

УДК 629.33.024

В.В. Мешков, доцент, канд. техн. наук,
В.Н. Торлин, профессор, д-р техн. наук,
А.С. Домнина, ассистент

*Севастопольский национальный технический университет
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИБРОДИАГНОСТИКИ КУЗОВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассматривается методика разработки новых алгоритмов диагностирования кузовных конструкций, основанных на анализе виброграмм, получаемых путем компьютерной обработки параметров поверхностных волн Релея, инициируемых вибратором

Ключевые слова: программное обеспечение, диагностирование кузовных конструкции

Введение. Совершенствование методов и средств диагностирования технического состояния транспортных средств, находящихся в эксплуатации, позволяет повысить их уровень безопасности. Особую роль в обеспечении безопасности автомобиля играет кузов, в связи с чем, развитию методов диагностирования кузовных конструкций в настоящее время уделяется большое внимание. Актуальной задачей в этом направлении является применение последних достижений информационных технологий в программном обеспечении диагностических комплексов.

Анализ основных достижений и литературы. Вопросы разработки информационного и программного обеспечения вибродиагностических комплексов подробно изложены в монографии [1]. Методы, основанные на измерении частот собственных колебаний элементов конструкций, предназначенные для диагностирования изменения физико-механических свойств различного рода материалов и изделий, рассмотрены в [2]. В основу таких методов положено наличие зависимости между упругими константами материала изделия и параметрами спектра волновых процессов, инициируемых тестовыми воздействиями. Однако для описания рассматриваемых явлений используются простые зависимости из элементарной физики, в то время как процессы распространения упругих волн описываются дифференциальными уравнениями в частных производных [3], решения которых составляют алгоритмическую основу вибродиагностического комплекса, реализующего методику анализа параметров волн Релея, инициируемых в поверхностных слоях диагностируемого объекта с помощью специального вибратора. Для решения этой задачи необходимо разработать методы обработки экспериментальных данных и представления их в виде амплитудно-фазовых характеристик исследуемого объекта, построить более совершенные диагностические модели и с их помощью получить новые результаты. Для использования такой методики необходимо разработать соответствующее информационное и программное обеспечение.

Цель исследования, постановка задачи. Целью настоящей работы является разработка информационного и программного обеспечения для реализации на практике методики вибродиагностики, реализующей анализ в реальном времени волновых процессов, инициируемых вибратором в виде волн Релея.

Материалы исследований. Как показано в работе [3], любой вибродиагностический комплекс, реализующий методику тестового диагностирования, содержит вибратор, датчик, воспринимающий волны, распространяющиеся по поверхности объекта диагностирования, АЦП, преобразующий аналоговый сигнал в цифровой и компьютер, анализирующий поступающие сигналы, преобразующий их в критериальную форму и сравнивающий максимальные значения с допустимыми. Для анализа периодических сигналов обычно применяют Фурье-преобразование, для чего временную ось t, c дискретизируют и получают массив данных измерений $\lambda_i (i=1...n)$ на отрезке $t=0...T$ с интервалом Δt , после чего результаты измерений можно представить в виде полинома

$$A_\lambda = \frac{1}{2} A_0 + \sum_{i=1}^n \left(A_i \cos \frac{2\pi i t}{T} + B_i \sin \frac{2\pi i t}{T} \right), \quad (1)$$

коэффициенты которого получают по формулам:

$$A_i = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^n \lambda_i \cos \frac{2\pi i}{n}, B_i = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^n \lambda_i \sin \frac{2\pi i}{n}.$$

Критериальную форму процесса представим в виде абсолютной амплитуды S_i и фазы φ_i сигнала,

вычисляемых следующим образом:

$$S_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2}, \varphi_i = \arctg(B_i / A_i). \quad (2)$$

Вычисленные таким образом параметры S_i и φ_i сравниваются с эталонными значениями.

В качестве примера рассмотрим процесс, представленный в таблице массивом данных измерений λ_i ($i=15$) на временном отрезке $t=0-7c$:

Таблица 1 – Результаты измерений

№ п.п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
t	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
λ	7.0	3.7	-0.2	0.0	0.3	-3.7	-7.0	-3.7	0.0	0.2	-0.1	3.7	7.0	3.7	-0.2

Как следует из таблицы, начиная с точки №13 процесс повторяется. Полином (1) для данного массива имеет вид:

$$A_\lambda = 4.1 \cdot \cos(t) + 2.5 \cdot \cos(3 \cdot t) + 0.5 \cdot \cos(5 \cdot t). \quad (3)$$

График зависимости (3) приведен на рисунке 1

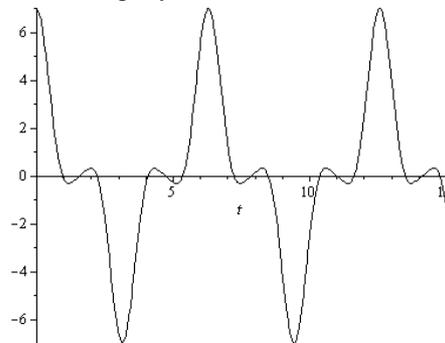


Рисунок 1 – Сигнал, обработанный преобразованием Фурье

Для составления диагностической карты, соответствующей процессу, показанному на рисунке 1, необходимо параметры рассматриваемого процесса сравнить с эталонным, рисунок 2

