

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА СИГНАЛА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

*Хвостиков А.С., Щетинин В.С.*

Создание на базе станков с ЧПУ автоматизированных производств с управлением от ЭВМ ставит задачу активного технологического диагностирования процесса обработки с целью его автоматизации, контроля и его управления. Поэтому проблема создания надежного аппарата технологического диагностирования процесса обработки является актуальной. Традиционное использование для этой цели силы и температуры резания в ряде случаев оказывается неэффективным или неадекватным. [5].

Применение диагностик методами «Акустической эмиссии» позволяет получить информацию о таких важнейших параметрах обработки, как износ инструмента, качество поверхностного слоя деталей и др.

Существующие системы автоматической диагностики состояния процесса резания обладают целым рядом существенных недостатков и не удовлетворяют в полной мере требованиям современного гибкого автоматизированного производства, так как не обеспечивают функционирование с высокой степенью точности и достоверности в реальном масштабе времени [7].

Экспериментальные исследования [1, 2, 3, 4 и др.] по диагностированию процессов резания проводятся при расположении датчика в непосредственной близости от зоны резания, а на производстве установка датчика в непосредственной близости от зоны резания нецелесообразна, вследствие негативного воздействия стружки, которая может повредить датчик и кабели, связывающие его с принимающей аппаратурой, а также других тепловых и механических воздействий. При этом нельзя не упомянуть, что при прохождении сигнала даже на незначительном удалении датчика от места съема, информационный сигнал существенно изменяется. При этом в автоматизированном производстве становится проблематична смена инструмента, а при удалении датчика от зоны резания встает вопрос о достоверности снимаемого сигнала.

Для вращающегося инструмента проблема съема сигнала встает более остро. Удаление от зоны резания к стационарному узлу станка добавляет в сигнал акустической эмиссии большое количество шумоподобных включений, зависящих от упругих, тепловых и других процессов, возникающих на расстоянии от зоны резания до места съема сигнала акустической эмиссии, а также вызывает появление составляющих от подвижных элементов и узлов, например, подшипников. Все эти процессы, в настоящее время, невозможно описать ни математически, ни моделями и, как следствие, не возможно по принимаемому сигналу судить о процессах, происходящих в зоне резания.

Наиболее эффективным и простым методом диагностирования процесса резания является частотный и частотно-

*Исследуется эффективность частотно-временного анализа сигналов виброакустической эмиссии применительно к диагностированию процессов металлообработки на станках с ЧПУ автоматизированных производств. Показано преимущество многомасштабного вейвлет-анализа по отношению к частотно-временному анализу Фурье. Результаты исследований иллюстрируются примерами.*

временной анализ сигналов виброакустической эмиссии (ВАЭ). При анализе Фурье сигнал раскладывается на единичные составляющие. Разложенный сигнал представляет собой составляющие, параметры частоты которого зачастую отличаются от своего истинного значения – смещены в пределах интервала определения частоты с помощью преобразование Фурье. Причем на интервале определения частоты может находиться не одна, а две или несколько составляющих спектра мощности. Кроме этого частота колебания инструмента за рассматриваемый период времени не остается постоянной, а изменяется вокруг некоторой величины.

При прохождении сигнала ВАЭ через систему измерения информативность сигнала резко снижается. На рис. 1-3 изображен частотно-временной анализ спектров мощности сигналов ВАЭ, снятых с державки в непосредственной близости от зоны резания, а на рис. 4-6 - снятых при аналогичных условиях, но с волнового приемника расположенного на оборотной стороне резцедержателя.

Исходя из спектров мощности сигналов ВАЭ, снятых на значительном удалении (рис. 4–6), можно сказать о существенной потере информативности: увеличения шумовых составляющих, невозможность определения периодичности воздействия сил резания, существенное искажение сигнала.

Для систем с большим числом звеньев на расстоянии от зоны резания до места съема сигнала не возможно определить степень износа режущего инструмента с помощью частотно-временного анализа.

