

УДК 674.023

Ю.В. Ефимов  
(Yu.V.Efimov)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА  
ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ  
(THE USE OF SPECTRAL ANALYSIS FOR SAWMILLING)**

*Показана возможность использования спектрального анализа при оценке составляющих мощностей продольного пиления.*

*The possibility of spectral analysis using for evaluating components power of sawmilling.*

Процесс продольного пиления древесины характеризуется высокими удельными затратами энергии. В основном затраты энергии расходуются на рабочие (пиление) и холостые возвратные движения режущего органа или пиловочника, повороты (кантование) пиловочника или режущего органа и резание сучьев в пропиле. Для выделения и оценки этих составляющих в цикле продольного пиления можно использовать методы спектрального анализа.

Необходимо доказать, что процесс продольного пиления является стационарным и к нему применимы стандартные методы спектрального анализа.

На рисунке представлены три реализации процесса продольного пиления древесины диаметром 32 см, полученные при одинаковых условиях.

Стационарность процесса на первый взгляд очевидна, однако для подтверждения справедливости гипотезы проверим ее путем анализа имеющихся реализаций.

Стохастический процесс называется строго стационарным, если его свойства не зависят от изменения начала отсчета времени, иными словами, если совместное распределение вероятностей  $N$  наблюдений

$$n_{t1}, n_{t2}, \dots, n_{tN},$$

сделанных в любые моменты времени

$$t_1, t_2, \dots, t_N,$$

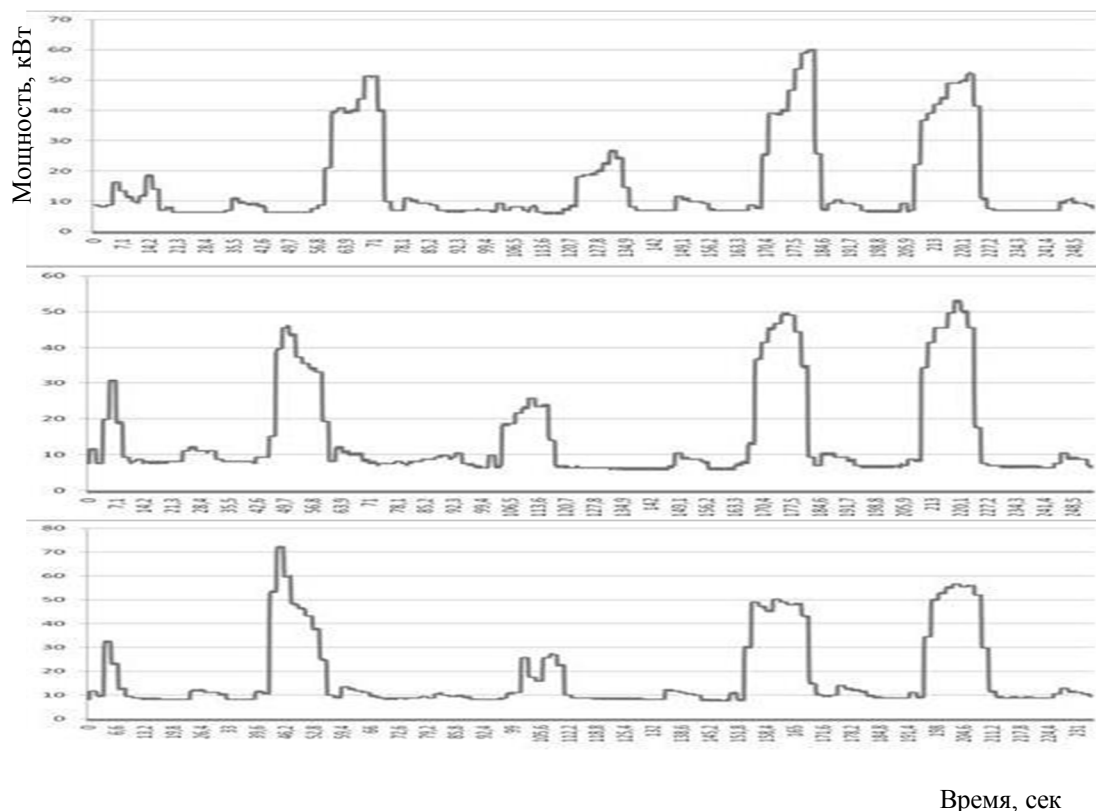
такое же, что и для  $N$  наблюдений

$$n_{t1+k}, n_{t2+k}, \dots, n_{tN+k},$$

сделанных в моменты времени

$$t_{1+k}, t_{2+k}, \dots, t_{n+k}.$$

Поэтому, чтобы дискретный процесс был строго стационарным, взаимное распределение любой совокупности наблюдений не должно изменяться при сдвиге всех времен наблюдений вперед или назад на любое целое число  $k$  [1].



