

УДК 677.11.021.1:681.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНЯНОГО СЫРЬЯ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ*

С.М. ВИХАРЕВ, Н.М. ФЕДОСОВА

(Костромской государственный технологический университет)

E-mail: svixarev@ya.ru, fedosovanm@mail.ru

Приведен анализ взаимодействия льняного материала и рабочих органов в процессе трепания который позволил оценить характер изменения интенсивности воздействия рабочих органов на обрабатываемый материал и величину волокнистых потерь в процессе обработки с использованием барабанов типа конус-цилиндр-конус.

The analysis of interaction of a flax material and attachments in the course of a scutching process, which has allowed to estimate the character of the intensity change of the attachments influence on a treated material and the rate of fibrous losses in the course of processing using the drums of a cone – cylinder – cone type, is resulted herein.

Ключевые слова: обработка льняного сырья, мяльно-трепальная машина, трепальный барабан, массовая доля волокон, интенсивность воздействия рабочих органов, волокнистые потери.

Анализ процессов механической обработки потока лубоволокнистых материалов в мяльно-трепальном агрегате (МТА) показал, что основным является взаимодействие двух объектов – рабочих органов машин и слоя льняного сырья. Следовательно, интенсивность таких событий, как выпадение фрагментов материала в отходы и переход его по различным состояниям "обработанности" [1], определяется как свойствами сырья, так и технологическими и конструктивными параметрами рабочих органов МТА. Оценить вклад каждой из этих составляющих в интенсивность процесса обработки возможно как экспериментально, так и теоретически.

Наиболее важным этапом механической обработки льняного сырья является трепание сырца. В процессе трепания происходит существенное изменение состояния обрабатываемого материала. Для оценки различий интенсивности обработки на двух участках рабочей машины, исключив влияние на этот параметр свойств волокна, возможно измерение сил, действующих на неистираемую (во временных пределах испытания) прядь текстильного материала.

В случае применения в трепальной машине барабана с входной и выходной конусностью изменение максимальных сил натяжения и давления по длине барабана

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №09-08-97500 р_центр_a

примет вид, представленный на рис. 1 (схема изменения сил натяжения и давления по длине трепального барабана: T1, T2, T3 – время окончания обработки в I, II и III части барабана соответственно).

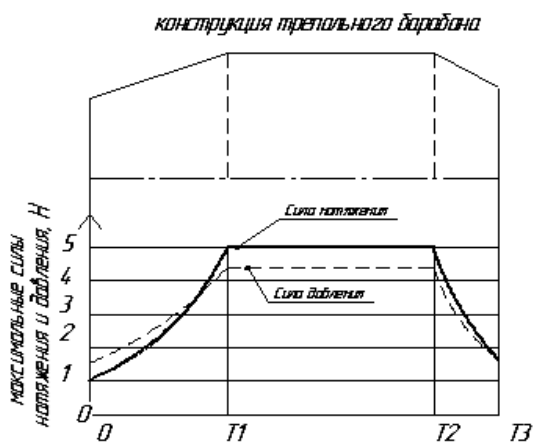


Рис. 1

Параметры барабана и действующих сил заимствованы из работ [2], [3].

Из рис. 1 видно, что процесс обработки фрагмента материала в трепальной секции (по длине трепального барабана) складывается из трех этапов: на первом этапе (участок 1) интенсивность обработки постепенно растет, на втором (участок 2) она постоянна, на третьем (участок 3) – падает. Очевидно, что второй участок может быть описан экспоненциальным законом распределения, так как именно в этом случае интенсивность будет постоянной. Первый участок, если принять гипотезу о прямой пропорциональности интенсивности обработки силе воздействия на материал, может быть описан распределением Вейбулла с параметром формы δ , равным 3 [4], [5], а при более упрощенном подходе, так как изменение близко к линейному, равном двум (то есть распределением Рэля).

На рис. 2 (изменение параметров обрабатываемого слоя при линейно растущей интенсивности обработки) изображено изменение массовой доли волокон под зажимом транспортирующего ремня $P(t)$ [6], интенсивности воздействия рабочих органов на обрабатываемый материал $\lambda(t)$ и плотности вероятности выпадения волокон в отходы $f(t)$. Представленные графики ха-

рактеризуют эти процессы в предположении, что интенсивность изменяется линейно-возрастающе от нуля.

