

подати дані про концентрацію складників мовою максимально наближеною до предметної області є засобом для гнучкого управління процесом отримання та аналізу інтерферограм.

Список літератури:

1. Трунов О.М., Цекало Є.О. Прикладне програмне забезпечення візуалізації для задач екологічної безпеки. // "Екологічна безпека об'єктів господарської діяльності". – Миколаїв: МДГУ, 2004. – С. 53-54.
2. Smith W.H., Trounov O.M. Development of software for process control micotoxin contamination. // "Екологічна безпека об'єктів господарської діяльності". – Миколаїв: МДГУ, 2004. – С. 12.
3. Скопенко Н.А. «Исследование возможностей создания анализаторов

состава газообразных и жидких сред для экспресс анализа». *Дипломная работа, УДМТУ, Николаев, 2002.*
4. Хачатурян Г.В., Рогаткин Д.А. // *Оптика и спектроскопия.* – 1999. – Т.87, № 2. – С. 258-265.
Кравчук А.С. *Основы компьютерной томографии.* – М., 2001.
5. Рамм А.Г. *Мномерные обратные задачи рассеяния.* – М., 1994.
6. Рогаткин Д.А. // *Квант. электрон.* – 2001. – Т. 31, № 3. – С. 279-281.
7. Тучин В.В. *Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях.* – Саратов, 1998.
9. Трунов О.М. *Застосування методу рекуррентної апроксимації до розв'язку нелінійних задач,* – Миколаїв: МДГУ, 1999, 135-142 с.

УДК 629.113

Е.И. Оксень, д-р техн. наук, В.Г. Цокур, канд. техн. наук, Д.Е. Оксень, студ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ВОЗНИКАЮЩИХ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАХ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ СО ЗНАКОПЕРЕМЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ

Введение

Перспективность акустического диагностирования двигателей, агрегатов и систем машин при проведении анализа технического состояния заключается в возможности выявления неисправностей на ранних стадиях их возникновения при относительно небольших трудозатратах. Надёжность выводов о состоянии машины при акустическом диагностировании может быть достигнута при использовании сравнительной количественной оценки спектральной мощности сигналов акустической эмиссии [1] работающих механизмов в исправном и дефектном со-

стоянии. Использование цифровых методов измерения и обработки сигналов [2,3] обеспечивает возможность выполнения аппаратуры контроля, работающей в режиме реального времени. Исследования, направленные на разработку методики диагностирования механизмов двигателей, основанной на оценке сигналов акустической эмиссии, являются актуальными.

1. Формулирование проблемы

При проведении экспериментальных исследований сигналов акустической эмиссии применяют

пьезокерамические преобразователи, частотная характеристика которых определяется толщиной пьезокерамической пластины h и скоростью распространения в ней звуковых колебаний V . Чувствительность пьезокерамических преобразователей не является линейной и достигает максимальных значений в области резонансных частот, ориентировочно равных для полуволновых датчиков $\nu_p = V/2h$.

Поэтому выбор параметров пьезодатчиков для соответствующих условий измерений определяется спектром исследуемых сигналов. Характер акустических сигналов, возникающих в кинематических парах механизмов двигателя в свою очередь определяются формой и материалом кинематических звеньев, состоянием поверхности контакта, наличием смазки и её качеством. В настоящей работе рассмотрены вопросы экспериментального определения влияния параметров пьезокерамических преобразователей и вязкости смазки на амплитудно-частотную характеристику сигналов акустической эмиссии, возникающих в кинематических парах при знакопеременных нагрузках.

Цель работы – разработка методики диагностирования состояния кинематических пар двигателя внутреннего сгорания, работающих при знакопеременных нагрузках, по параметрам амплитудно-частотных характеристик сигналов акустической эмиссии.

2. Методика исследований

Отработка и тестирование методики диагностирования состояния кинематических пар двигателя системы по амплитудно-частотным характеристикам сигналов акустической эмиссии выполнена на примере пары «поршень – палец». Для этого (рис. 1а) пара «поршень – палец» **1** устанавливалась в приспособлении **2**

в центрах так, что сигналы акустической эмиссии воспринимались пьезокерамическим преобразователем **3**, контактирующим с пальцем через волновод, выполненный в форме одного из центров приспособления. При проведении измерений использовались пьезокерамические преобразователи (рис. 1б) с резонансной частотой 25 кГц (**1**), 60 кГц (**2**) и 100 кГц (**3**).