Ансамбль реализаций процесса продольного пиления древесины

Для примера рассмотрим совокупность полученных данных процесса продольного пиления древесины диаметром 34 см. Вычисления выполняются средствами универсальной интегрированной среды MathCAD. Случайная функция  $X(t)$  задана 10 реализациями  $x_i(t)$  в 2531 сечении. Для проверки стационарности случайной функции  $X(t)$  вычислим математическое ожидание и дисперсию:

$$m_x = \frac{1}{2531} \sum_{i=1}^{2531} X(t_i);$$

$$D_x = \frac{1}{2530} \sum_{i=1}^{2531} (X^2(t_i) - m_x^2).$$

По оценкам математического ожидания и дисперсии можно сделать заключение о стационарности случайного процесса в широком смысле. Процесс считается стационарным в широком смысле, если отклонение  $m_{откл}$  максимальной мощности от математического ожидания значительно меньше среднеквадратического отклонения по множеству оценок [2].

$$\overline{m_x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} m_{xi}, \quad \overline{m_x} = 15,099,$$

$$\overline{D_x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} D_{xi}, \quad \overline{D_x} = 422,108, \quad \sqrt{\overline{D_x}} = 20,545,$$

$$m_{\max} = 16,489,$$

$$m_{\text{откл}} = \left| \overline{m_x} - m_{\max} \right| = |15,099 - 16,489| = 1,39,$$

$$D_{\max} = 505,416,$$

$$D_{\text{откл}} = \left| \overline{D_x} - D_{\max} \right| = |422,108 - 505,416| = 83,308,$$

$$\sqrt{D_{\text{откл}}} = 9,127.$$

Условие  $m_{\text{откл}} \leq \sqrt{D_x}$  выполняется, а также выполняется условие  $\sqrt{D_{\text{откл}}} \leq \sqrt{\overline{D_x}}$ , поэтому можно сказать, что рассматриваемый случайный процесс в широком смысле является стационарным. Таким образом, можно утверждать, что случайный процесс стационарен по среднему значению и по дисперсии, и к нему применимы стандартные методы спектрального анализа.

Для того чтобы получить полное представление о процессе продольного пиления, необходимо исходить из свойств всего ансамбля реализаций. Случайный процесс  $\{x(t)\}$ , описывающий изучаемое явление, задается именно ансамблем его реализаций  $x_i(t)$ ,  $i = 1, 2, 3 \dots N$ .

При стационарном случайном процессе средние характеристики процесса продольного пиления  $\{x(t)\}$ , заданного ансамблем его реализаций, можно определить для любого заданного момента времени  $t_1$  путем усреднения по ансамблю. Среднее значение процесса пиления и среднее значение квадрата процесса в момент  $t_1$  определяются как

$$\mu_x(t_1) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i(t_1); \quad \phi_x^2(t_1) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2(t_1).$$

Для определения доли затрат мощности на пропил, холостое возвратное движение, поперечные перемещения и на повороты необходимо перейти от временного представления процесса продольного пиления в частотное. Также это решение применяется для выделения регулярных амплитудно-частотных составляющих случайного процесса (мощности) пиления древесины, содержащей сучки. Для перехода от временного представления процесса продольного пиления к частотному необходимо построить частотный спектр сигнала. Основополагающим для вычисления частотного спектра является дискретное преобразование Фурье [3].

Дальнейшие исследования по применению спектрального анализа при оценке распределения мощности по составляющим цикла продольного пиления представлены в работе [4].

*Библиографический список*

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – М.: Мир. 1974. Вып. 1. 197 с.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных / пер. с англ. М.: Мир. 1989. 540 с.
3. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложение / пер. с англ. М.: Мир. 1971. Вып. 1. 316 с.
4. Якимович С.Б., Ефимов Ю.В. Экспериментальная оценка распределения мощности по составляющим цикла продольного лесопиления на основе амплитудно-частотных характеристик // Лесной вестник. 2013. № 1. С. 185–191.

УДК 674:684.6

А.В. Кирилина, Ю.И. Ветошкин  
(A.V. Kirilina, U.I. Vetoshkin)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**ФОРМА ПУАНСОНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФНОГО  
ОТТИСКА НА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ  
(PUNCH FORM FOR THE RELIEF PRINT FORMATION  
ON THE SURFACE OF DETAILS FROM WOOD)**

*Предложено определение формы пуансона для формирования рельефного оттиска на поверхности детали из древесины лиственных пород путем экспериментальных исследований. С помощью полученных данных можно формировать на поверхности детали из древесины надежный, выпуклый рельефный узор.*

*The article touches upon definition of a punch form for formation of a relief print on a surface detail from wood of deciduous by pilot studies. By means of the obtained data it is possible to form on a surface detail from wood a reliable, convex relief pattern.*

Формирование рельефного оттиска на поверхности древесины лиственных пород путем прессования является полностью механическим про-