

УДК 677.11.620.1

## МЕТОД КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА В СЛОЕ

*Ю.В. ДРОЗДОВ, Е.Л. ПАШИН, А.Б. ЛАПШИН*

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

Выход длинного волокна на мяльно-трепальном агрегате (МТА) существенно зависит от положения слоя стеблей относительно зажимных конвейеров трепальной машины и совокупности его структур-

ных параметров: средней длины стеблей в слое и его растянутости по комлям и вершинам [1]. Для решения задач оптимизации работы МТА целесообразно непрерывно контролировать перечисленные па-

раметры слоя. В связи с этим возникает необходимость обоснования и разработки алгоритма контроля названных структурных параметров.

Нами предложен метод, основанный на учете толщины слоя  $H_i$  по его ширине. При этом высказано предположение, что по характеру распределения толщины слоя по его ширине можно судить о структурных параметрах слоя стеблей. С целью подтверждения этого рассмотрим поперечное сечение слоя стеблей перед слоеформирующей машиной, входящей в состав МТА (рис. 1).

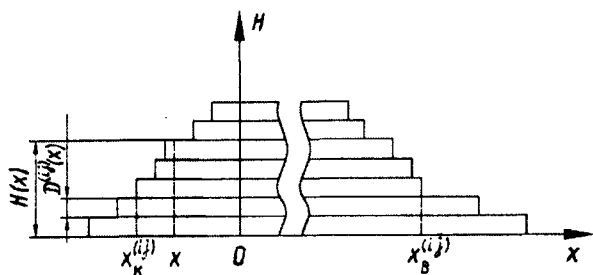


Рис. 1

Введем систему координат, в которой за начало выбрано положение зажимного конвейера второй секции. Ось  $Ox$  направим от комлевой до вершинной части стеблей, ось  $OH$  – перпендикулярно плоскости раскладочного стола. Разобьем слой стеблей на  $n$  групп по их среднему диаметру  $D^{(i)}$ , где  $i$  – номер группы;  $j$  – номер стебля в  $i$  группе. Тогда положение каждого  $j$  стебля можно охарактеризовать следующими параметрами:  $x_{к}^{(ij)}$  – координата комлевого конца;  $x_{в}^{(ij)}$  – координата вершинного конца;  $x_{ср}^{(ij)} = \frac{x_{к}^{(ij)} + x_{в}^{(ij)}}{2}$  – координата середины стебля;  $D^{(ij)}(x)$  – диаметр стебля, изменяющийся по его длине. Зависимость диаметра стебля от координаты  $x$  можно аппроксимировать уравнением прямой линии:

$$y(x) - y_0 = k(x - x_0). \quad (1)$$

Приняв, что средний диаметр стебля в

$i$ -й группе  $D^{(i)}$  будет связан с координатой середины стебля  $x_{ср}^{(ij)}$ , зависимость диаметра стебля от координаты  $x$  запишем так:

$$D^{(ij)}(x) - D^{(i)} = k^{(i)} \left( x - \frac{x_{к}^{(ij)} + x_{в}^{(ij)}}{2} \right) \quad (2)$$

или

$$D^{(ij)}(x) = k^{(i)} \left( x - \frac{x_{к}^{(ij)} + x_{в}^{(ij)}}{2} \right) + D^{(i)}, \quad (3)$$

где  $k^{(i)}$  – коэффициент, учитывающий особенности стеблей в группе  $i$ .

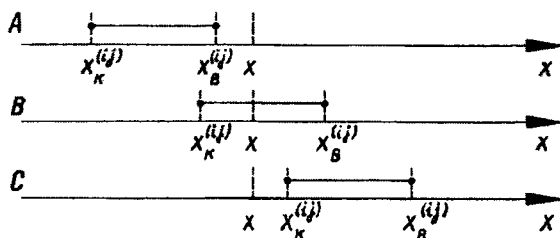


Рис. 2

Найдем толщину слоя  $H(x)$  в точке с координатой  $x$ . Если бы стебли располагались максимально плотно, то толщина слоя была бы равна сумме всех диаметров стеблей  $\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{N^{(i)}} D^{(ij)}(x) \right)$ , для которых координата  $x$  будет находиться между координатами комлевого и вершинного конца. Назовем это условие условием нахождения стеблей в зоне измерения (рис.2):

$$x > x_{к}^{(ij)} \text{ и } x < x_{в}^{(ij)}. \quad (4)$$

На рис.2 условие нахождения стеблей соблюдается только в случае В.