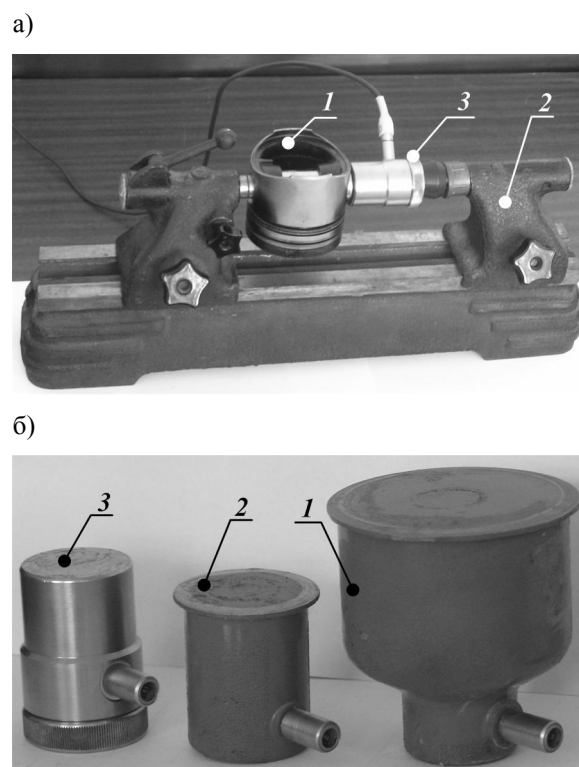


Рис. 1. Измерительное приспособление: а) установка пары «поршень – палец»; б) пьезокерамические преобразователи

Контактирующие поверхности волновода покрывались слоем вазелина для уменьшения потерь акустических сигналов.

Исследование влияния смазки в кинематической паре «поршень – палец» выполнялось сопоставлением характеристик сигналов акустической эмиссии в паре: без смазки, со смазкой вязкостью порядка $9 \text{ мм}^2/\text{с}$, со смазкой вязкостью порядка $18 \text{ мм}^2/\text{с}$. Вязкость смазки в паре задавалась подбором соот-

ношения смеси индустриального масла И-20 и дизельного топлива марки «Л» для температурных условий измерений. Контроль вязкости смазки выполнялся стеклянным капиллярным вискозиметром ВПЖ-2.

Знакопеременная нагрузка в кинематической паре «поршень – палец» моделировалась приложением импульса вдоль оси поршня.

Нормирование сигнала в канале измерительного тракта до уровня 250 мВ перед началом измерений выполнялось внешним усилителем. Измеряемый сигнал подавался на линейный вход звуковой платы, анализировался и фиксировался с помощью программы, разработанной в среде LabVIEW [4].

3. Результаты исследований

3.1. Влияние частотных характеристик датчиков

Сигналы акустической эмиссии в паре «поршень – палец» при внезапном приложении импульса носят характер затухающей волны (рис. 2). Длительность интервала затухания сигнала акустической эмиссии при отсутствии в кинематической паре смазки для пьезокерамических преобразователей и увеличении резонансной частоты снижается, и для датчиков 25, 60 и 100 кГц составляют, соответственно, порядка 30, 10 и 5 мс.

Несмотря на некоторые отличия в пределах серии измерений амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) зафиксированных сигналов для каждого из типов датчиков достаточно близки (рис.3), что указывает на равные условия формирования импульсов нагружения во всех измерениях. Однако, значение резонансной частоты датчиков, помимо интервала затухания, в значительной степени изменяет количественные показатели АЧХ сигналов.

