

Нестеров Владимир Николаевич, Лалетин Роман Алексеевич, Перелыгин Иван Сергеевич
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКОННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ:
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2011/11/21.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2011. № 11 (54). С. 64-68. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2011/11/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

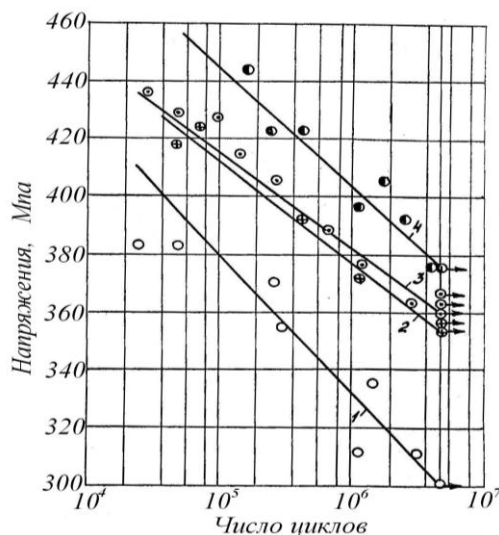


Рис. 5. Кривые выносливости гладких образцов из сплава ЖС6ФН при $t=950^\circ$ после: 1 – полирование; 2, 3 – ППД микрошариками $\varnothing 160-200$ мкм и $\varnothing 100-160$ мкм ($v=76$ м/с, $\tau=45$ с); 4 – ППД микрошариками $\varnothing 100-160$ мкм ($v=120$ м/с, $\tau=45$ с)

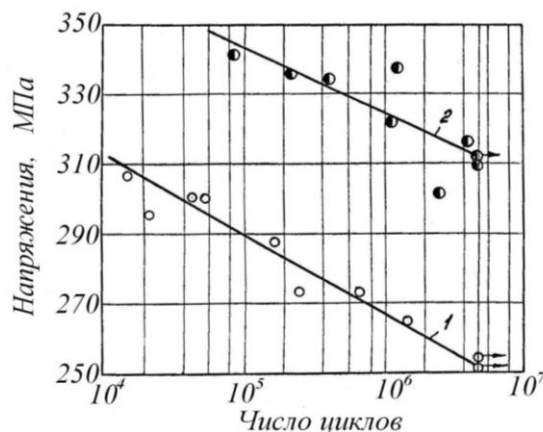


Рис. 6. Кривые выносливости образцов из сплава ЖС6ФН с надрезом, нанесенным после ППД микрошариками $\varnothing 160-200$ мкм, $v=76$ м/с, $\tau=45$ с: 1 – $t=750^\circ\text{C}$; 2 – $t=950^\circ\text{C}$

Таким образом, на базе данных этих исследований можно сделать заключение о большой эффективности ППД микрошариками деталей из сплава ЖС6ФН с концентраторами при работе в условиях нормальных и высоких температур.

Список литературы

1. **Курицын В. Н.** Исследование влияния температурно-временного фактора на релаксацию остаточных напряжений деталей ГТД из сплавов ЖС6ФН, обработанных ППД микрошариками // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2004. № 21. С. 90-92.

УДК 534.44:004

Владимир Николаевич Нестеров, Роман Алексеевич Лалетин, Иван Сергеевич Перелыгин
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКОННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ[©]

Метод, который занимается разложением сигналов на гармонические составляющие, называется гармоническим анализом сигналов или Фурье-анализом. Любой периодический сигнал с периодом T может быть

представлен суммированием определенного набора гармонических колебаний с круговыми частотами, равными $\omega_n = n\omega = 2\pi n/T$, где n – номер гармоники (натуральное число). При этом гармонику с номером $n = 1$ называют основной, а гармоники с номерами $n > 1$ – высшими гармониками. В общем случае количество таких гармоник может быть бесконечным. Сигнал, представленный суммой гармоник, может быть записан в виде:

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)] \quad (1)$$

Коэффициенты a_n и b_n определяются интегрированием сигнала на интервале времени, равном периоду T , по правилам:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) dt \quad (2)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(n\omega t) dt \quad (3)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \sin(n\omega t) dt \quad (4)$$

Представление периодического сигнала в виде набора гармонических составляющих называется спектром. Такой разложение периодического сигнала также называют рядом Фурье.

