

## ОПЕРАТИВНАЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АВТОМОБИЛЕЙ

А.С. Чурилин<sup>1</sup>

*Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики (СПбГУСЭ),  
191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кавалергардская д.7, лит. А*

*Аннотация* – Амплитудно-частотный спектр шума двигателя автомобиля и его ориентация в пространстве представляет интерес с позиции привязки к рабочим процессам, происходящим в двигателе с использованием сложной прецизионной аппаратуры. Однако с совершенствованием бытовой компактной компьютерной аппаратуры появляется возможность совершенствования и упрощения измерений

*Ключевые слова:* Амплитудно-частотный спектр; шум двигателя; автомобиль; прецизионная техника; вибрации; санитарные нормы; уровень шума.

## OPERATIVE VIBROACOUSTICS DIAGNOSTICS OF CARS

A.S. Churilin

*The St.-Petersburg state university of service and economy (SPbSUSE),  
191015, St.-Petersburg, street Kavalergardsky, 7, lit. A*

*Summary* – The peak-frequency spectrum of noise of the engine of the car and its orientation in space is of interest from a position of a binding to the working processes occurring in the engine with use of difficult precision equipment. However about perfection of household compact computer equipment there is an innovative possibility of perfection and simplification of measurements.

*Keywords:* Peak-frequency spectrum; engine noise; the car; the precision technics; vibrations; the sanitary criterion; noise level.

Традиционным способом привязки шума и вибрации к рабочим процессам двигателя являлся способ записывания сигналов вибродатчиков и датчика, отслеживающего угол поворота коленвала, на высокоскоростной магнитофон.

Теперь, при наличии высокопроизводительных компьютеров, для получения визуальной картины происходящих в двигателе процессов и сигналов с микрофона или вибродатчика требуется совсем немного усилий. Основная сложность состоит в правильной интерпретации получаемой информации [1 – 3]. Человеческий мозг, имеющий практический опыт, без труда может правильно интерпретировать поступающую по слуховому нерву информацию и отличить стук в приводе клапанов от стука в нижней головке шатуна, но привязать этот стук к конкретному клапану или шатуну ему весьма проблематично. При восприятии визуализированного сигнала от микрофона или вибродатчика, человеку легко сопоставить его с рабочими процессами, происходящими в двигателе, но интерпретировать сам сигнал без соответствующей обработки практически невоз-

можно. В этой связи актуально представить спектры шумов и вибраций в системе 3D координат.

В связи с этим представляет интерес сопоставления спектров шумов в разных частях автомобиля для оценки резонансных явлений и общего шумового фактора для сопоставления их с санитарными нормами.

Работа двигателя может исследоваться, например, на повышенных оборотах холостого хода. Субъективно, в салоне автомобиля, ощущается сильная вибрация. Как правило, она ощущается с минимальной частоты холостого хода, достигает максимума, которой приходится на частоту 1200 – 1300 об/мин, и постепенно уменьшается к 3000 об/мин. По спектру частоты вращения можно констатировать низкую эффективность работы любого цилиндра. Глядя на отредактированный сигнал датчика видно, что низкочастотная составляющая его колебаний равна частоте вращения двигателя. Следовательно, её нельзя объяснить только низкой эффективностью работы конкретного цилиндра, частота работы которого в два раза ниже. Если сопоста-

вить разные графики скорости и отредактированные графики, можно прийти к выводу, что имеется фактор, несвязанный с неравномерностью вращения вала, заставляющий колебаться двигатель. Таким фактором может быть, например, отсутствующая лопасть крыльчатки охлаждения радиатора. Но в конкретном итоге, все лопасти целы, а четкая фазировка колебаний относительно положения коленвала наводит на мысль, что колебания вызваны дисбалансом вращающихся масс. Наиболее вероятным источником дисбаланса у двигателя является маховик. Передняя часть такого маховика жестко крепится к коленвалу, а задняя крепится к передней через демпфирующий элемент. В результате эксплуатации демпфирующий элемент изнашивается, и задняя часть маховика получает радиальное смещение относительно передней. И даже незначительное смещение этой части приводит к ощутимой вибрации из-за большой массы маховика.

Данная методика позволяет исследовались любые другие шумовые параметры. Это хорошо иллюстрируется графиками в системе 3D.

