

УДК 629.33.024

В. Н. ТОРЛИН, д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой АТ. СевНТУ, Севастополь;
А. А. ВЕТРОГОН, канд. техн. наук, доц. СевНТУ;
В. В. МЕШКОВ, канд. техн. наук, доц. СевНТУ;
С. В. БУЛЯВЕЦ, студент СевНТУ

ТЕСТОВАЯ ВИБРОДИАГНОСТИКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ НЕСУЩИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Предлагается методика диагностирования состояния кузовных конструкции автомобилей, основанная на анализе виброграмм, получаемых путем компьютерной обработки параметров поверхностных волн Релея, инициируемых тестовым вибратором.

Ключевые слова: диагностирование кузовных конструкции, тестовый сигнал, алгоритм диагностирования.

Введение. Одним из путей решения проблемы безопасности транспортных средств, находящихся в эксплуатации, является непрерывное совершенствование методов и средств диагностирования и прогнозирования их технического состояния. Основные эксплуатационные свойства несущих систем транспортных средств во многом определяются изменением во времени физико-механических свойств материалов элементов кузовных конструкций. Диагностирование этого явления осуществляется методами вибродиагностики на неподвижном транспортном средстве с помощью тестовых воздействий. Информативность и достоверность таких методов зависит от методики формирования тестового воздействия и от уровня информационного обеспечения средств обработки результатов эксперимента.

Анализ основных достижений и литературы. Постановка задач и анализ методов вибродиагностики наиболее полно рассмотрен в работе [1]. Всесторонне явление распространения упругих волн в сложных агрегатах при вибродиагностике рассмотрено в монографии [2]. Методы, основанные на измерении частот собственных колебаний элементов конструкций, предназначенные для диагностирования изменения физико-механических свойств различного рода материалов и изделий, рассмотрены в [3]. В основу таких методов положено наличие зависимостей 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, решения которых позволяют построить более совершенные диагностические модели и с их помощью получить новые результаты.

Цель исследования, постановка задачи. Целью настоящей работы является разработка методики диагностирования кузовных конструкции транспортных средств, находящихся в эксплуатации, основанной на интегрировании волновых уравнений теории упругости, позволяющих с высокой точностью определять состояние объекта диагностирования и реализация этой методики в практике диагностирования состояния несущих систем транспортных средств.

© В. Н. Торлин, А. А. Ветрогон, В. В. Мешков, С. В. Булявец, 2013

Матеріали досліджень. Для розробки діагностическої моделі розглянемо процес тестового діагностування кузовної конструкції, схема якого показана на рис.1, що заключається в дослідженні параметрів хвильових процесів, ініційованих вібратором 1 і реєструються датчиком прискорення 2, при цьому сигнали, що поступають від датчика 2, в реальному часі обробляються АЦП 3, передаються в комп'ютер 4 і відображаються на його дисплеї, а також записуються в текстовий файл.

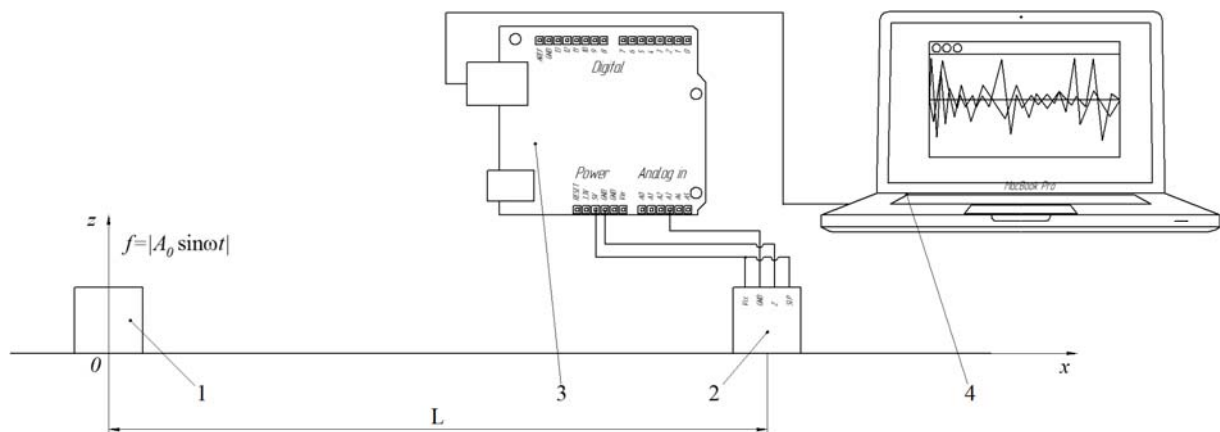


Рисунок 1 – Схема експеримента

1 – вібратор; 2 – акселерометр; 3 – АЦП; 4 – комп'ютер.