Учтем влияние пористости постоянным коэффициентом  $\rho$ , а долю стеблей, удовлетворяющих неравенству (4), будем определять функцией  $g(x)$ . Тогда толщина слоя

$$H(x) = \rho g(x) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{N^{(i)}} D^{(ij)}(x). \quad (5)$$

Подставим (3) в (5) и введем обозначения:

$$\text{или} \quad X_K^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{N^{(i)}} x_K^{(ij)}}{N^{(i)}}; \quad X_B^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{N^{(i)}} x_B^{(ij)}}{N^{(i)}} \quad (6)$$

$$X_K^{(i)} N^{(i)} = \sum_{j=1}^{N^{(i)}} x_K^{(ij)}; \quad X_B^{(i)} N^{(i)} = \sum_{j=1}^{N^{(i)}} x_B^{(ij)}.$$

В результате получим

$$H(x) = \rho g(x) \sum_{i=1}^n \left( k^{(i)} \frac{2x - X_K^{(i)} - X_B^{(i)}}{2} + D^{(i)} \right) N^{(i)}, \quad (7)$$

где  $X_K^{(i)}$ ,  $X_B^{(i)}$  – средние координаты комлевых и вершинных концов стеблей  $i$  группы.

Поскольку координаты  $x_B^{(ij)}$  и  $x_K^{(ij)}$  являются случайными числами и их месторасположение относительно исследуемой координаты  $x$  – случайное событие, функцию  $g(x)$  можно представить как вероятность выполнения случайного события, определяемого условием (4), причем на данное событие наложено условие ориентации стеблей:

$$x_B^{(ij)} > x_K^{(ij)}. \quad (8)$$

Возможны три случайных события (рис. 2):

А – условие нахождение комлевой и

вершинной координаты левее координаты  $x$ , соответствующей точке измерения:  $x_K^{(ij)} < x$  и  $x_B^{(ij)} < x$ , которая в силу (8) переходит в условие  $x_B^{(ij)} < x$ ;

В – условие нахождение стебля в измеряемой зоне:  $x > x_K^{(ij)}$  и  $x < x_B^{(ij)}$ . Вероятность выполнения этого условия равна  $g(x)$ ;

С – условие нахождение комлевой и вершинной координаты правее координаты  $x$ :  $x_K^{(ij)} > x$  и  $x_B^{(ij)} > x$ , которая в силу (8) переходит в условие  $x_K^{(ij)} > x$ .

Полная вероятность осуществления всех событий равна вероятности достоверного события или единице. Таким образом,  $P\{B\}$  можно выразить через вероятность событий А и С:

$$P\{B\} = 1 - P\{A\} - P\{C\} = 1 - P\{A\} - (1 - P\{\bar{C}\}) = P\{\bar{C}\} - P\{A\}, \quad (9)$$

где  $P\{\bar{C}\}$  – вероятность наступления события, противоположного С, то есть такого события, при котором комлевой конец стебля находится левее координаты  $x$ .

Известно [1], что распределение комлевых и вершинных концов стеблей отно-

сительно среднего подчиняется нормальному закону. Тогда вероятность выполнения событий  $P\{A\}$  и  $P\{\bar{C}\}$  можно определять через функцию Лапласа. С учетом этого (9) принимает вид

$$g(x) = \Phi\left(\frac{x - M_1}{\sigma_1}\right) - \Phi\left(\frac{x - M_2}{\sigma_2}\right), \quad (10)$$

где  $\Phi(\dots)$  – функция Лапласа;  $M_1$ ,  $M_2$  – центры распределения комлевых и вершинных концов;  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  – среднее квадратическое отклонение растянутости стеблей по комлям и вершинам. Заметим, что

$\ell_{cp} = M_2 - M_1$  – средняя длина стеблей.

Количество стеблей в каждой группе  $N^{(i)}$  является случайной величиной, распределенной по нормальному закону, и составляет

$$N^{(i)} \equiv N \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{D^{(i)} - D_{cp}}{\sigma_D} \right)^2} \Delta D, \quad (11)$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр стеблей в слое;  $\sigma_D$  – среднее квадратическое отклонение по диаметру;  $\Delta D$  – дискретность изменения диаметра стеблей;  $N$  – общее количество стеблей в исследуемой зоне.

Предположим, что средние координаты

$$H(x) = \rho N \left[ \Phi \left( \frac{x - M_1}{\sigma_1} \right) - \Phi \left( \frac{x - M_2}{\sigma_2} \right) \right] \cdot \sum_{i=1}^n \left( k^{(i)} \frac{2x - M_1 - M_2}{2} + D^{(i)} \right) \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{D^{(i)} - D_{cp}}{\sigma_D} \right)^2} \Delta D. \quad (12)$$

Полученная зависимость подтверждает, что толщина слоя стеблей зависит от их средней длины и среднего квадратического отклонения по вершинным и комлевым концам, а также от ряда других структурных параметров слоя. Их определение возможно на основе решения системы  $m$

вершинных и комлевых концов не зависят от группы, то есть  $X_k^{(i)} = M_1$  и  $X_b^{(i)} = M_2$ .