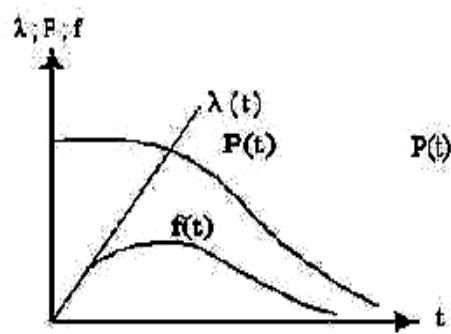


Рис. 2

Из рисунка видно, что на начальном этапе изменение массовой доли материала, находящегося под зажимом транспортирующих ремней, идет довольно медленно, что характеризует обработку на данном этапе как мягкую. Это соответствует требованиям, предъявляемым к организации процесса трепания на вводе волокна-сырца в зону трепания.

Рассмотрим параметры распределения Рэля. Его характерным признаком является прямая линия графика интенсивности $\lambda(t)$, выходящая из начала координат. Интенсивность описывается следующим выражением:

$$\lambda(t) = \frac{1}{\delta_*^2} t, \quad (1)$$

где δ_* – параметр распределения Рэля.

Тогда зависимость массовой доли льяносырца, находящегося под зажимом транспортеров, от времени обработки будет иметь вид:

$$p(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} = e^{-\left(\frac{-t^2}{2\delta_*^2}\right)}. \quad (2)$$

Изменение интенсивности на третьем, заключительном участке обработки, характеризуется ее уменьшением, что может быть описано законом Вейбулла с параметром формы меньше единицы. Однако это существенно затруднит вычисления.

Рассмотренный же закон распределения Рэля описывает только положительное приращение интенсивности, что связано с физической невозможностью получения ее отрицательных значений. Также следует принять во внимание, что возрастание силы натяжения от нулевого значения может быть обеспечено только при условии равенства длины фрагмента слоя, находящегося в трепальной секции, расстоянию от точки зажима пряжи до плоскости оси трепальных барабанов.

Рассмотрим изменение интенсивности при данной геометрии трепального барабана (конусный ввод, цилиндрическая основная часть, конусный вывод (рис. 1)) с учетом возможных ненулевых начальных значений интенсивности при вводе и финального ее значения при выводе слоя из зоны трепания. В этом случае изменение интенсивности будет описываться системой (3):

$$\begin{cases} 0 < t < T_1; & \lambda(t) = v_1 t = \lambda_0, \\ T_1 < t < T_2; & \lambda(t) = v_1 T_1 + \lambda_0 = \text{const} = \lambda_1, \\ T_2 < t < T_3; & \lambda(t) = v_2 t + \lambda_1, \end{cases} \quad (3)$$

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}, \quad (4)$$

$$\begin{cases} 0 < t < T_1; & P_1(t) = e^{-\int_0^t (v_1 t + \lambda_0) dt} = e^{-\left(\frac{v_1 t}{2} + \lambda_0\right) t}, \\ T_1 < t < T_2; & P_2(t) = e^{-\int_{T_1}^t \lambda_1 dt} = e^{-\lambda_1 (t - T_1)}, \\ T_2 < t < T_3; & P_3(t) = e^{-\int_{T_2}^t (v_2 t + \lambda_1) dt} = e^{-\left(\frac{v_2 (t - T_2)}{2} + \lambda_1\right) (t - T_2)}, \end{cases} \quad (5)$$

где $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ – изменение массовой доли волокон под зажимом на 1, 2 и 3-м участках обработки.

Если обозначить время обработки на i -м участке трепального барабана как T_i , то доля волокнистого материала, оставшегося под зажимом в конце обработки, будет в нашем случае равна:

$$P = P_1(T_1) P_2(T_2) P_3(T_3). \quad (6)$$

Или в общем случае, при n участках разбиения:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i(T_i). \quad (7)$$

где λ_0 – интенсивность в начале взаимодействия фрагментов материала и рабочих органов; λ_1 – постоянная интенсивность обработки в цилиндрической части; T_1 , T_2 , T_3 – время окончания обработки в I, II и III частях барабана соответственно; v_1 , v_2 – скорости изменения интенсивности на участках I и III, причем $v_1 > 0$, а $v_2 < 0$.

Эта система составлена в предположении, что другие элементы дифференциации процесса трепания не используются. Их применение привело бы к дополнительным изменениям интенсивности обработки.

