

УДК 677.11.051.151.254

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ
ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ В ПРОЦЕССЕ МЯТЬЯ**

В.А. ДЬЯЧКОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Стеблевой слой льняной тресты, поступающий в мьяльную машину мьяльно-трепального агрегата, представляет собой полиморфную, ортотропную, упругопластичную при сжатии структуру, организованную по случайно-вероятностным законам. Изменчивой как во времени (по длине слоя), так и по длине стебля является, в частности, линейная плотность слоя. Это свойство обрабатываемого материала создает условия для возникновения в системе нижний валец – стеблевой слой – верхний валец динамических нагрузок, которые при определенных условиях могут оказаться разрушительными для волокон стебля.

Кроме того, для процесса мьятья характерно периодическое воздействие рифлей верхнего и нижнего вальцов на обрабатываемый материал. При таких воздействиях в системе нижний валец – стеблевой слой – верхний валец возникают периодические динамические нагрузки, которые в значительной степени определяются такими характеристиками, как жесткость стеблей слоя на изгиб, сжатие, коэффициент демпфирования. Назовем их динамическими характеристиками стеблевого слоя.

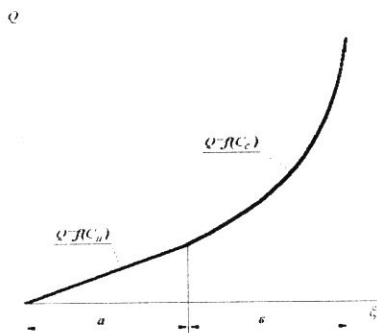


Рис. 1

При анализе динамических явлений процесса мьятья необходимо учитывать, что жесткость стеблевого слоя для одной и той же мьяльной пары может существенно изменяться в процессе технологических воздействий вальцов в зависимости от толщины обрабатываемого материала.

Эту зависимость можно проиллюстрировать графиком, представленным на рис.1, где показано изменение усилия воздействия на стеблевой слой Q со стороны рабочих органов от толщины слоя ξ .

Участок графика а описывает чистый изгиб стеблей слоя по схеме, показанной на рис. 2-а. Для этого участка $Q = c_n i$, где i – деформация изгиба стебля (глубина захождения рифлей $0 < i < i_{изл}$ $i_{изл}$ – глубина захождения рифлей, при которой стебель изламывается); c_n – жесткость слоя; функция $c_n = f(\xi)$ линейна.

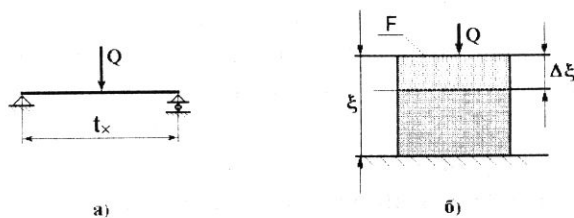


Рис. 2

При дальнейшем увеличении толщины слоя – в случае $\xi > \delta$ (где δ – минимальный зазор между рифлеными поверхностями вальцов в поле мьятья) будет наблюдаться поперечное обжатие слоя. Эту ситуацию характеризует участок в кривой на рис.1 и рис. 2-б, для которого $Q = c_c \Delta \xi$, где c_c – жесткость слоя при сжатии.

Жесткость слоя на изгиб c_n определяет реакцию стеблевого слоя на деформацию изгиба. Для схемы, показанной на рис. 2-а:

$$c_{и} = 48K \frac{EI}{(t_x / \sin \beta)^3}, \quad (1)$$

где K – коэффициент, учитывающий сопротивление, возникающее при прогибе стебля от перемещения (скользящего изгиба стебля) по кромке рифли. Его значение зависит от свойств обрабатываемого материала, в частности, от коэффициента трения, толщины слоя. Проведенные исследования показали, что при отсутствии поперечного обжатия слоя силы сопротивления от скользящего изгиба стебля на кромке примерно в два раза увеличивают усилие деформации стебля при его промине; E – приведенный модуль упругости обрабатываемого материала; EI – приведенная изгибная жесткость сечения стеблевого слоя, которую приближенно можно определить из выражения

