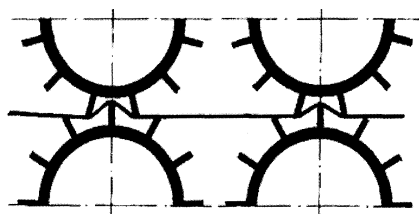


СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ СХЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВАЛКОВЫХ ПАР СО СТЕБЛЯМИ ЛЬНА ПРИ ИХ ПРОМИНЕ

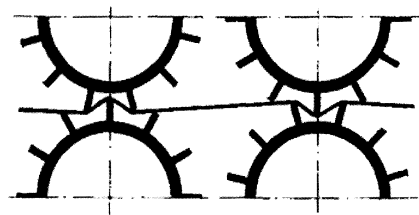
С.Е.МАЯНСКИЙ, А.Б.ЛАПШИН, Е.Л.ПАШИН

(Костромской государственный технологический университет,
Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур)

Эффективность промина стеблей льняной тресты во многом зависит от режимно-конструктивных параметров мяльной машины. Особенно это касается параметров мяльных валков и межвалковых зон.



а) – схема 1



б) – схема 2

Рис. 1

При исследовании условий удаления насыпной костры было установлено [1], что рифли в валках соседних пар могут располагаться по-разному (рис.1, схемы 1 и 2). Расположение рифлей по схеме 1 будем называть симметричным, а по схеме 2 – несимметричным. В первом случае участок слоя между соседними парами валков при промине будет двигаться поступательно, а во втором случае будет совершать плоско-параллельное движение.

В этой связи проведем сравнительный анализ двух схем взаимодействия валковых пар со стеблями льна при их промине. Для этого используем результаты исследований малых поперечных колебаний слоя для каждой из отмеченных схем установки валковых пар [2].

В [2] получена формула для определения ускорений точек волокнистого слоя при симметричном расположении рифлей в валках (схема 1):

$$\left| \ddot{y}(x) \right|_{\max} = H\omega^2 \left[\frac{1 - \cos \frac{\omega \ell}{a}}{\sin \frac{\omega \ell}{a}} \sin \frac{\omega x}{a} + \cos \frac{\omega x}{a} - 1 \right], \quad (1)$$

где H – максимальная амплитуда перемещения конца слоя [1]:

$$H = \frac{d}{2} \sin \frac{\pi}{2Z} \sqrt{1 - \left(\frac{d-i}{d \cos \frac{\pi}{2Z}} \right)^2}, \quad (2)$$

d – диаметр валка по вершинам рифлей;

Z – число рифлей; i – глубина захождения рифлей в поле мятя; $a = \sqrt{T/\mu}$ – скорость распространения поперечных волн в слое; T – натяжение слоя; μ – линейная плотность слоя; ω – угловая скорость валка; ℓ – длина слоя.

Ускорения точек слоя при несимметричном расположении рифлей (схема 2) можно найти по формуле:

$$\left| \ddot{y}(x) \right|_{\max} = H\omega^2 \left[\frac{1 + \frac{\ell}{\Delta} - \cos \frac{\omega \ell}{a}}{\sin \frac{\omega \ell}{a}} \sin \frac{\omega x}{a} + \cos \frac{\omega x}{a} - \frac{x}{\Delta} - 1 \right]. \quad (3)$$

Сравнительный анализ полученных в двух схемах ускорений волокнистого слоя проведем в зависимости от конструктивных и технологических параметров валковых пар: диаметра валка d , числа рифлей Z , глубины захождения рифлей i , частоты вращения валка n , плотности слоя μ , натяжения слоя T .

Исключим координату x из уравнений (1) и (3), для чего найдем значения x_m , при которых достигается экстремум функций, стоящих в скобках в (1) и (3).

$$\text{Для схемы 1: } x_m = \frac{\ell}{2}.$$

Подставляя это значение в (1) получим:

$$\left| \ddot{y}(x = \frac{\ell}{2}) \right|_{\max} = \left| \ddot{y} \right|_{\max} = F_1 = F_1(i, d, z, n, \mu, T, \ell) = H\omega^2 \left[\frac{1 - \cos \frac{\omega \ell}{2a}}{\cos \frac{\omega \ell}{2a}} \right]. \quad (4)$$

Для схемы 2:

$$x_m = \frac{a}{\omega} \left(\arcsin \frac{A}{\sqrt{1+A^2}} - \arcsin C \right), \quad (5)$$

если $C \leq 1$; причем

$$A = \frac{1 + \frac{\ell}{\Delta} - \cos \frac{\omega \ell}{a}}{\sin \frac{\omega \ell}{a}}; \quad C = \frac{a}{\omega \Delta \sqrt{1+A^2}}. \quad (6)$$

Подставляя (5) в (3), получим:

$$\begin{aligned} \left| \ddot{y}(x = x_m) \right|_{\max} &= \left| \ddot{y} \right|_{\max} = F_2 = F_2(i, d, z, n, \mu, T, \ell, \Delta) = \\ &= H\omega^2 \left[\frac{1 + \frac{\ell}{\Delta} - \cos \frac{\omega \ell}{a}}{\sin \frac{\omega \ell}{a}} \sin \frac{\omega x_m}{a} + \cos \frac{\omega x_m}{a} - \frac{x_m}{\Delta} - 1 \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

Если $C > 1$, то значение x_m (5) не существует; и это означает, что или такое соотношение исходных параметров некорректно,

или нулевые граничные условия схемы 2 являются некорректными (и их необходимо обобщать).