При анализе вейвлет-спектров многомасштабного вейвлет-анализа, построенных по данным, содержащим шумы и выпадения, следует учитывать, что искажения сосредоточены в основном в высокочастотной части спектра. Игнорируя эту область, мы получаем вейвлет-спектр, который слабо зависит от числа ячеек гистограммы и ее искажений [6].

Многомасштабный вейвлет-анализ обладает способностью выделять из сигнала компоненты разного масштаба. Это часто используют для того, чтобы разделить исходные данные на составляющие (аналогично тому, что происходит при фильтрации с помощью преобразования Фурье). Проблема тесно связана с двумя другими: шумоподавлением и определением параметров сигнала по результатам наблюдения.

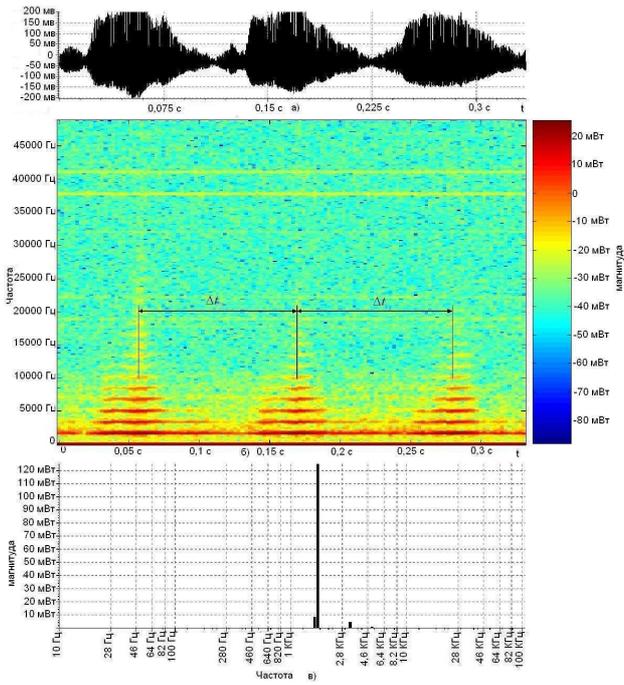
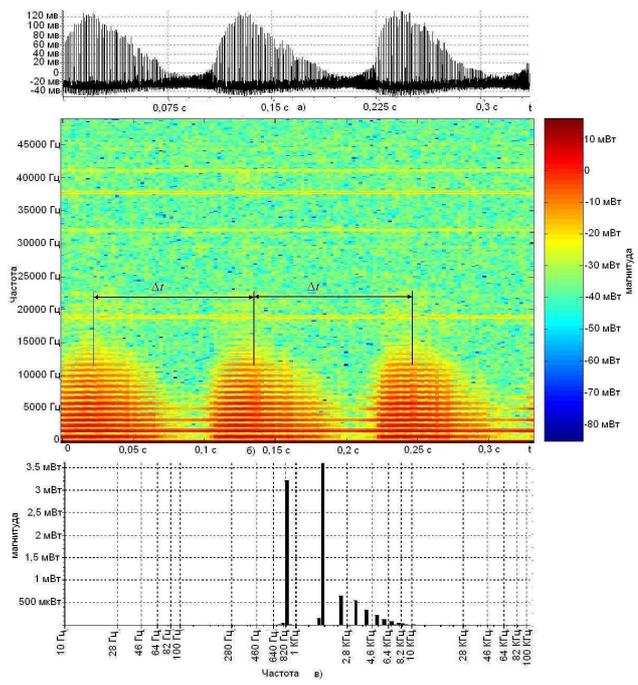


Рис. 1. Частотно-временной анализ и б) спектр мощности в) сигнала ВАЭ а), излучаемой в процессе точения жесткой заготовки, снятой в непосредственной близости от зоны резания, износ инструмента  $h_3=0$ , шероховатость  $R_a=1.7$  мкм, показатель Ляпунова  $\lambda_1=-0,005887$ .