Используя стандартное выражение для определения формы распределения (4) (в нашем случае это будет описание изменения массовой доли материала под зажимом), получим систему (5) для вычисления изменения доли зажатого материала по участкам трепального барабана:

Если подставить в выражение (7) формулы системы (5) в общем виде, получим:

$$P=e^{-\sum_i \frac{v_i}{2} T_i^2 - \sum_i \lambda_i T_i}, \quad (8)$$

где λ_i – интенсивность в начале i -го участка трепального барабана; v_i – скорость изменения интенсивности на i -м участке.

Это выражение применимо для случаев, когда интенсивность изменяется по законам, близким линейным, и функция ее изменения по длине барабана не имеет разрывов. Это справедливо для большинства имеющихся в настоящее время конструкций и является условием отсутствия явлений, подобных описанным в [3], [7], приводящих к дополнительным потерям волокна. В случаях наличия участков со сложным изменением интенсивности обработки возможно использование формулы эквивалентной интенсивности:

$$\lambda_{\text{эКВ}} = \frac{1}{T} \sum_k \lambda_i t_i, \quad (9)$$

где T – общее время обработки фрагмента материала в трепальной секции.

На рис. 3 (1 – изменение интенсивности воздействия рабочих органов по длине барабана типа конус-цилиндр-конус, с^{-1} ; 2 – изменение массовой доли сырца, находящегося в зажимном транспортере трепальной машины, по длине барабана типа конус-цилиндр-конус; 3 – изменение массовой доли сырца, находящегося в зажимном транспортере трепальной машины, по длине цилиндрического барабана) представлены изменения интенсивности воздействия и массовой доли материала по длине барабана в процессе трепания. Видно, что на входном конусе кривая изменения массовой доли расположена выше, чем в случае полностью цилиндрического барабана. Это означает более мягкий режим обработки. Однако при рассмотренных параметрах к началу цилиндрической части это различие становится равным 0,8...1,2% от общей массы поступившего на обработку волокна и в цилиндрической части прак-

тически не изменяется. Выходная конусная часть позволяет уменьшить выпадение волокон в отходы за счет плавного снижения нагрузки.

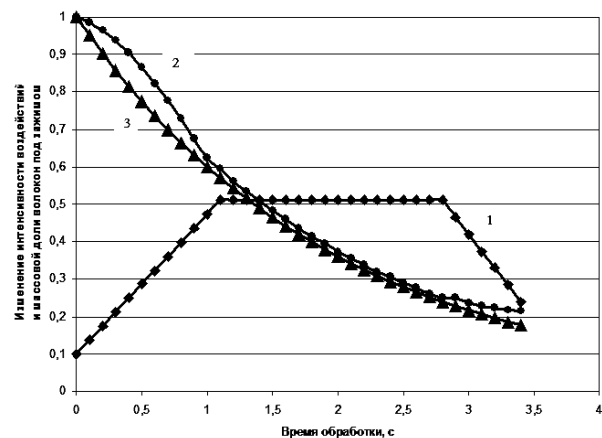


Рис. 3

Как видим, результаты расчетов соответствуют данным [1], [6], однако следует учесть, что полученная модель не включает рассмотрения явлений, возникающих при взаимодействии прядей сырца с конусными трепальными барабанами, известными из [2], [7], и эти особенности должны быть рассмотрены дополнительно.

В Ы В О Д Ы

1. Проведенный анализ позволил оценить характер изменения интенсивности воздействия рабочих органов на обрабатываемый материал и величину волокнистых потерь в процессе трепания с использованием барабанов типа конус-цилиндр-конус.

2. Предложенные модели изменения массовой доли материала, находящегося в зажимном транспортере трепальной машины, и интенсивности обработки могут применяться для прогнозирования результатов механической обработки льняного сырья в трепальных барабанах различных конструкций.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Вихарев С.М. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6С. С.52...54.

2. *Лапшин А.Б.* Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 2002.

3. *Вихарев С.М.* Совершенствование конструкции и технологических параметров машины для трепания льна: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2003.

4. *Острейковский В.А.* Теория надежности: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2003.

5. *Вихарев С.М., Баринев А.А.* Надежность автоматизированных систем: Учебное пособие. – Кострома: КГТУ, 2007.

6. *Трифонов В.Г.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1959, №5. С. 47...53.

7. *Лапшин А.Б., Лапшин Е.Л., Вихарев С.М.* Особенности взаимодействия конусных частей барабанов с пряжами сырца в поле трепания // Вестник ВНИИЛК. – Кострома, 2003, №1.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 27.04.10.
