

УДК 677.11: 620.1

**СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ЛЬНОТРЕСТЫ
ПЕРЕД ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

Ю.В. ДРОЗДОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Для оптимизации режимов работы переработки льнотресты необходимо изучить особенности варьирования свойств тресты. Понимание существа закономерностей изменения этих свойств позволит обоснованно подойти к вопросу разработки технических решений для адекватного уменьшения негативного влияния этого варьирования на качество работы агрегата при получении трепаного льна.

Неоднородность свойств тресты обусловлена комплексом различных факторов. В этой связи наиболее целесообразным подходом к исследованию варьирования свойств тресты является их представление в форме случайных функций [1], [2]. Получить комплексную оценку случайной функции позволяет спектральный анализ.

Целью данного исследования является анализ спектральных характеристик изменения различных свойств стланцевой льнотресты перед ее переработкой на мяльно-трепальном агрегате.

Дискретные преобразования Фурье позволяют оценить статистические характеристики случайного процесса по одной ограниченной выборочной реализации. Необходимым условием возможности применения преобразований Фурье является эргодичность функции. Существуют три основных признака, по которым можно сделать вывод об эргодичности функции [4]:

- 1) математическое ожидание является постоянной величиной;
- 2) дисперсия является постоянной величиной;
- 3) корреляционная функция есть функ-

ция не двух, а одного аргумента.

Если хотя бы одно из указанных условий не будет выполняться, то преобразование Фурье будет давать неверные результаты.

Для получения необходимых исходных статистических данных на участках выращивания льна случайным образом выбирались три ленты, длина которых была необходима для формирования одного рулона. Из этих лент через каждый метр отбирали пробы стеблей тресты для определения технологических свойств. Всего было отобрано около 300 проб для каждой ленты. В соответствии с [3] для каждой пробы были определены сноповая длина, растянутость, диаметр стеблей, отделяемость, среднеквадратическое отклонение (СКО) по комлевым концам, СКО по вершиночным концам, средняя длина стеблей.

Полученные данные перед их статистической обработкой проверили на эргодичность, то есть на соблюдение трех приведенных ранее условий.

Для выявления стационарности случайного процесса по математическому ожиданию оценивается средняя арифметическая для нарастающей длин реализации, то есть:

$$m_x(L_1), m_x(L_2), \dots, m_x(L_i), \dots, m_x(L_n), \quad (1)$$

где $L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_n$ – длины реализации случайной функции, отсчитываемые от начала реализации; $m_x(L_i)$ – математическое ожидание, вычисляемое как:

$$m_x(L_i) = \frac{\sum_{o=1}^i x_o}{i}, \quad (2)$$

где x_o – наблюдаемые значения случайной функции (то есть экспериментально полученные значения исследуемого свойства).

Если исследуемый ряд (1) сходится к некоторому среднему значению, то можно говорить о постоянстве математического ожидания, что является соблюдением первого условия эргодичности. Условие сходимости выполняется тогда, когда начиная с какой-то определенной длины L_i , для любых значений исследуемого ряда выполняется неравенство:

$$|m_x(L_i) - m_x(L_n)| < \varepsilon, \quad (3)$$

где L_n – максимальная длина реализации, $\varepsilon = 0,05m_x$.

Были исследованы изменения математического ожидания в зависимости от длины реализации слоя для его различных свойств. В качестве примера на рис. 1 приведена графическая зависимость изменения математического ожидания диаметра стеблей в зависимости от длины реализации. В табл. 1 приведены размеры реализаций, при которых изменения свойств можно рассматривать как стационарную функцию.