Преобразование Фурье отображает глобальные сведения о частотах исследуемых сигналов и не дает представления о локальных свойствах сигнала. Так, например, преобразование Фурье не различает стационарный сигнал, являющийся суммой двух синусоид, от нестационарного сигнала, состоящего из двух последовательно следующих синусоид с теми же частотами. С помощью преобразования Фурье невозможно анализировать изменений частотных характеристик сигнала в зависимости от времени. Поэтому для получения информации о временном поведении сигнала можно использовать оконное преобразование Фурье. Оно представляет собой преобразование Фурье с движущейся по сигналу оконной функцией. При этом преобразование Фурье выполняется последовательно для каждого подинтервала в отдельности, тем самым осуществляется переход к частотно-временному представлению сигнала. Результатом оконного преобразования является семейство спектров, которым отображается изменение спектра сигнала по интервалам сдвига окна преобразования. Размер окна налагает на получаемый спектр ограничения по нижним частотам. Ограничения по высоким частотам налагается временем дискретизации сигнала.

Рассмотрим пример компьютерного анализа сигнала с помощью оконного преобразования Фурье. Для этого, в начале, зададим амплитуды сигналов: $A_1=1$, $A_2=2$, $A_3=3$ (Рис. 1). Предположим, что сигналы являются затухающими во времени и характеризуются временами релаксации: $\tau_1=5$, $\tau_2=2$, $\tau_3=3$ (Рис. 1). Пусть наш сигнал будет состоять из 301 точки ($i=0..300$), а временной интервал-время дискретизации $\Delta t=0.1$. Циклические частоты, характеризующие сигналы $\omega_1=3$, $\omega_2=2$, $\omega_3=1$ (Рис. 1).

Далее, по этим данным, формируется сигнал из трех затухающих синусоид (Рис. 1). Первый сигнал включается в момент $t=0$ (первый член функции S_i) (Рис. 1). Второй сигнал включается в момент времени, соответствующий сотой точке общего сигнала (второй член функции S_i) (Рис. 1). Третий сигнал включается в момент времени, соответствующий двухсотой точке общего сигнала (третий член функции S_i) (Рис. 1).

$$\begin{aligned} A1 &:= 1 \quad A2 := 2 \quad A3 := 3 \quad \tau1 := 5 \quad \tau2 := 2 \quad \tau3 := 3 \\ i &:= 0..300 \quad \Delta t := 0..1 \\ \omega &:= 3 \quad \omega := 2 \quad \omega := 1 \\ s_e &:= A1 \cdot e^{-i \cdot \frac{\Delta t}{\tau1}} \cdot \sin(\omega1 \cdot \Delta t \cdot i) + \frac{\text{sign}(i - 100) + 1}{2} \cdot \\ &\quad A2 \cdot e^{-i \cdot \frac{\Delta t}{\tau2}} \cdot \sin[(\omega2 \cdot \Delta t \cdot (i - 100))] + \frac{\text{sign}(i - 200) + 1}{2} \cdot \\ &\quad A3 \cdot e^{-i \cdot \frac{\Delta t}{\tau3}} \cdot \sin[(\omega3 \cdot \Delta t \cdot (i - 200))] \end{aligned}$$

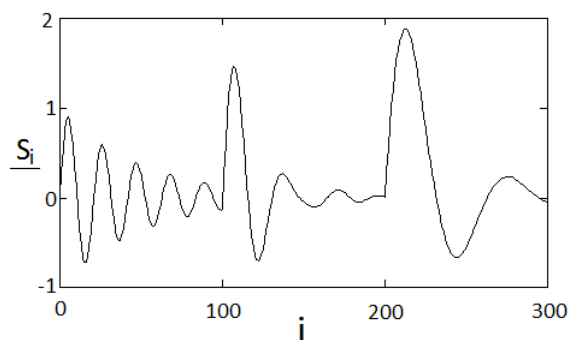


Рис. 1. Первый фрагмент программы компьютерного анализа с помощью оконного преобразования Фурье в программе Mathcad. Задание анализирующего сигнала и построение его графика

Далее приступаем к непосредственному анализу. Задаем перемещенную N (количество точек сигнала) (Рис. 2). И задается индекс точек n (Рис. 2). Разделим наш сигнал на 3 временных интервала $K=3$ длительностью в 100 точек $\Delta b=100$ (Рис. 2). И, в начале, проведем анализ Фурье для всего интервала в 300 точек и построим график (Рис. 2).

$$N := 300 \quad n := 0 \dots N$$

$$K := 3 \quad \Delta b := 100 \quad w := 99$$

$$S := CFFT(s) \quad \Delta \omega s := 2\pi \div (N + 1) \quad \Delta \omega s := 2\pi \div (w + 1)$$