$$EI = k \sum_1^N EI_1 = kNEI_1.$$

Здесь I_1 – момент инерции сечения стебля; k – коэффициент, учитывающий несинхронность приложения нагрузки к стеблям слоя, $k < 1$; N – количество стеблей в сечении слоя, одновременно подвергающихся излому – его можно найти с помощью формулы $N = \alpha \frac{L_B}{d_{ст}} = \frac{1000L_B q}{m_{1000}}$ (L_B – длина вальца (ширина слоя); q – линейная плотность слоя; α – коэффициент загрузки; m_{1000} – масса тысячи стеблей); t_x – шаг рифления вальца по хорде:

$$t_r = \frac{\pi D}{Z},$$

где D – диаметр вальца по вершинам; Z – число рифлей на вальце; β – угол наклона стеблей к осям мьяльных вальцов.

Тогда

$$c_{и} = 48 \frac{1000kL_B q Z^3 EI_1}{m_{1000} (\pi D)^3}.$$

Жесткость слоя на сжатие c_c определяет реакцию стеблевого слоя Q на деформацию поперечного обжатия $\Delta \xi$. По схеме, изображенной на рис. 2-б:

$$c_c = \frac{Q}{\Delta \xi} = E \frac{F}{\xi},$$

где ξ – толщина сплющенного стеблевого слоя; F – площадь контакта вальца со слоем.

Величина $c_c = f(\Delta \xi)$ существенно нелинейна, что объясняется морфологией слоя и стебля. В начале обжатия величина c_c невелика. Ортотропная структура слоя выравнивается поперечным смещением стеблей. С увеличением давления стебли будут сплющены и слой будет вести себя как пористая структура, в которой размер поры (пространство между стеблями) будет определять ее жесткость на сжатие.

При устранении пустот между стеблями жесткость слоя будет определяться упругими свойствами материала стебля. При динамическом анализе явлений в мьяльной паре будем принимать во внимание максимально большое значение c_c , определяемое толщиной ξ сплющенного стеблевого слоя и модулем упругости E материала стебля.

Отметим, что для мьяльной пары $c_c > c_{и}$. При переходе воздействий изгиба стеблевого слоя в воздействия поперечного обжатия жесткость стеблевого слоя будет изменяться от $c_{и}$ до c_c . При этом для детерминации значений жесткости слоя использован коэффициент K в формуле (1), который будет изменяться от $K=2$ при изгибе до $K = c_{и} / c_c$ при сжатии слоя.

Коэффициент демпфирования b . При динамическом анализе процесса мьятия необходимо учитывать факторы, обуславливающие затухание колебательных процессов в системе нижний валец – стеблевой слой – верхний валец. В мьяльной паре к таким факторам относятся демпфирующие свойства стеблевого слоя и самих звеньев механизма.

Демпфирующие свойства звеньев механизма обусловлены так же, как и для стеблевого слоя – диссипацией энергии

осцилляций за счет сил трения и вязкопластичных свойств материалов и зависят от их конструктивного исполнения. Демпфирующие свойства характеризуются коэффициентом демпфирования b .

Этот коэффициент определяется как отношение силы сопротивления перемещению подвижного звена (верхнего вальца) к скорости приложения нагрузки. Он может быть определен по осциллограммам собственных затухающих колебаний системы по формуле [1]:

$$b = \frac{2m}{T} \ln \frac{A_n}{A_{n-1}},$$

где m – масса верхнего вальца, кг; A_n , A_{n-1} – амплитуды двух соседних колебаний, м; T – период колебаний, с.