Тогда с учетом (7), (10) и (11) уравнение (6) запишется в виде

уравнений, где  $m$  – количество неизвестных параметров.

Однако определение всех  $m$  параметров слоя не представляется возможным. Вследствие этого целесообразно сократить количество неизвестных путем введения обозначений

$$a_1 = \rho N \sum_{i=1}^n k^{(i)} \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{D^{(i)} - D_{cp}}{\sigma_D} \right)^2} \Delta D, \quad (13)$$

$$a_2 = \rho N \sum_{i=1}^n D^{(i)} \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{D^{(i)} - D_{cp}}{\sigma_D} \right)^2} - a_1 \frac{M_1 + M_2}{2}.$$

На основании этого получим функцию

$$H(x) = (a_1 x + a_2) \left[ \Phi \left( \frac{x - M_1}{\sigma_1} \right) - \Phi \left( \frac{x - M_2}{\sigma_2} \right) \right]. \quad (14)$$

В этом случае для нахождения неизвестных параметров ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ) необходимо составить систему из 6 уравнений вида

$$H_i = H(x_i). \quad (15)$$

Предложенный алгоритм проверен с использованием реальных распределений (I, II, III). Измерения производили в 6 точ-

ках:  $x_1 \dots x_6$ . Полученные результаты представлены в табл. 1 и 2 и показаны на рис.3.

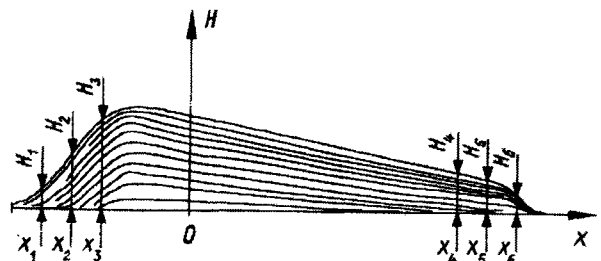


Рис. 3

Координаты относительно зажимного конвейера второй секции машины МТА-1Л (мм) (номер измеряемой точки)					
-250 (1)	-200 (2)	-150 (3)	450 (4)	500 (5)	550 (6)

Таблица 2

Варианты распределения	Толщина Н слоя в измеряемых точках, мм*					
	1	2	3	4	5	6
I	14,44	35,86	45,04	10,62	3,68	0,07
II	9,98	63,47	61,9	31,82	3,58	0
III	12,67	35,93	58,54	25,4	21,36	11,32

Примечание. \*Толщину слоя измеряли при его сдавливании для обеспечения примерного постоянства значения пористости.

После решения системы из 6 уравнений вида (15) находили неизвестные коэффициенты, а также расчетные значения сред-

ней длины стеблей, которые приведены в табл. 3.

Таблица 3

Переменные	$a_1$	$a_2$ , мм	$M_1$ , мм	$M_2$ , мм	$\sigma_1$ , мм	$\sigma_2$ , мм	$l_{cp}$ , мм
I	-0,06	37,86	-224,52	498,06	42,24	23,97	722,58
II	-0,05	54,4	-233,87	485,381	15,507	12,543	719,251
III	-0,08	61,4	-195,13	557,625	54,198	19,705	752,755

В целях проверки предложенного метода для этих распределений измерены фактические значения  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $l_{cp}$  (табл.4).

Таблица 4

Переменные	$M_1$ , мм	$M_2$ , мм	$\sigma_1$ , мм	$\sigma_2$ , мм	$l_{cp}$ , мм
I	-200	504,75	35	25	704,75
II	-200	515	20	10	715
III	-200	532	50	25	732,5

Сравнительный анализ расчетных и фактических результатов позволяет заключить, что предложенный способ оценки важнейших структурных параметров слоя возможно использовать для практических целей.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что определение средней длины стеблей и их среднего квад-

ратического отклонения по комлевым и вершинным концам возможно по результатам анализа совокупности толщин слоя по его ширине.

2. Расчет средней длины в слое и параметров разброса по вершинным и комлевым концам предложено осуществлять на основе решения системы уравнений, каждое из которых представляет зависимость толщины слоя от искомым структурных параметров.

## ЛИТЕРАТУРА

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

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 14.12.01.