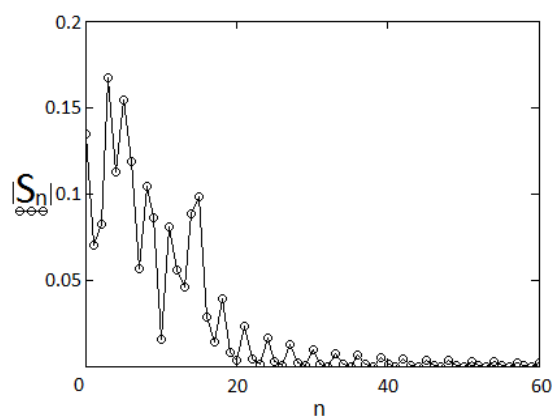


Рис. 2. Второй фрагмент программы компьютерного анализа с помощью оконного преобразования Фурье в программе Mathcad. Анализ Фурье полного интервала времени

Далее перейдем к оконному преобразованию сигнала с помощью программного блока программы Mathcad (Рис. 3).

```

sw(s,N,Δb,w) :=
  k ← 0
  for b ∈ 0, Δb..N - w
    k ← k + 1
    for n ∈ b..b + w
      yn-b ← sn
    Sw ← CFFT(y)
    for n ∈ 0..w
      Sk,n ← Swn
  S

```

Рис. 3. Третий фрагмент программы компьютерного анализа с помощью оконного преобразования Фурье в программе Mathcad. Программный блок оконного преобразования Фурье

Используя программный блок (Рис. 3), получим три спектра, соответствующие трем временным интервалам (Рис. 4). Результат выведем в матричном виде (Рис. 4) и в графическом (Рис. 4).

$$S_w := N^{-1} \cdot \Delta b \cdot sw(s, N, \Delta b, w)$$

	0	1	2
$S_w =$			
0	0	0	0
1	0.011	$0.012-5.946i \cdot 10^{-6}$	$0.013-1.361i \cdot 10^{-4}$
2	0.031	$0.034-5.855i \cdot 10^{-3}$	$0.041-0.02i$
3	0.093	$0.109-0.062i$	...

Рис. 4. Четвертый фрагмент программы компьютерного анализа с помощью оконного преобразования Фурье в программе Mathcad. Три спектра, соответствующие трем временным интервалам, матрица