Рису. 2. Частотно-временной анализ и б) спектр мощности в) сигнала ВАЭ а), излучаемой в процессе точения жесткой заготовки, снятой в непосредственной близости от зоны резания, износ инструмента  $h_3=0.15$  мм, шероховатость  $R_a=2.1$  мкм, показатель Ляпунова  $\lambda_1=-0,442315$ .

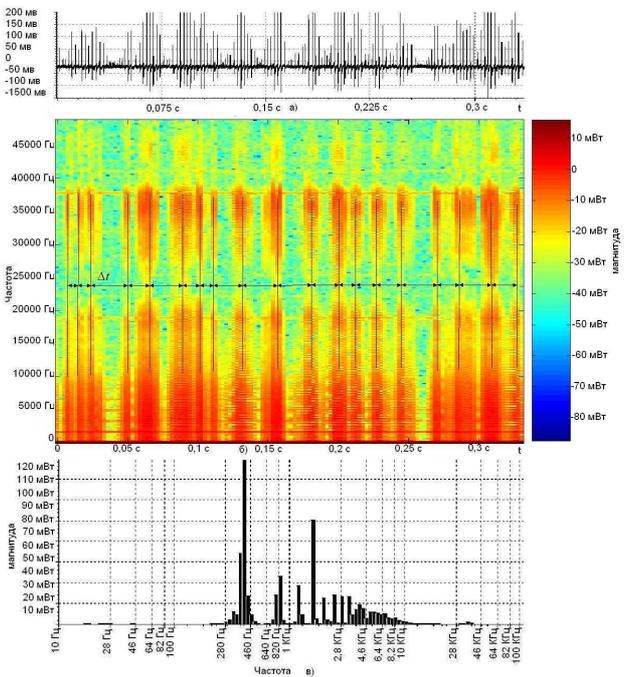


Рис. 3. Частотно-временной анализ и б) спектр мощности в) сигнала ВАЭ а), излучаемой в процессе точения жесткой заготовки, снятой в непосредственной близости от зоны резания, износ инструмента  $h_3=0.5$  мм, шероховатость  $R_a=4.0$  мкм, показатель Ляпунова  $\lambda_1=-0,668861$ .

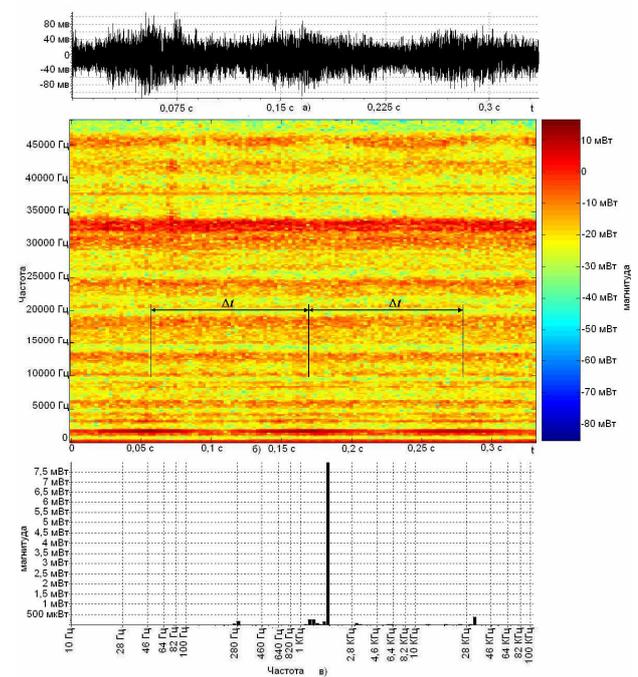


Рис. 4. Частотно-временной анализ и б) спектр мощности в) сигнала ВАЭ а), излучаемой в процессе точения жесткой заготовки, снятого с волнового приемника расположенного на оборотной стороне резцедержателя, износ инструмента  $h_3=0$ , шероховатость  $R_a=1.7$  мкм, показатель Ляпунова  $\lambda_1=-0,005887$ .

