

## ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ СИГНАЛОВ ВИБРАЦИИ

Ле Ван Туан

Научный руководитель: Казьмин В.П., к.т.н., доцент  
Томский политехнический университет, г. Томск  
[visaosang89@gmail.com](mailto:visaosang89@gmail.com)

### Введение

В последние десятилетия резко возросло количество используемых автомобилей, что в свою очередь привело к увеличению выбросов выхлопных газов в окружающую среду. Отклонение параметров двигателя внутреннего сгорания (ДВС) от заводских приводит к ухудшению сгорания топлива и увеличению выбросов отработанных газов.

ДВС – энергетическая машина, преобразующая тепловую энергию, выделяющуюся в результате сгорания топлива в механическую работу. На отечественных автомобилях установлены поршневые ДВС. Двигатель внутреннего сгорания состоит из механизмов и систем, выполняющих определенные функции [1].

Типичными неисправностями ДВС являются следующие: увеличенные зазоры клапанов, износ сальников клапанов или направляющих клапанов, износ или повреждение привода распределительного вала, уменьшение компрессии в результате износа цилиндропоршневой группы и т.д. [2]. На текущий момент времени разработано много способов диагностики неисправностей ДВС, например: по составу выхлопных газов, по шумам, издаваемым ДВС в процессе работы и т.д.. Разработаны и используются специализированные компьютеризированные диагностические комплексы (мотортестеры) [3]. Для диагностики неисправностей ДВС используются различные методы, в том числе на основе расчета частотно-временной корреляционной функции [4].

### Частотно-временная корреляционная функция

Частотно-временная корреляционная функция позволяет установить взаимосвязь сигналов не только во временном домене, а также и в частотном. На практике автокорреляционная функция, используя преобразование Фурье, находится по следующему выражению:

$$K(\tau) = F^{-1} \left[ F(x_i) F^*(x_i) \right],$$

где  $F$  – прямое дискретное преобразование Фурье сигнала  $x_i$ ,  $F^*$  – комплексно-сопряженное значение результатов прямого дис-

кретного преобразования,  $F^{-1}$  – обратное дискретное преобразование Фурье.

Согласно [5] перед вычислением произведения  $F(x_i) F^*(x_i)$  предварительно формируют  $m$  его копий  $M^k$ ,  $k = 0, \dots, m-1$ , при этом весь спектр кроме  $k$ -ой части обнуляется. В результате обратного преобразования Фурье каждой из этих копий получают частотно-временную автокорреляционную [5].

Рассмотрим применение частотно-временной корреляционной функции при исследовании сигналов вибрации двигателя K20A- Honda [6]. В поставленных экспериментах исследовано состояние агрегатов двигателя в штатном состоянии и с неисправностью. Исходные сигналы вибрации получены с использованием вибропреобразователя ДН-3, с частотой дискретизации 44100 Гц, при частоте вращения коленчатого вала 3000 об/мин. Анализ сигналов проведен с использованием специализированной программы [7]. Съём сигналов вибрации ДВС осуществлялся в нескольких точках показанных на рисунке 1, полученные частотно-временные корреляционные функции приведены на рисунке 2.



Рис. 1. Положения, где сняты сигналы

В штатном режиме работы ДВС на частотно-временной корреляционной функции отчетливо видны моменты воспламенения смеси в цилиндрах.

Неисправность ДВС была получена отключением форсунки первого цилиндра. На рисунке 3 представлена частотно-временная корреляционная функция на которой отчетливо видны 3 яркие точки, соответствующие воспламенению смеси в цилиндрах 2,3,4.

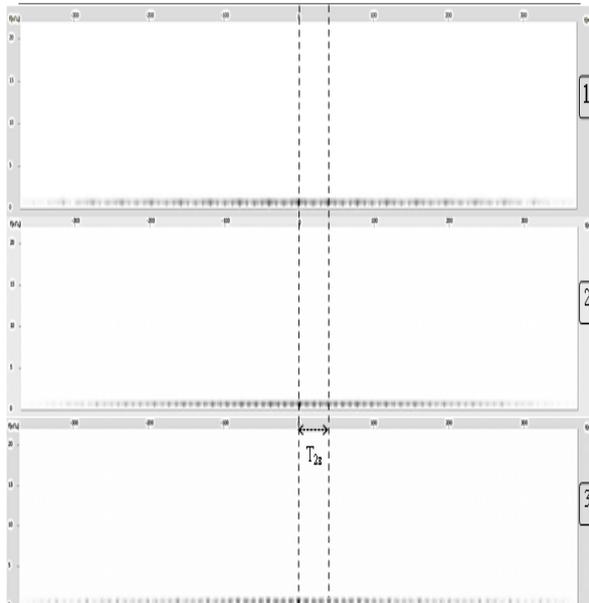


Рис.2. Частотно-временные автокорреляционные функции

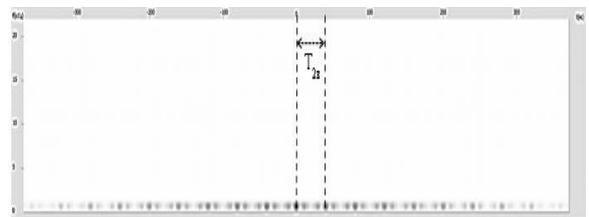


Рис.3. Частотно-временная автокорреляционная функция ДВС с неисправностью

Полученный результат позволяет утверждать, что частотно-временную корреляционную функцию можно использовать для диагностики ДВС. Для полноты исследований состояния работы дви-

гателя и его диагностики необходимо провести другие эксперименты.

#### Вывод

В данной работе рассмотрена возможность использования частотно-временной автокорреляционной функции для диагностики ДВС, приведены результаты анализа сигналов вибрации ДВС в штатном режиме и с неисправностью.

#### Литература

1. В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.А. Юрчевский Автомобили: теория и конструкция автомобиля и двигателя. – М: Издательский центр «Академия», 2003. – 816 с.
2. Автошкола [Электронный ресурс]. Основные неисправности двигателей внутреннего сгорания. – Режим доступа: <http://www.autoshcool.ru/2334-osnovnye-neispravnosti-dvigatelye-vnutrennego-sgoraniya.html>, свободный
3. Пахомов А.А. Применение мотортестера «MotoDoc II» в диагностике отечественных автомобилей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.chiptuner.ru/content/pub\\_08](http://www.chiptuner.ru/content/pub_08), свободный
4. В.С. Аврамчук, В.П. Казьмин Анализ сигналов вибрации двигателя внутреннего сгорания // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 5. – С. 69–73.
5. Аврамчук В.С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 5. – С. 113–116.
6. Хонда двигатели K20, K24. Устройство, техническое обслуживание и ремонт. – М.: Легион-Автодата, 2008. - 264 с.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012616731. «Частотно-временной автокорреляционный анализ сигналов» / Аврамчук В.С, Лунева Е.Е., 26 июля 2012..