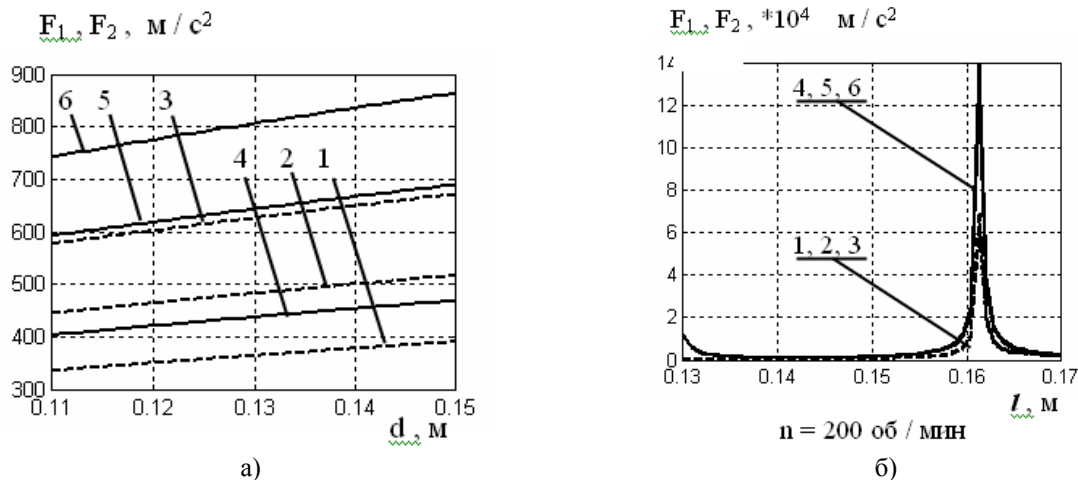


Рис. 2

Далее полагаем $T=15\text{H}$; $\mu=0,25\text{ кг/м}$.

На рис.2-а представлены зависимости максимальных поперечных ускорений (по абсолютной величине) при изменении диаметра валков ($i = 0,008\text{м}$; $Z = 20$; $\ell = 0,13\text{м}$): кривая 1 – схема 1 (формула (4)), $n = 100\text{ об/мин}$; кривая 2 – схема 1, $n=150\text{ об/мин}$; кривая 3 – схема 1, $n=200\text{ об/мин}$; кривая 4 – схема 2 (формула (7)), $n = 100\text{ об/мин}$; кривая 5 – схема 2, $n = 150\text{ об/мин}$; кривая 6 – схема 2, $n = 200\text{ об/мин}$.

Зависимости F_1, F_2 при изменении глубины захождения рифель аналогичны зависимостям F_1, F_2 на рис. 2-а.

При изменении других параметров (длины слоя, частоты вращения валков, числа рифлей) графики F_1, F_2 имеют четко выраженные максимумы, локализованные в достаточно узком диапазоне изменения исследуемых параметров, причем положение этих максимумов изменяется сложным, нелинейным образом при совокупном изменении всех параметров модели.

На рис.2-б представлены зависимости F_1, F_2 при изменении длины слоя ($i = 8\text{мм}$; $Z = 36$; $n = 200\text{ об/мин}$; $d = 0,11\text{м}$), обозначения кривых: кривая 1 – схема 1; кривая 2 – схема 2. Заметим, что абсолютная величина упомянутых максимумов на 4...6 порядков больше по сравнению с областями,

где эти максимумы отсутствуют.

Подобные рис. 2-б зависимости известны [3] при нелинейных параметрических колебаниях нити в веере раскладки, где локализованные максимумы выделяют области параметрических резонансов.

Для учета сложных нелинейных взаимосвязей исследуемых моделей в обобщенном виде, с одной стороны, и для учета возможных вариаций параметров слоя (T, μ), с другой стороны, сформулируем следующую методику.

Пусть $T = T_{\min}, \dots, T_{\max}$ [Н]; $\mu = \mu_{\min}, \dots, \mu_{\max}$ [кг/м]; $n = n_{\min}, \dots, n_{\max}$ [об/мин]; $Z = Z_{\min}, \dots, Z_{\max}$; $\ell = \ell_{\min}, \dots, \ell_{\max}$ [м].

Далее при расчетах полагаем: $T_{\min} = 15$; $T_{\max} = 20$; $\mu_{\min} = 15$; $\mu_{\max} = 25$; $n_{\min} = 80$; $n_{\max} = 250$; $Z_{\min} = 12$; $Z_{\max} = 36$; $\ell_{\min} = 0.13$; $\ell_{\max} = 0,17$; $i = 0.008\text{м}$; $d = 0,13\text{м}$.