Основну математическу модель процесу визначимо в результаті рішення наступної задачі теорії еластичності. В момент часу $t = 0$ на границі досліджуваного об'єкта $z = 0$ в точці $x = 0$ починає діяти джерело коливань з амплітудою A_0 і куговою частотою ω , що задає тестовий сигнал

$$f(t) = |A_0 \sin \omega t|, \quad (1)$$

графік якого показаний на рис. 2.

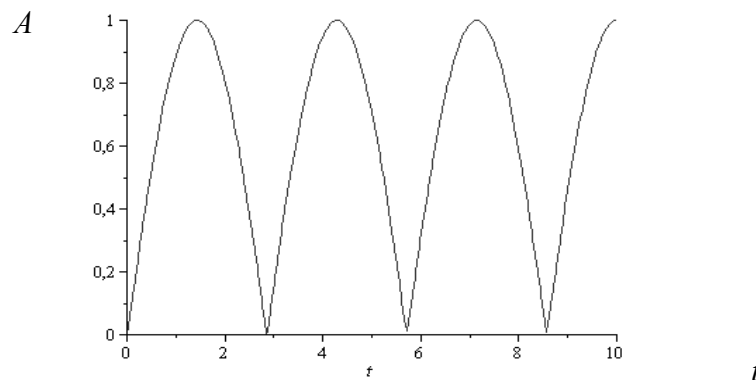


Рисунок 2 – Графік коливань вібратора

Сигнал (1) порождает на поверхности исследуемого объекта волны Релея, описываемые уравнениями [4]

$$\begin{aligned}(\lambda + G)\frac{\partial \theta}{\partial x} + G\nabla^2 U_x - \rho \frac{\partial^2 U_x}{\partial t^2} &= 0, \\(\lambda + G)\frac{\partial \theta}{\partial z} + G\nabla^2 U_z - \rho \frac{\partial^2 U_z}{\partial t^2} &= 0,\end{aligned}\tag{2}$$

где $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$, $\theta = \frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_z}{\partial z}$, $\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$, $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ – параметры Ляме;

E , ν , ρ – упругие свойства и плотность материала.

Решение уравнений (2) принимаем в форме

$$U_x = A_0 \exp(-klz) \sin\left[\frac{2\pi}{l}(x - c_3 t)\right], \quad U_z = A_0 \exp(-klz) \cos\left[\frac{2\pi}{l}(x - c_3 t)\right],\tag{3}$$

где U_x , U_z – перемещения в виде продольных и 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.

Скорость волн c_3 зависит от величин E , ν и ρ , и определяется по формуле

$$c_3 = \alpha \sqrt{\frac{G}{\rho}},\tag{4}$$

где α – определяется из уравнения 6-го порядка, которое для стальной кузовной конструкции имеет вид

$$3\alpha^6 - 24\alpha^4 + 56\alpha^2 - 32 = 0.\tag{5}$$

Диагностическая модель (1)-(5) позволяет определить текущее значение характеристики $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$, с помощью которой определяются два основные эксплуатационные свойства кузовной конструкции: несущая способность и ресурс [5].

Результаты исследований. С использованием диагностической модели (1)-(5) был разработан следующий алгоритм диагностирования:

1) на диагностируемую кузовную конструкцию в точке $x = 0$ в момент времени $t = 0$ начинаем воздействовать вибратором с амплитудой A_0 и круговой частотой ω ;

2) сигнал U_z , поступающий на датчик, установленный в точке $x = L$, передаем через АЦП в память компьютера;

3) обробляємо поступивший сигнал с помощью программного обеспечения, преобразующего сигналы АЦП в значения перемещений, получаем амплитудный портрет объекта;

4) обработкой полученной осциллограммы находим цифровые значения параметров процесса, необходимые для вычисления G ;

5) вычисляем G по формуле, полученной из (3)-(4):

$$G = \frac{1}{\alpha t^2} \left[x - \frac{l}{2\pi} \arcsin \frac{U_z}{A_0 \exp(-kz)} \right]^2 \rho. \quad (6)$$

Была проведена экспериментальная проверка разработанной методики. С помощью данной методики были продиагностированы кузова 3-х автомобилей, находящихся в эксплуатации разное время:

- RENAULT LOGAN выпуска 2009г, рис.2а;
- автомобиля ЗАЗ-110206 выпуска 1993г, рис.2б;
- автомобиля ВАЗ-2101 выпуска 1977г, рис.2в.

Как следует из рис. 3, сигнал, возбуждаемый вибратором в точке $x=0$, пройдя расстояние L , меняет конфигурацию и затухает тем больше, чем больше срок эксплуатации автомобиля.