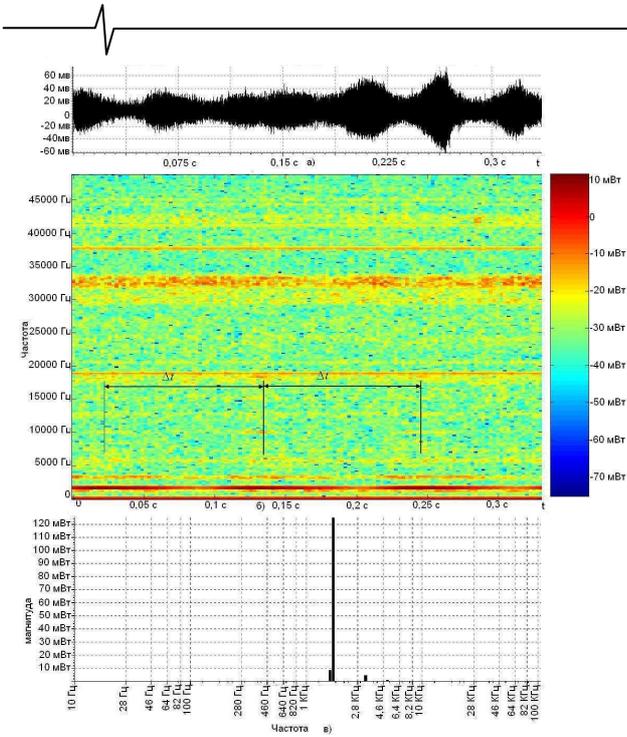


Рис. 5. Частотно-временной анализ и б) спектр мощности в) сигнала ВАЭ а), излучаемой в процессе точения жесткой заготовки, снятого с волнового приемника расположенного на оборотной стороне резцедержателя, износ инструмента  $h_3=0.15$  мм, шероховатость  $R_a=2.1$  мкм, показатель Ляпунова  $\lambda_1=0,442315$ .

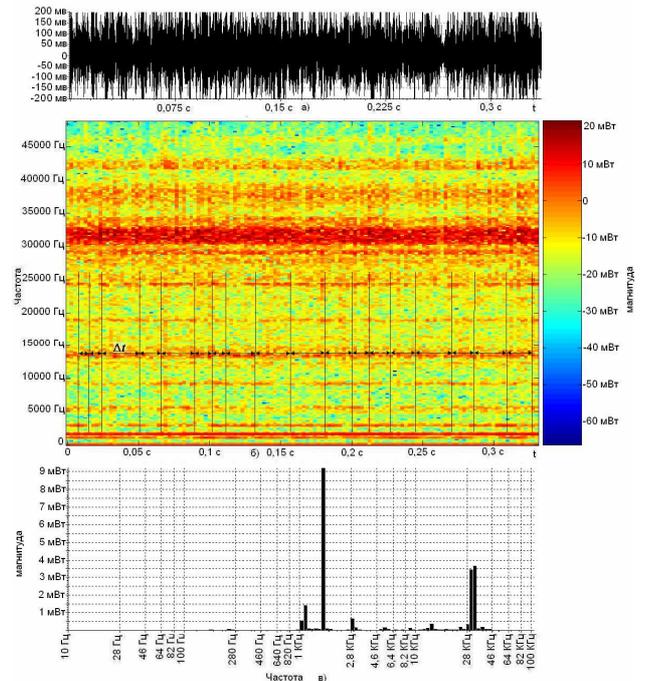


Рис. 6. Частотно-временной анализ и б) спектр мощности в) сигнала ВАЭ а), излучаемой в процессе точения жесткой заготовки, снятой в непосредственной близости от зоны резания, износ инструмента  $h_3=0.5$  мм, шероховатость  $R_a=4.0$  мкм, показатель Ляпунова  $\lambda_1=0,668861$ .