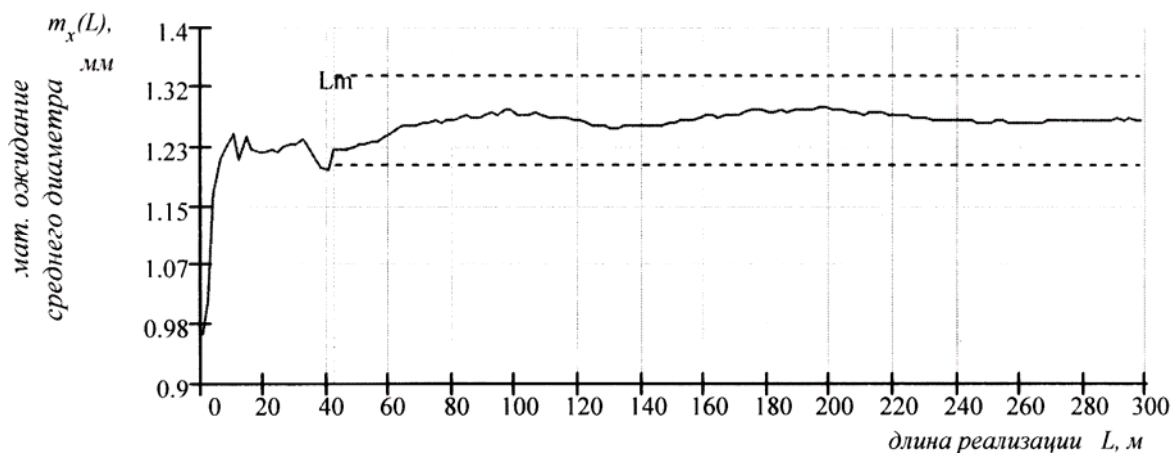


Рис. 1. Кривая изменения математического ожидания в зависимости от длины реализации слоя стеблей для диаметра стеблей

О соблюдении второго условия стационарности случайной функции (постоянства среднеквадратического отклонения) можно судить по числовому ряду:

$$\sigma_x(L_1), \sigma_x(L_2), \dots, \sigma_x(L_i), \dots, \sigma_x(L_n), \quad (4)$$

где $\sigma_x(L_i)$ – среднеквадратическое отклонение, вычисляемое как:

$$\sigma_x(L_i) = \sqrt{\frac{\sum_{o=1}^i (x_o - m_x(L_i))^2}{i-1}}. \quad (5)$$

График изменения среднеквадратического отклонения диаметра стеблей представлен на рис.2.

В табл. 1 (исследование спектральных характеристик свойств тресты в слое) приведены вычисленные длины реализаций, для которых второе условие соблюдается.

Исследуемое свойство	Длина реализации, при которой наблюдается стационарность по:		Область частот с максимальной спектральной плотностью (9/10 всей спектральной мощности) частота, м ⁻¹ период, м	Максимум спектральной плотности частота, м ⁻¹ период, м
	математическому ожиданию $m L_m \geq$	дисперсии, м $L_d \geq$		
Сноповая длина	62	100	$0 - 0,15$ более 6,7	$0,012$ 83
Растянutosть стеблей	0	120	$0 - 0,2$ более 5	$0,011$ 91
Средний диаметр стеблей	41	87	$0 - 0,17$ более 5,9	$0,003$ 300
Отделяемость волокна в стеблях тресты	3	164	$0 - 0,22$ более 4,6	$0,163$ 6
Разброс по комлям	82	82	$0 - 0,2$ более 5	$0,165$ 6
Разброс по вершинам	18	140	$0 - 0,25$ более 4	$0,175$ 6
Средняя длина стеблей	18	110	$0 - 0,25$ более 4	$0,020$ 50
Влажность	15	130	$0 - 0,4$ более 2,5	$0,15$ 6,7

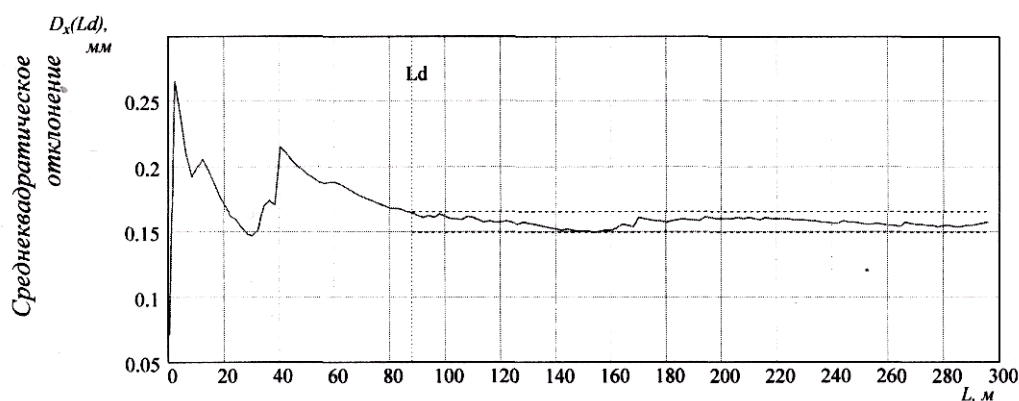


Рис. 2. Кривая изменения среднеквадратического отклонения в зависимости от длины реализации слоя стеблей для диаметра стеблей

Представленные графические зависимости позволяют заключить, что при разной длине реализации (большей L_m) среднеквадратическое отклонение не имеет большого разброса и удовлетворяет неравенству:

$$|\sigma_x(L_i) - \sigma_x(L_n)| < \varepsilon, \quad (6)$$

где $\varepsilon = 0,05\sigma_x(L_n)$.