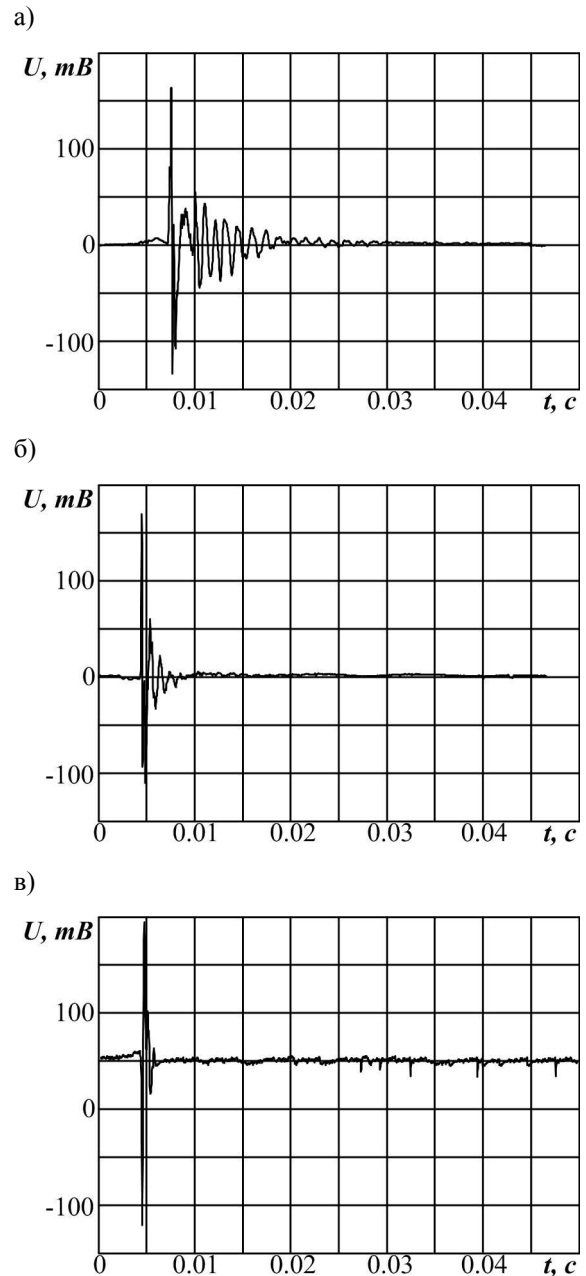


Рис. 2. Форма сигналов акустической эмиссии в паре «поршень – палец» при отсутствии смазки в зависимости от резонансной частоты пьезодатчика:
а) 25 кГц; б) 60 кГц; в) 100 кГц

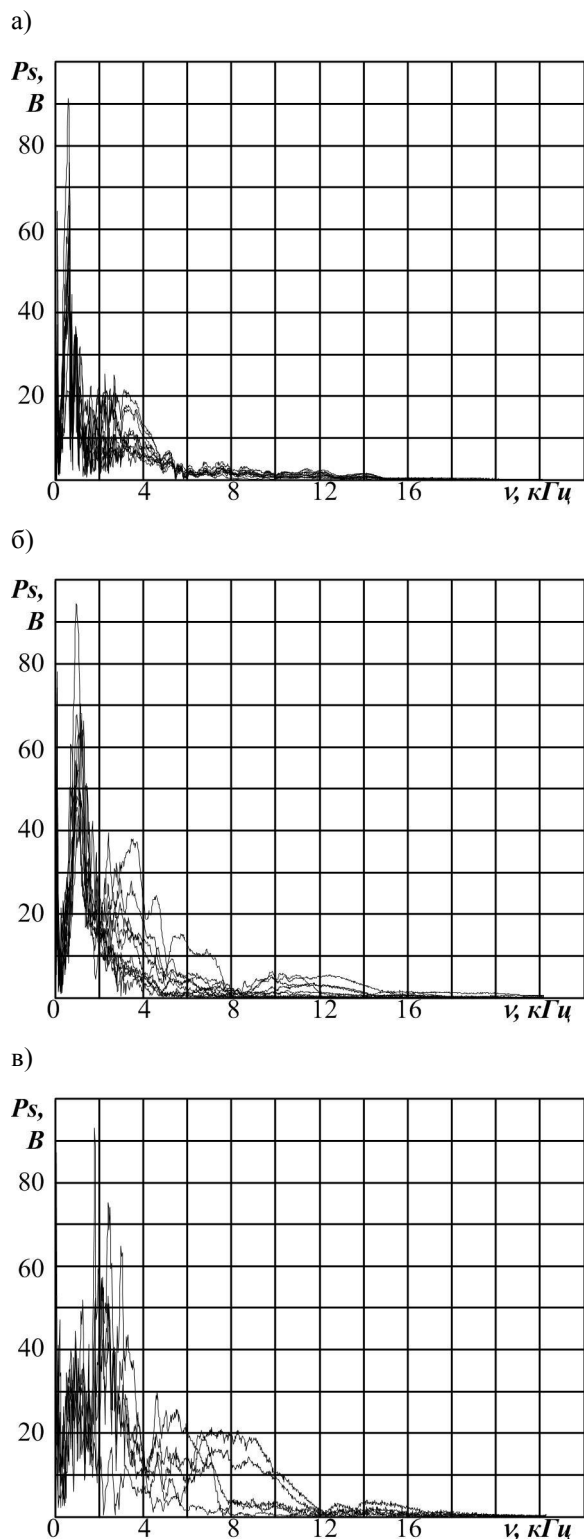


Рис. 3. АЧХ сигналов акустической эмиссии в паре «поршень – палец» при отсутствии смазки в зависимости от резонансной частоты пьезодатчика: а) 25 кГц; б) 60 кГц; в) 100 кГц

Так, если в частотной области значимых амплитуд АЧХ (рис. 4) для пьезодатчика с резонансной частотой 60 кГц максимальная энергия сосредоточена в колебаниях со средними для серии испытаний значениями: частотами 56,3 Гц – пик 1, 1036 Гц – (2) и нечётко выраженной области 3 – (2,2÷4,8 кГц), то для датчиков 25 и 100 кГц (см. рис. 3а и 3в) соответствующие значения частот составляют 50,8, 683 и 2100÷4200 Гц, и 63,2, 2076 и 4700÷9600 Гц. Следует отметить, что частотные максимумы 1, находящиеся вблизи частоты тока электрической сети, необходимо отнести к помехам в сигнале, обусловленным наводками в измерительном тракте.

