

УДК 621.19

В.Е. Овсянников, В.Ю. Терещенко

ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЛЯПУНОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗНОСА РЕЗЦОВ

Введение. Все более широкое применение токарных станков с числовым программным управлением ставит задачу разработки технических решений по автоматическому контролю состояния технологической системы, в частности инструмента.

При этом основным требованием является как можно более высокая достоверность получаемых результатов, которая во многом определяется выбранными методами анализа информации, характеризующей состояние технологической системы. На сегодняшний день наиболее перспективными методами являются синергетические [8], самыми распространенными среди которых являются методы нелинейной динамики [2,3,8].

Постановка задачи. Главной задачей является выбор характеристики или группы характеристик, посредством которых предполагается оценивать состояние обрабатывающей системы и установить зависимость выбранной характеристики от времени.

В качестве исходных данных предполагается использовать вибросигнал, который генерируется процессом токарной обработки, в качестве выходных данных – износ резца.

Основные результаты работы. В нелинейной динамике разработан ряд величин, которые используются для оценки состояния динамической системы.

Основными среди них являются: размерность аттрактора, энтропия, показатели Ляпунова и Херста [2,3,7,8]. Показатель Ляпунова используется в нелинейной динамике для оценки степени неустойчивости процесса [7,8].

Для определения значения показателя Ляпунова, необходимо в первую очередь реконструировать фазовую траекторию эволюции системы [2,3,7].

Реконструкция производилась на основании теоремы Такенса [2, 3], имея временную зависимость исследуемого сигнала $x(t)$, фазовую траекторию (аттрактор) можно восстановить как множество векторов:

$$\overline{z(t)} = \overline{A_m(x(t))} = \{x(t), \dots, x, \dots, x(t + (m - 1) \times \tau)\}$$

где τ - временная задержка;

m - топологическая размерность фазового пространства;

$x(t)$ - значения вектора исходных данных.

После реконструкции аттрактора, можно непосредственно приступить к определению показателя Ляпунова.

В данной работе определяется лишь старший показатель Ляпунова [2,7,8]. При отрицательных

значениях показателя процесс является устойчивым, а при положительных – неустойчивым. В нашем случае для определения показателя Ляпунова применялся метод определения показателя Ляпунова по одномерной реализации [7].

Смысл данной методики заключается в следующем:

1. Выбирается стартовая точка на фазовой траектории и находится ближайшая к ней точка фазовой траектории, после чего вычисляется расстояние между ними $L(t_0)$;

2. В момент времени t_1 , расстояние между точками станет равным $L(t_1)$, и затем находим точку, которая удовлетворяет двум условиям: расстояние $L^1(t_1)$ между ней и стартовой точкой минимально и минимально угловое отклонение (так как принципиально может быть несколько точек расстояние, до которых равно $L^1(t_1)$);

3. Производится перемещение по аттрактору до того момента, пока временной ряд не закончится. Максимальный показатель Ляпунова вычисляется по формуле:

$$\lambda = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \log_2 \left(\frac{L^1(t_i)}{L(t_{i-1})} \right),$$

где N – количество точек в исходном временном ряде.

Расчет старшего показателя Ляпунова производился в специально разработанной программе [6].

Зависимость старшего показателя Ляпунова от ширины фаски износа представлена на рис. 1:

Следующим шагом необходимо установить связь между показателем Ляпунова и выходными параметрами процесса механической обработки. В данной работе в качестве выходных параметров была использована шероховатость обработанной поверхности. Зависимость шероховатости поверхности от ширины фаски износа представлена на рис. 2:

Для выяснения того есть ли эта связь или нет, необходимо определить взаимную корреляцию между значениями выходных параметров процесса обработки и величиной старшего показателя Ляпунова.

Расчет значений взаимной корреляции производился в специально разработанной программе «Вычисление взаимной корреляции v1.0» [5].

