тогда из (3) следует

$$N = N_0 + bE(\Delta h/h). \quad (4)$$

Подставляя (4) в (2), получаем неявное уравнение относительно Δh :

$$\left(\frac{T_0 - \mu V^2}{r+h-\Delta h} + \frac{\mu a}{k} \right) \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h-\Delta h}\right) - bE \left(\frac{\Delta h}{h} \right)^u - \left(\frac{T_0 - \mu V^2}{r+h} + \frac{\mu a}{k} \right) \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h}\right) = 0. \quad (5)$$

Итак, определяя из (5) Δh , по формулам (1) и (2) найдем T , N .

Выражения (1...5) получены для случая неподвижной цилиндрической поверхности.

Рассмотрим теперь взаимодействие пряжи ABC (рис. 1) с биллом OD трепального барабана. Здесь прядь сырца участвует в относительном и переносном движении. Силу натяжения T в зависимости от угла поворота барабана φ (рис. 1) вычислим по формуле

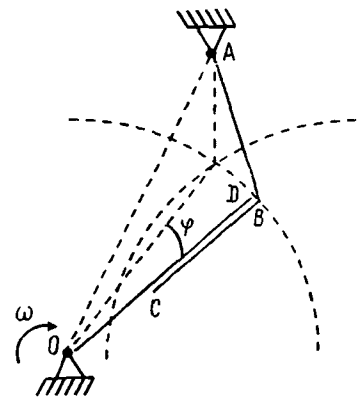


Рис. 1.

$$T(\varphi) = T_0 \exp(a\alpha) - \mu V^2 (\exp(a\alpha) - 1) - \mu(r+h-\Delta h) \left(W_K - \frac{W_r^t}{a} \right) (\exp(a\alpha) - 1) - \frac{\mu k r W_e^n}{1+a^2} (\exp(a\alpha) - \cos \alpha - a \sin \alpha) - \frac{\mu(r+h-\Delta h) W_e^n}{1+a^2} (a \exp(a\alpha) - a \cos \alpha - \sin \alpha), \quad (6)$$

где $a = kr/(r+h-\Delta h)$; α – угол охвата пряжей рабочей кромки D (рис. 1); T_0 – сила натяжения пряжи за счет подбильной решетки; W_K – ускорение Кориолиса; W_r^t – касательная составляющая относительного ускорения пряжи на рабочей кромке; W_e^n – нормальная составляющая переносного

ускорения. Величины α , T_0 , V , W_K , W_r^t , W_e^n являются функциями угла поворота барабана φ , описание методики расчета которых здесь не приводится.

Тогда силу нормального давления поверхности рабочей кромки на пряжу сырца определим с помощью выражения

$$N(\varphi) = \frac{T(\varphi)}{(r+h-\Delta h)} + \mu(W_K - W_e^n - W_e^n \sin \alpha), \quad (7)$$

где W_e^n – нормальная составляющая относительного ускорения.

Для проведения расчетов по формулам (6), (7) с применением описанной выше методики получения и решения неявного

относительно Δh уравнения из эксперимента получены эмпирические параметры: $E=4,09 \cdot 10^6 \text{ Н/М}^2$; $\mu=3,45$.

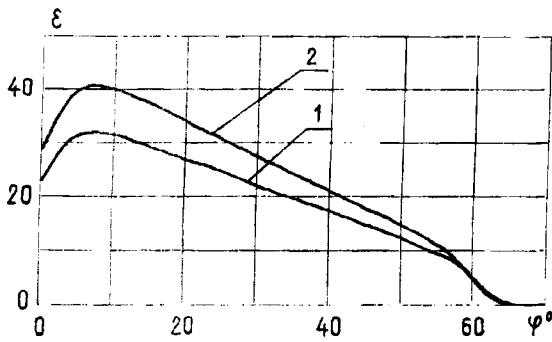


Рис.2

с использованием данных параметров получена зависимость (рис.2) относительной деформации ϵ от угла поворота φ барабана для разных скоростей его вращения (кривая 1 – 250 об/мин; 2 – 350 об/мин).

На рис.3 представлены зависимости $N(\varphi)$ без учета поперечной деформации (сплошные линии) и с ее учетом (пунктирные линии). Причем эти зависимости получены для разных частот вращения трепального барабана: 250 об/мин (кривые 1 и 1-а) и 350 об/мин (кривые 2 и 2-а).

Анализ данных кривых позволил

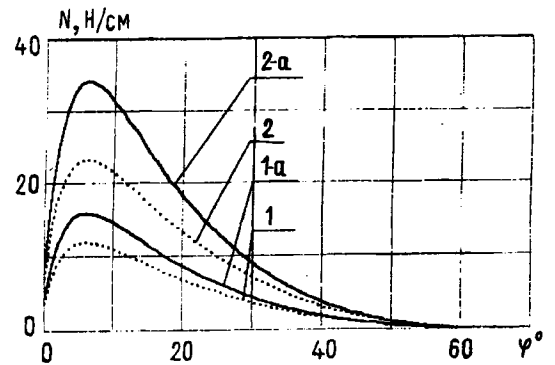


Рис.3

заключить, что наибольшая относительная деформация, равно как и сила давления, формируется на начальных этапах взаимодействия пряжи с кромкой била барабана. На величину прироста силы давления ΔN влияние оказывает частота вращения барабанов. Так, при частоте вращения 350 об/мин на начальных этапах трепания ΔN может достигать 60%.

Полученные аналитические модели позволили также установить величину влияния на исследуемые величины толщины

слоя 2h при условии $\epsilon, \gamma = \text{const}$. Оказалось, что при увеличении толщины слоя сырца в 3 раза (реально встречающаяся ситуация при трепании льна) прирост силы давления в среднем для разной частоты вращения барабанов составляет 50...60 %.

С точки зрения формирования технологического эффекта при трепании полученные результаты имеют принципиальное значение. Суть состоит в том, что одной из важнейших причин формирования отходов при трепании является нарушение целостности длиноволокнистых комплексов в результате контактного взаимодействия обрабатываемых пряжей с кромкой била. Поэтому увеличение сил давления на материал за счет возникновения поперечных деформаций слоя бесспорно будет приводить к росту отходов трепания. В наибольшей степени это наблюдается в начале процесса трепания при повышенной скорости перемещения пряжи на кромке вблизи ее зажима.

ВЫВОДЫ

1. На основе предложенной методики расчета силы давления на кромку била с учетом их поперечной деформации установлено, что величина ее прироста зависит от толщины пряжей, относительной скорости пряжи на кромке и от расстояния зоны контакта до точки зажима.

2. Поперечная деформация слоя пряжей на кромке била может приводить к росту сил давления до 60%.

3. При обосновании новых конструкций трепальных барабанов следует обращать внимание на технические решения, обеспечивающие снижение поперечной деформации пряжи при ее взаимодействии с кромкой била.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильченко В.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1977, №3. С.55...59.
2. *Васильченко В.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №6. С. 47...49.
3. *Проталинский С.Е.* Развитие теории и вопросы приложения механики нити к задачам текстильной технологии: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, КГТУ, 1999.
4. *Проталинский С.Е.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №3. С.82...85.
5. *Мизушов И.И.* Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.
6. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
7. *Щедров В.С.* Основы механики гибкой нити. – М.: Машгиз, 1961.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 21.09.01.