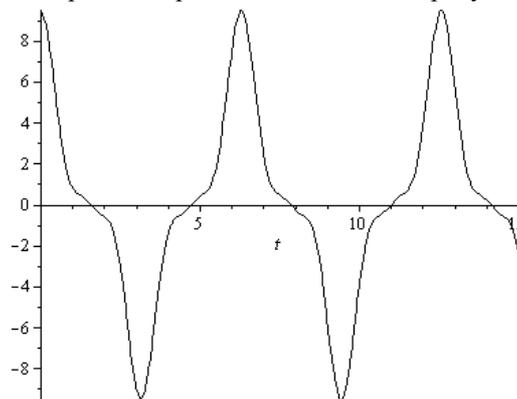


Рисунок 2 – Эталонный сигнал для исследуемого объекта

Визуальное сравнение графиков (рисунок 1 и рисунок 2) показывает некоторое различие исследуемого и эталонного процессов. Для того, чтобы дать количественную оценку необходимо найти S_i и φ_i для эталонного и исследуемого процессов и сравнить их. В данном случае различие составило 22.2%

При анализе волн Релея, представляющих собой продольные в направлении x и поперечные в направлении z перемещения упругой среды, в качестве диагностического параметра принимается обычно амплитуда поперечных волн

$$A_z = A_0 \exp(-klz) \cos\left[\frac{2\pi}{l}(x - c_3 t)\right], \quad (4)$$

где A_z – амплитуда поперечных волн; k – коэффициент затухания волн в направлении z ;

l – длина волны;
 c_3 – скорость поверхностных волн Релея, распространяющихся в направлении x от источника к датчику;

t – время.

По отклонению A_z от эталона можно судить о состоянии материала кузовной конструкции следующим образом. С помощью (4) необходимо вычислить параметр материала $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ (параметр Лямэ)

$$G = \frac{1}{\alpha t^2} \left[x - \frac{l}{2\pi} \arcsin \frac{A_z}{A_0 \exp(-kz)} \right]^2 \rho, \quad (5)$$

включающий в себя две основные характеристики материала E - модуль упругости и ν -коэффициент Пуассона. В (5) также входит ρ - плотность и параметр α вычисляемый для стали по формуле

$$3\alpha^6 - 24\alpha^4 + 56\alpha^2 - 32 = 0. \quad (6)$$

Таким образом отклонения диагностических сигналов от эталонных на 22.2% свидетельствуют о том, что упругие свойства материала снизились, а, следовательно, снизились и основные характеристики конструкции – несущая способность и ресурс.

Алгоритм (1) - (6) был реализован в виде программного обеспечения диагностического комплекса КУЗОВ-М.

Выводы

1. Показано, что совершенствование программного обеспечения вибродиагностических комплексов возможно по пути создания новых алгоритмов анализа волновых процессов, имеющих место при диагностировании кузовных конструкций.

2. Использование в качестве диагностических признаков параметров волн Релея позволяет оценить состояние основных эксплуатационных характеристик кузова автомобиля, таких как несущая способность и ресурс.

Направления дальнейших исследований. В дальнейшем следует включить в программное обеспечение вибродиагностических комплексов алгоритмы распознавания и обработки параметров волн Лэмба, Лява и др., позволяющих значительно расширить возможности методов вибродиагностики кузовных конструкций.

Библиографический список использованной литературы

1. Шульженко Н.Г. Задачи термпрочности, вибродиагностики и ресурса энергетических агрегатов: монография / Н.Г. Шульженко, П.П. Гонтаровский, Б.Ф. Зайцев. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 444 с.
2. Ваньков Ю.В. Собственные частоты изделия как информативный признак наличия дефектов / Ю.В. Ваньков, Р.Б. Казаков, Э.Р. Яковлева // Техническая акустика, – 2005. – Вып.3. – с.49-56.
3. Торлин В.Н. Тестовая вибродиагностика эксплуатационных свойств несущих систем транспортных средств / В.Н. Торлин, А.А. Ветрогон, В.В. Мешков, С.В. Булявец // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). – С.133-137.

Поступила в редакцию 27.05.2013 г.

Мешков В.В., Торлін В.М., Домніна А.С. Вдосконалення інформаційного і програмного забезпечення вибродіагностики кузовних конструкцій

Розглядається методика розробки нових алгоритмів діагностування кузовних конструкцій, заснованих на аналізі віброграм, одержуваних шляхом комп'ютерної обробки параметрів поверхневих хвиль Релея, ініційованих вібратором.

Ключові слова: програмне забезпечення, діагностування кузовних конструкцій.

Meshkov V., Torlin V., Domnina A. Improving the information and software design vibrodiagnostics of body car

The technique of the development of new algorithms for diagnosis of body structures, based on the analysis of vibrogram obtained by computer processing of surface Rayleigh waves initiated by a vibrator.

Keywords: software, vibrodiagnostic.