Наибольшую практическую значимость разработанная методики виброакустической диагностики автомобилей имеет в учебном процессе для проведения лабораторных работ. Здесь возможно

использование простых и доступных приборов (например, аудиоплеера, диктофона или мобильного телефона и ноутбук, а также простых программ, типа «саунд – фордж» и др), которые позволяют записать сигнал и далее сопоставить спектра шума с санитарными нормами по звуковому уровню, или произвести обработку на предмет выявления возможных неисправностей. Конечная цель и заключается в сопоставлении спектров шумов и вибраций для выявления источников шума автомобиля и определение рекомендаций для шумоподавления.

Например, в нашем случае, при помощи звукозаписывающего устройства, а именно диктофона, был записан звук, издаваемый автомобилем (для машины Nissan Pathfinder) на холостых оборотах, из трех положений (рис.1):

Запись спектров шума и их визуализация на дисплее компьютера в различных режимах в трёхмерном изображении (с добавлением координаты – время T) при разном наглядном изображении (линейная диаграмма и заполненная диаграмма) в нормируемом диапазоне частот 20 – 10000 Гц и в (в салоне автомобиля), где фиксируются основные резонансные пики от возмущающих колебаний при работе двигателя.

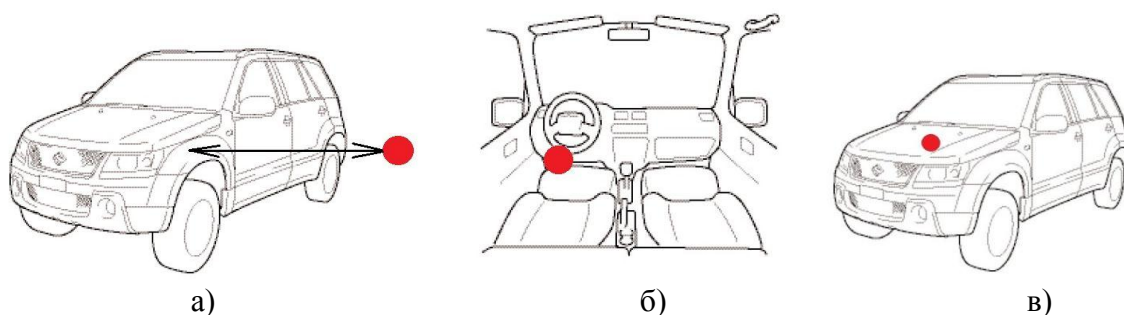


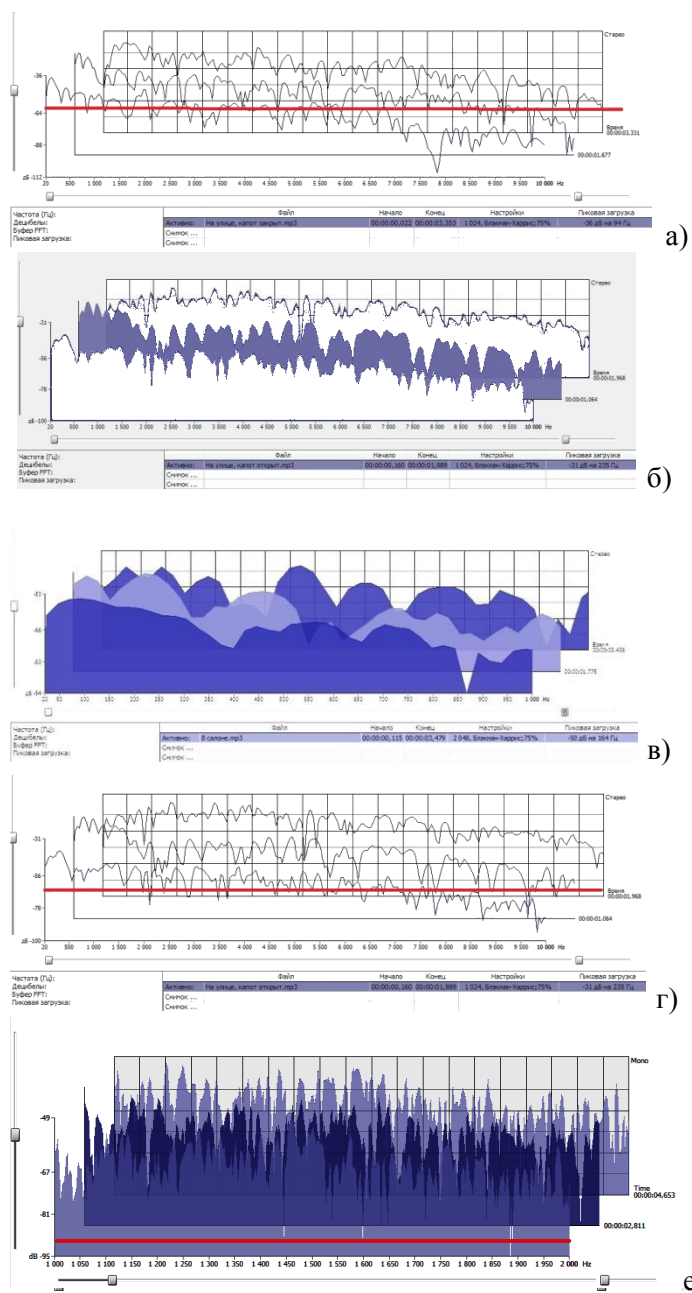
Рисунок 1 – Расположение измерительных точек: а) – снаружи; б) – внутри салона; в) – снаружи над капотом.