Тогда степень изменения параметров слоя будет характеризовать скорость распространения волн в слое

$$a = \sqrt{T/\mu}; a = a_{\min}, \dots, a_{\max}, \quad \text{причем}$$

$$a_{\min} = \sqrt{T_{\min}/\mu_{\max}}; a_{\max} = \sqrt{T_{\max}/\mu_{\min}}. \quad \text{При принятых исходных данных: } a_{\min} = 0,77 \text{ м/с}; a_{\max} = 1,15 \text{ м/с}.$$

Введем обобщенную переменную:

$$q = \omega \ell = \frac{\pi}{30} (nZ\ell); [M/c], \quad (8)$$

$$q = q_{\min}, \dots, q_{\max}; \quad q_{\min} = \frac{\pi}{30} n_{\min} Z_{\min} \ell_{\min};$$

$$q_{\max} = \frac{\pi}{30} n_{\max} Z_{\max} \ell_{\max}.$$

При принятых ранее исходных данных:
 $q_{\min} = 13M/c$; $q_{\max} = 160M/c$.

Введем безразмерные комплексы (критерии подобия) Δ_1, Δ_2 . Для схемы 1 из фор-

$$\Delta_2 = \Delta_2(a, q) = \frac{F_2}{H\omega^2} = \frac{3 - \cos\left(\frac{q}{a}\right)}{\sin\left(\frac{q}{a}\right)} \sin x_q + \cos x_q - \frac{2a}{q} x_q - 1, \quad (10)$$

$$\text{где } x_q = \arcsin \frac{A_q}{\sqrt{1 + A_q^2}} - \arcsin C_q; \quad (11)$$

$$A_q = \frac{3 - \cos\left(\frac{q}{a}\right)}{\sin\left(\frac{q}{a}\right)}; \quad C_q = \frac{2a}{q\sqrt{1 + A_q^2}}. \quad (12)$$

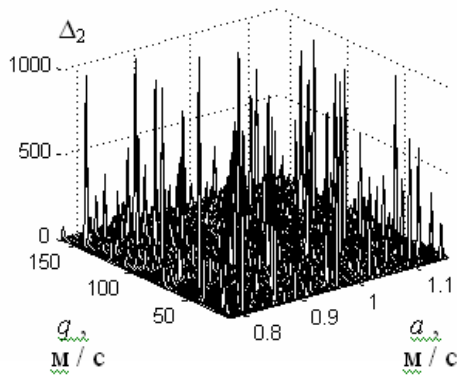


Рис. 3

На рис.3 представлены зависимости $\Delta_2 = \Delta_2(a; q)$.

Для обобщенного учета изменчивости свойств слоя ($q_{\min} \leq q \leq q_{\max}$) вычислим количество максимумов M_1 (для схемы 1), M_2 (для схемы 2) в сечениях $qa = \text{const}$ поверхностей $\Delta_1 = \Delta_1(a, q)$; $\Delta_2 = \Delta_2(a, q)$.

Величины M_1, M_2 представлены на рис. 4: M_2 – сплошная кривая, M_1 – пунк-

тулы (4) получаем:

$$\Delta_1 = \Delta_1(a, q) = \frac{F_1}{H\omega^2} = \frac{1 - \cos \frac{q}{2a}}{\cos \frac{q}{2a}}. \quad (9)$$

Для схемы 2 из формул (5)...(7) получаем:

В формулах (10)...(12) учтено, что $\Delta = \frac{\ell}{2}$.

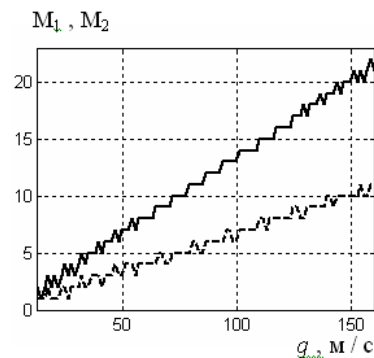


Рис. 4

тирная кривая.

Заметим, что выражения $H\omega^2$ в формулах (9), (10), хотя и зависят от n и Z , но не влияют на количество максимумов (см. формулы (4), (7)), а влияют только на их абсолютную величину.

Таким образом, из представленного анализа следует (рис.4), что для интенсификации обескостривания льна в процессе мятья необходимо проектировать мьяльные

машины с максимально возможной величиной q (при выполнении других технологических и конструктивных требований).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дьячков В.А.* Определение поперечных ускорений участка слоя материала, расположенного между соседними парами рабочих органов, в процессе мятья и трепания в куделеприготовительных машинах / Межвуз. сб. научн. тр.: Новое в технике и технологии льна. – Ярославль, 1984. С.47...50.

2. *Маянский С.Е., Латшин А.Б., Пашин Е.Л.*

Малые поперечные колебания волокнистого слоя при его движении между мьяльными парами // Вестник КГТУ. – Кострома, 2006, № 13. С.61...63.

3. *Кораблев С.С., Муницын А.И.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №6. С.76...79.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 29.11.06.