Заключение

Расчеты взаимной корреляции показали, что

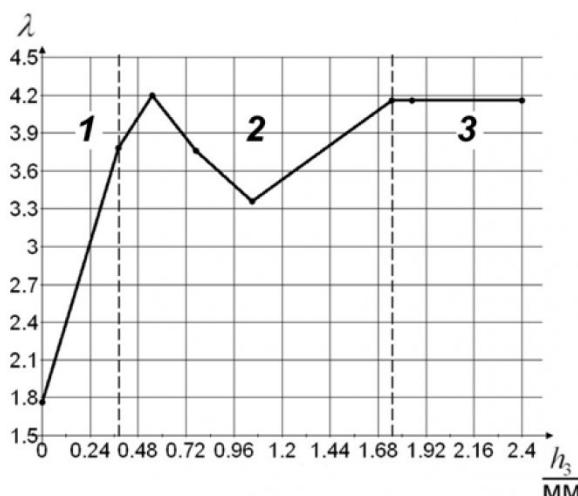


Рис. 1. Зависимость показателя Ляпунова от ширины фаски износа

ее величина достигает 0.72, что говорит о наличии зависимости между величинами.

На графике, представленном на рис 2. можно выделить три характерные области.

В первой области наблюдается интенсивный рост значений показателя Ляпунова, что соответствует приработке инструмента.

Во второй области наблюдаются незначительные флуктуации значений показателя, а при достижении определенного порога фаски износа – изменения значений показателя Ляпунова крайне небольшие (порядка $10^{-5} \dots 10^{-6}$) - данная область соответствует периоду катастрофического износа.

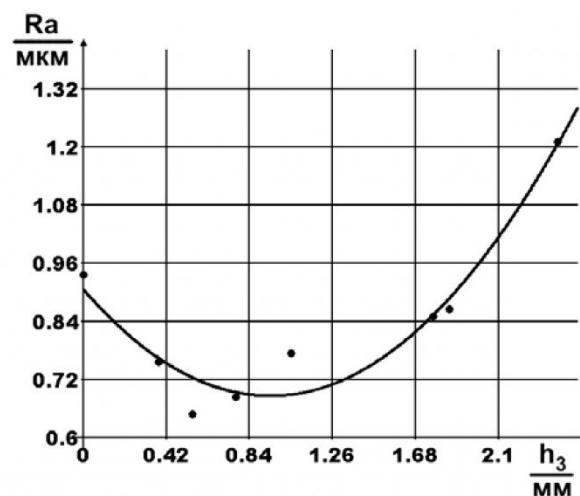


Рис. 2. Зависимость среднеарифметического отклонения профиля от ширины фаски износа

Причем, как было установлено в ходе исследования, зависимость, представленная на рис. 1 наблюдалась при всех проведенных экспериментах при чистовом точении.

Анализируя полученные результаты можно заключить, что применение старшего показателя Ляпунова оправдано лишь для отслеживания патологических изменений состояния технологической обрабатывающей системы – т.е. для рассматриваемого случая по значению показателя Ляпунова можно лишь судить о наступлении или не наступлении катастрофического износа инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Брандт З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров: Пер. с англ. – М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. – 686 с., ил.
- Кроновер Р.М: Фракталы и Хаос в динамических системах: Основы теории, Москва. Постмаркет, 2000.-352 с.
- Шустер Г.: Детерминированный хаос: Введение в теорию и приложения. Москва: Наука, 1998.-253 с.
- Лоскутов А. Ю.; Михайлов А. С.: Динамический хаос. Москва: Наука, 2000.-294 с.
- Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю. Вычисление взаимной корреляции v 1.0. – М.: ВНТИЦ, 2008. - № 50200800796.
- Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю. Расчет показателя Ляпунова v 1.0. – М.: ВНТИЦ, 2008. - № 50200800783.
- Павлов А.И. Методы анализа сложных сигналов: Учеб. пособие для студ. Физ. фак./ А.Н. Павлов. – Саратов: Научная книга, 2008. – 120 с. Ил.
- Хакен Г. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985. – 419 с.

□ Авторы статьи:

Овсянников
Виктор Евгеньевич,
канд.техн. наук, старший преп. каф.
«Инноватики и менеджмента качества»
(Курганский государственный
университет).
Email: panz12@rambler.ru,

Терещенко
Владимир Юрьевич,
аспирант каф. «Технология машино-
строения, металорежущие станки и
инструменты» (Курганский
государственный университет).
Email: panz12@rambler.ru,