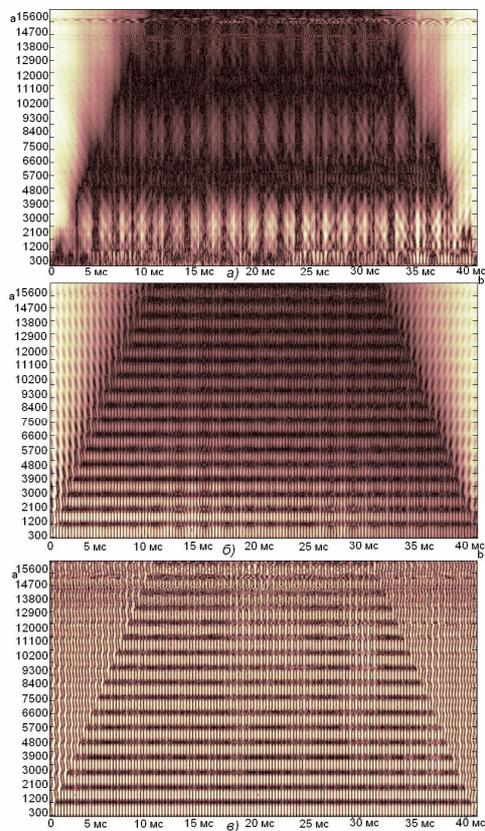


Рис. 7. Многомасштабный вейвлет-анализ сигналов ВАЭ, излучаемой в процессе точения жесткой заготовки и снятого с волнового приемника расположенного на оборотной стороне резцедержателя: а) – износ инструмента  $h_3=0$ ; б) –  $h_3=0.15$  мм; в) –  $h_3=0.5$  мм

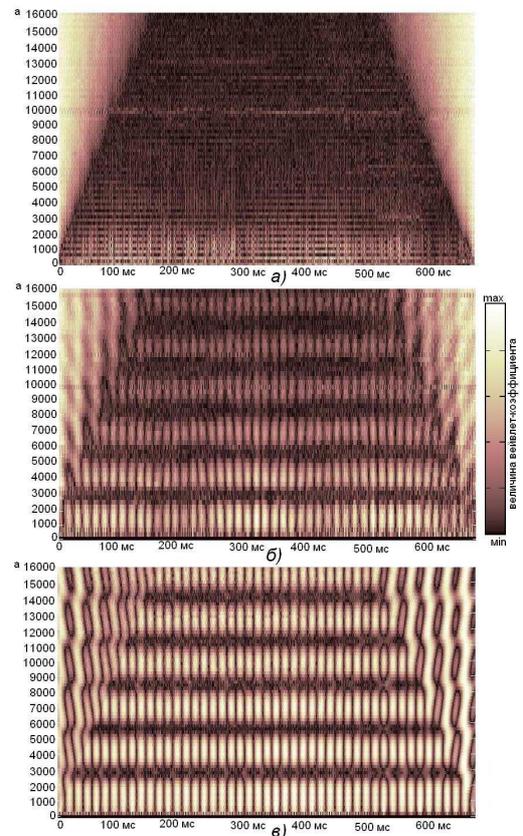


Рис. 8. Многомасштабный вейвлет-анализ сигнала ВАЭ, снятого с волнового приемника установленного на корпусе шпиндельной головки станка 675П концевой фрезой  $\varnothing 30$  мм частоте вращения 320 об/мин, подаче 80 мм/мин а) износ  $h_3=0$  б)  $h_3=0.35$  мм в)  $h_3=0.5$  мм.

## Литература

При минимальном износе (рис. 7, а и 8, а) режущего инструмента сигнала ВАЭ яркие цвета наблюдаются только в начале временного интервала (вейвлет-анализ воспринимает начала сигнала как внезапное появление сигнала от нуля), в конце временного интервала (внезапный спад сигнала до нуля) и в нижней области вейвлет-спектра (рис. 7, а и 8, а).