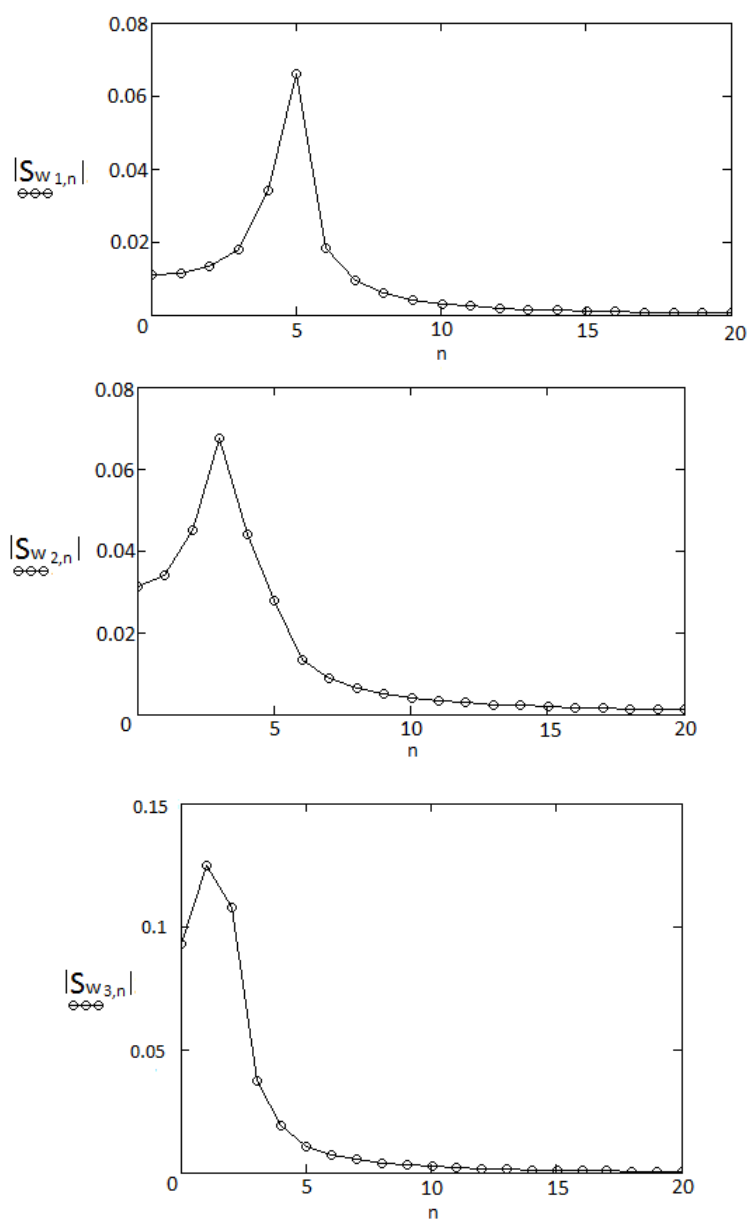


Рис. 5. Пятый фрагмент программы компьютерного анализа с помощью оконного преобразования Фурье в программе Mathcad. Три спектра, соответствующие трем временным интервалам, графики

Из графиков (Рис. 5) видна эволюция частотного спектра, что соответствует сигналам различной частоты (Рис. 1). Из полученных результатов видно, что метод оконного преобразования Фурье можно использовать для частотно-временного анализа сложных сигналов.

Список литературы

1. Детлаф А. А. Курс физики: учеб. пособие для студентов вузов. 8-е изд., стереот. / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. М.: Академия, 2009. 720 с.
2. Трофимова Т. И. Курс физики: колебания и волны: теория, задачи и решения / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. М.: Академия, 2003. 256 с.

УДК 519.67

Михаил Евгеньевич Степанцов

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ[©]

Данная работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 11-06-00193.

Транспортные сети, их характеристики и возможности по перевозке грузов всегда являлись одним из определяющих факторов социально-экономического развития отдельных населенных пунктов, регионов и целых стран. Таким образом, адекватное моделирование социально-экономической динамики невозможно без того, чтобы описать математически развитие транспортной инфраструктуры и учесть взаимное влияние транспортной сети и всей экономической системы в целом.

Следует отметить, что большая часть моделей транспортных систем ориентирована на построение при заданных условиях и параметрах системы оптимального в том или ином смысле плана перевозок. В таких моделях подразумевается, что все функционирование транспортной сети управляется из одного центра. При этом либо решается просто задача оптимизации перевозок в рамках существующей неизменной сети [1], либо изменения в структуре транспортной сети, ее развитие также рассматриваются как результат принятия некоего решения центром управления транспортной сетью и реализации этого решения [2; 4].

Между тем, в условиях наличия большого количества хозяйствующих субъектов эти предположения нельзя считать верными. В этом случае и схема перевозок, и процесс развития транспортной сети складываются из одновременных независимых друг от друга действий этих субъектов. При этом действия не являются ни полностью скоординированными, ни совершенно случайными.

Именно такой подход использован в [3]. Предлагаемая модель является попыткой описать на языке математики процесс самоорганизации (возникновения и развития) транспортной сети, происходящий не на основании некоего единого плана, а самопроизвольно складывающийся при заданных географических условиях и параметрах спроса и предложения нескольких видов товаров.

Основной идеей модели является введение для каждого вида товаров величины, названной потенциалом. Потенциал численно характеризует потребность в данном товаре, существующую в данном узле транспортной сети. Именно разность потенциалов между узлами и создает в модели потоки товаров.

Модель представляет собой полный граф, каждой вершине и каждому ребру которого приписан определенный набор параметров и переменных. Вершины моделируют узлы сети и характеризуются следующими величинами:

1. Размер узла V_i .
2. Выпуск продукции вида k P_{ik} (отрицательное значение означает спрос на продукцию).
3. Потенциал продукции каждого вида Φ_{ik} .

Ребрам графа, изображающим транспортные коммуникации, связывающие населенные пункты, поставлены в соответствие следующие величины:

1. Длина $L_{ij} > 0$.
2. Коэффициент затрат на расширение Q_{ij} .
3. Пропускная способность $W_{ij} \geq 0$.
4. Поток продукции вида k S_{ijk} .

Кроме этого, модель характеризуется глобальными параметрами «коэффициент проторенного пути» $N > 1$ и «коэффициент роста узлов» $G > 0$. Первый из них показывает, во сколько раз затраты на прокладывание новой дороги с некоторой пропускной способностью превышают затраты на расширение существующей дороги на ту же величину.

Динамика модели реализована с использованием дискретного времени, шаг которого можно условно положить эквивалентным году реального времени - традиционному для экономики отчетному и плановому