Опыты по замеру коэффициента демпфирования проводились на изламывающей и

площадной мяльных парах. В изламывающей паре масса верхнего вальца $m = 8,2$ кг; число рифлей $Z = 16$; глубина захождения рифлей в паре $i = 23$ мм. В площадной паре $m=13,4$ кг; $Z = 20$; $i = 5$ мм (без материала поверхности вальцов соприкасались).

Тензодатчик, установленный на балке, фиксирующей положение верхнего вальца, с помощью самописца НЗ38-6П регистрировал ударную нагрузку по поверхности верхнего мяльного вальца. Обработывалась навеска льняной тресты с нормальной степенью вылежки, массой 50 г, влажностью 14%. Ширина слоя в опытах была различной. Коэффициент загрузки при этом изменялся от 1 до 3, то есть имитировался слой с различной линейной плотностью.

В табл. 1 представлены результаты замера демпфирующих свойств обрабатываемого материала.

Таблица 1

Повторность	A1/A2	T, мс	b	Средние значения b	Повторность	A1/A2	T, мс	b	Средние значения b
без материала									
изламывающая пара					площадная пара				
1	3,29	7	279,01		1	14,00	4,5	1571,7	
2	2,33	7	198,17		2	7,00	5,5	948,2	
3	2,83	6	284,34		3	6,11	5,00	970,2	
4	2,63	5,5	288,34		4	8,50	4,00	1433,8	
5	2,47	5,5	269,62	263,90	5	3,00	4,00	736,1	
со стеблевым слоем					6	8,67	6,00	964,6	
6	3	6	300,29		7	10,00	5,00	1234,2	
7	4,67	4	631,88		8	7,00	5,00	1043,0	1112,7
8	3,4	3	669,00		со стеблевым слоем				
9	5	5,5	479,91		9	5,14	5,00	877,8	
10	4,33	5	480,71		10	7,00	4,50	1158,9	
11	4,33	5	480,71		11	4,40	4,50	882,4	
12	2,89	6	290,08		12	4,50	5,00	806,2	
13	3	6	300,29		13	3,33	7,50	430,2	
14	7	7	455,90		14	4,12	6,00	632,2	
15	2,88	4	433,69	452,24	15	3,53	6,00	563,3	
16	–	–	–		16	3,53	6,00	563,3	
17	–	–	–		17	2,00	5,20	357,2	
18	–	–	–		18	3,75	6,50	545,0	
19	–	–	–		19	5,33	8,00	560,8	670,7
Среднее			389,46		Среднее			856,8	

Опыты показали, что существенным фактором демпфирования являются сами элементы мяльной пары. Так, без материала (табл. 1) $b=263,9$ (1112,7) Н/(м/с); с ма-

териалом $b=452,24$ (670,7). Поэтому для точного описания динамических явлений в конкретной мяльной паре необходимо знать демпфирующие свойства не только

обрабатываемого материала, но и самой конструкции мяльной пары.

Однако следует заметить, что реальные значения коэффициента b , как показали дальнейшие расчеты, оказывают существенное влияние на количественные динамические характеристики анализируемого процесса (амплитуду колебаний, нагрузки в звеньях) лишь при частоте возмущающего фактора, находящейся вблизи области резонанса колебаний ($\pm 5 \dots 10\%$ от резонансной частоты). В остальных случаях коэффициентом демпфирования можно пренебречь. С учетом этого обстоятельства для системы нижний валец – стеблевой слой – верхний валец значение коэффициента b можно принимать из диапазона 400...1000 Н/(м/с).

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения жесткости стеблевого слоя в процессе его нагружения в мяльной паре. Показано, что

при подсчете сил воздействия рифлей на стеблевой слой в начале процесса следует учитывать жесткость слоя на изгиб, при возникновении поперечного обжатия слоя по причине малости зазоров между рифлеными поверхностями вальцов в поле мятья – жесткость слоя на сжатие.

2. Определен диапазон значений коэффициента демпфирования для системы нижний валец – стеблевой слой – верхний валец.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пейн Г.* Физика колебаний и волн. – М.: Мир, 1975.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 07.02.03.