Светлые участки вейвлет-спектра в нижней его области свидетельствуют о наличии сингулярностей малой интенсивности (рис. 7, а и 8, а). Колебание инструмента происходит наиболее устойчиво, свидетельствуя об оптимальных параметрах обработки. Поэтому наиболее целесообразно применение многомасштабного вейвлет-анализа.

При увеличении степени износа появляются светлые участки вейвлет-спектра в верхней его области, свидетельствуя о наличии сингулярностей большой интенсивности (масштаба) (рис. 7, в и 8, в). В данном случае колебание инструмента происходит наиболее хаотично, свидетельствуя о работе на пределе допустимых параметров обработки.

Применение многомасштабного вейвлет-анализа возможно также для диагностирования вращающегося инструмента, что не было возможно ни с помощью частотного анализа колебания, ни с помощью какого либо другого метода. Исследование по диагностированию степени износа вращающегося инструмента проводилось на базе широкоуниверсального фрезерного станка при установке датчика на волновом приемнике, закрепленном на корпусе шпиндельной головки. Даже при расположении датчика на таком значительном удалении отчетливо видно появление ярких участков в верхней области вейвлет-спектра (рис. 8, в).

1. Биленко С.В. Самоорганизующиеся алгоритмы искусственного интеллекта в управлении процессами механической обработки. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Комсомольск-на-Амуре КНАГТУ 2000.
2. Кабалдин Ю.Г., Олейников А.И., Шпилев А.М., Бурков А.А. Математическое моделирование самоорганизующихся процессов в технологических системах обработки резанием. Владивосток: Дальнаука, 2000. 195с.
3. Кабалдин Ю.Г., Щетинин В.С. Шпилев А.М. Повышение точности обработки в технологических самоорганизующихся системах //Вестник машиностроения 99 №6 с 34-37
4. Кабалдин Ю.Г., Шпилев А.М. Самоорганизующиеся процессы в технологических системах обработки резанием. Диагностика управление. – Владивосток: Дальнаука. 1998. 298с.
5. Подураев В.Н. и др. Технологическая диагностика резания методом акустической эмиссии Подураев В.Н., Базаров А.А., Горелов В.А. – М.: Машиностроение, 1988. -56 с.: ил.
6. Цитов А.Б., Разработка численных методов и программ связанных с применением вейвлет анализа для моделирования и обработки экспериментальных данных. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. – Иваново. Ивановский Государственный университет. 125 с.
7. Отаров С.К. Многопараметрическая диагностика и управление процессом обработки на металлорежущих станках в условиях гибкого автоматизированного производства. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ростов-на-Дону ДГТУ 1999.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО

*Уважаемый коллега!*

*Приглашаем Вас принять участие в работе 10-ой Международной конференции и выставки «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA'2008», которая состоится в Москве 26-28 марта 2008 года*

## ОРГАНИЗАТОРЫ:

- Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова
- IEEE Signal Processing Society
- Российская секция IEEE
- Институт радиотехники и электроники РАН
- Институт проблем управления РАН
- Институт проблем передачи информации РАН
- Московский научно-исследовательский телевизионный институт
- Компания AUTEX Ltd. (АВТЭКС)

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Теория сигналов и систем
- Теория и методы ЦОС
- Цифровая обработка многомерных сигналов
- Цифровая обработка речевых и звуковых сигналов
- Цифровая обработка изображений
- ЦОС в системах телекоммуникаций
- ЦОС в радиотехнических системах
- ЦОС в системах управления и робототехники
- Цифровая обработка измерительной информации
- Нейрокомпьютерная обработка сигналов и изображений
- Цифровое телевидение и телевидение
- Цифровое радиовещание
- ЦОС в системах защиты информации
- Проектирование и техническая реализация систем ЦОС
- ЦОС в открытых системах
- Проблемы подготовки специалистов в области ЦОС