Следовательно, представленные случайные функции удовлетворяют второму условию стационарности.

Третье условие стационарности означа-

ет, что значение спектральной функции должно зависеть только от частоты. Исследования спектральной функции подтвердили, что это условие соблюдается.

Таким образом, изменения исследуемых свойств стланцевой льнотресты могут быть представлены как функция случайного стационарного эргодичного процесса.

Эргодичность исследуемых случайных функций позволяет применить к ним дискретное преобразование Фурье с целью выявления скрытой периодичности изменения основных свойств слоя. С помощью преобразования Фурье был определен частотный состав функции.

В результате можно сделать вывод о том, какой диапазон частот имеет больший удельный вес в общих колебаниях исследуемых свойств.

В результате обработки данных в сис-

теме Statistica получены графические зависимости изменения спектральных плотностей в зависимости от частоты для различных свойств стланцевой льнотресты (рис.3).

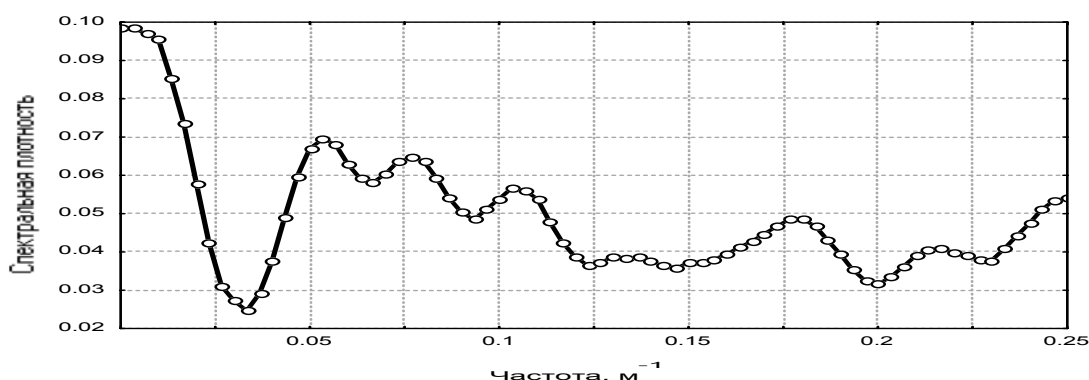


Рис. 3 График изменения спектральной плотности в зависимости от частоты при исследованиях варьирования диаметра стеблей

Обработка полученных данных также представлена в табл. 1. Анализ результатов позволяет сделать вывод, что случайную составляющую в изменении свойств слоя можно рассматривать как случайный эргодичный процесс: при исследовании длины ленты более 100 м – для сноповой длины, 120 м – для растянутости, 87 м – для диаметра стеблей, 164 м – для отделяемости, 82 м – для среднеквадратического отклонения по комлевым концам, 140 м – для среднеквадратического отклонения по вершиночным концам, 110 м – для средней длины стеблей.

Проведенные исследования показали, что по всем изучаемым свойствам максимальная спектральная плотность находится в области низких частот. При этом было установлено, что внесение изменений в режим работы МТА, функционально связанного с анализируемыми свойствами слоя (кроме влажности), через расстояние менее 4 метров нецелесообразно.

ВЫВОДЫ

1. Полученные данные позволяют обоснованно подойти к вопросу проектирования систем автоматического управления режимами работы МТА.

2. Система, контролирующая изменение среднего диаметра стеблей, должна

обладать самой большой инерционностью (изменение этого параметра имеет максимум спектральной характеристики при периоде 333 м).

3. Системы, контролирующие изменение сноповой длины, растянутости и средней длины, должны обладать меньшей инерционностью и отслеживать их изменения внутри рулона (период около 6 м).

4. Система, контролирующая изменение СКО по комлевым и вершиночным концам, должны отрабатывать период, не превышающий 6 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности варьирования технологических свойств стланцевой льняной тресты/ Пашин Е.Л., Лапшин А.Б., Соснин К.И., Дроздов Ю.В., Румянцев И.А. – Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур. – Кострома, 2002, 16 с. – Библиогр.: 2 назв.- ил., рус. – Деп. в ВИНТИ 18.03.02, №489-В2002
2. Дроздов Ю.В., Пашин Е.Л. Разработка и апробация метода оценки случайной функции // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома, КГТУ. Вып. 3. 2002.
3. ГОСТ 29383–89. Треста льняная. Требования при заготовках. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
4. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 21.06.2006.