Далее представлены графики (рис. 2 – 8) для всех положений, из которых производились замеры звука двигателей. В результате проделанной работы были получены графики, благодаря которым удалось определиться уровни шума издаваемого автомобилем из трех рассмотренных положений. Согласно санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562-96 рассмотренный автомобиль Suzuki отвечал нормам звукового давления, не превышая отметки 60 дБА. Однако только при открытом капоте звук превысил допустимую норму, но это было сделано умыш-

ленно, ведь капот открывают, как правило, при ремонте или диагностике автомобиля. А автомобиль марки Nissan по уровню шума, как оказалось на графиках, практически не выходил за рамки санитарных норм во всех рассмотренных положениях.

Таким образом, есть возможность сопоставлять разные спектр шума и отредактированные графики. При этом можно выявлять факторы, связанные и несвязанные с резонансами и неравномерностью вращения вала, заставляющие колебаться двигатель, определять дефекты

подвески. Такими факторами могут быть, например, дефекты лопастей крыльчатки охлаждения радиатора и пр.



а)

б)

в)

г)

е)

д)

ж)

Рисунок 2 – Спектры воздушного шума автомобиля в нормируемом диапазоне частот: а) – замер на открытом воздухе, возле автомобиля на расстоянии 1 м – сплошной узкополосный спектр (жирная линия показывает нормативную кривую, ниже которой отчётливо видны резонансные пики превышающие норму); б) – замер в той же точке, но с открытым капотом, заметно повышение уровней шума во всём диапазоне частот; в) – укрупнённый спектр шума в салоне (в диапазоне до 1000 Гц – провал на 870 Гц показывает основной резонансный пик для этого числа оборотов коленвала); г) – тот же спектр всего диапазона, где основной резонансный пик едва различим; д) – замер на открытом воздухе на расстоянии 1 м от машины при закрытом капоте (при анализе спектра до 125 Гц – подробно видны все резонансные пики кузова, и двигателя); е) – запись спектра, в диапазоне до 2000 Гц, но при самом узкополосном анализе, что дает возможность объективно оценивать резонансную картину более подробно; ж) – спектр внутри салона на месте пассажира при холостом ходе на частотах до 125 Гц (заметен основной пик основной частоты двигателя на частоте 92, 5 Гц)

## Литература

1. Чурилин А.С. Исследование изгибно- продольных колебаний роторов бытовых машин при упругой подвеске.// Техничко-технологические проблемы сервиса. 2010, Выпуск 14(4), с 14 – 17.

2. Чурилин А.С., Потемкина Т.В. Идентификация источников и способы подавления шума при диагностике бытовых машин» // Техничко – технологические проблемы сервиса. 2011, Выпуск 15(1), с. 9 – 18

<sup>1</sup>Чурилин Александр Сергеевич, к.т.н., доцент кафедры “Техническая механика” СПбГУСЭ, тел.: (812) 362-31-27.