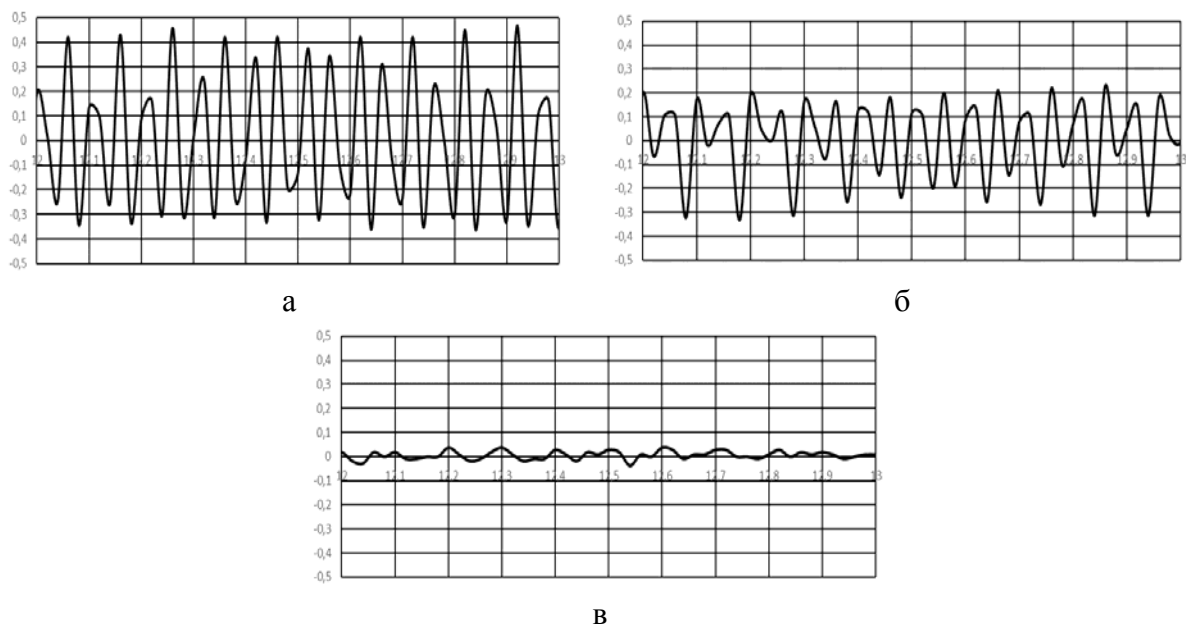


Рисунок 3 – Сигнал U_z на расстоянии L от вибратора: а – автомобиль 2009г; б – автомобиль 1993г ; в – автомобиль 1977г .

Выводы. 1. Амплитуда вибродиагностического сигнала является существенным диагностическим признаком, характеризующим состояние кузовной конструкции. 2. Кузовные конструкции автомобилей с разным сроком эксплуатации имеют различный амплитудный портрет.

Список литературы: 1. *Mitchel John S.* An Introduction to Machinery Analysis and Monitoring. - Tulsa: Penn Well Books, 1993.-423р. 2. *Шульженко Н.Г.* Задачи термостойкости, вибродиагностики и ресурса энергетических агрегатов: монография / *Н.Г. Шульженко, П.П. Гонтаровский, Б.Ф. Зайцев.* – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 444 с. 3. *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. 4. *Гринченко В.Т.* Гармонические колебания и волны в упругих телах / *В.Т. Гринченко, В.В. Мелешко.* – К.: Наук. Думка, 1980. – 284с. 5. *Торлин В.Н.* Прикладные задачи механики автомобиля: учебное пособие // *В.Н. Торлин, А.П. Фалалеев, В.В. Мешков, А.А. Ветрогон* и др.- Севастополь: СевНТУ, 2012.- 196 с.

Надійшла до редколегії 13.05.2013

УДК 629.33.024

Тестовая вибродиагностика эксплуатационных свойств несущих систем транспортных средств / В. М. Торлін, О. А. Ветрогон, В. В. Мешков, С. В. Булявец // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 29 (1002). – С. 133–137. – Бібліогр.: 5 назв.

Пропонується методика діагностування стану кузовних конструкцій автомобілів, заснована на аналізі віброграм, одержуваних шляхом комп'ютерної обробки параметрів поверхневих хвиль Релея, ініційованих тестовим вібратором

Ключові слова: діагностування кузовних конструкцій, тестовий сигнал, алгоритм діагностування.

The technique of diagnosing the state of touring vehicle design, based on an analysis of vibrogram obtained by computer processing of surface Rayleigh waves initiated by the test vibrator

Keywords: diagnosis of body design, test signal, the algorithm of diagnosis.