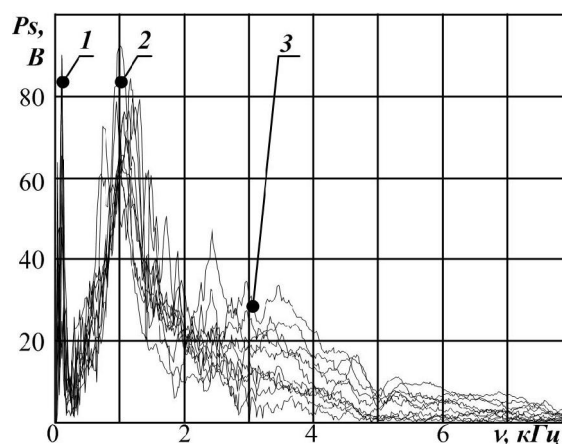


Рис. 4. Фрагмент АЧХ сигналов акустической эмиссии для пьезодатчика с резонансной частотой 60 кГц

Таким образом, увеличение резонансной частоты пьезокерамических преобразователей при измерении сигналов акустической эмиссии в кинематических парах при знакопеременных нагрузках приводит к искажению (фильтрации) сигнала, заключающемуся в увеличении скорости его затухания и смещении в сторону увеличения частот амплитудных максимумов АЧХ.

3.2. Влияние вязкости смазки

Введение смазки в кинематическую пару и уве-

личение её вязкости проявляется в снижении интенсивности сигналов акустической эмиссии знакопеременной нагрузки что фиксировалось пьезодатчиками всех применённых типов. Так, при увеличении вязкости смазки с 9 до 18 мм²/с (рис. 5), энергия спектра мощности колебаний, вычисленная как

$$T = \int_0^{v_{\max}} Ps(v) \cdot dv ,$$

где v – частота колебаний, уменьшается с $14,6 \cdot 10^8$ до $2,61 \cdot 10^8$ В·Гц.

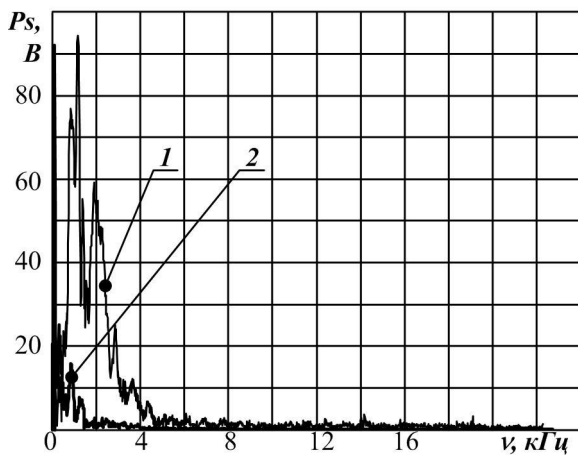


Рис. 5. АЧХ сигналов акустической эмиссии пьезодатчика с резонансной частотой 60 кГц для смазок различной вязкости: 1 – 9 мм²/с; 2 – 18 мм²/с

Как следует из графиков зависимости (рис. 6), влияние вязкости смазки на величину энергия спектра мощности колебаний заключается в значительном снижении интенсивности акустической эмиссии

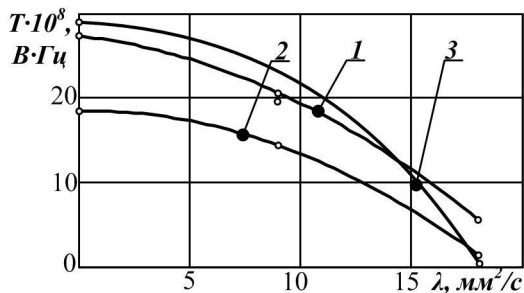


Рис. 6. Влияние вязкости смазки на величину энергия спектра мощности сигнала акустической эмиссии: 1 – без смазки; 2 – 9 мм²/с; 3 – 18 мм²/с

при вязкости смазки выше 5÷8 мм²/с. Причём при регистрации сигналов акустической эмиссии пьезодатчиками с большей резонансной частотой степень затухания сигнала увеличивается.

4. Практическое использование

Практическая реализация разработанной методики диагностирования состояния кинематических пар двигателя выполнена в виде программы анализа сигналов акустической эмиссии, функционирующей в режиме реального времени. Разработка виртуального прибора оценки состояния выполнена в среде LabVIEW (рис. 7).

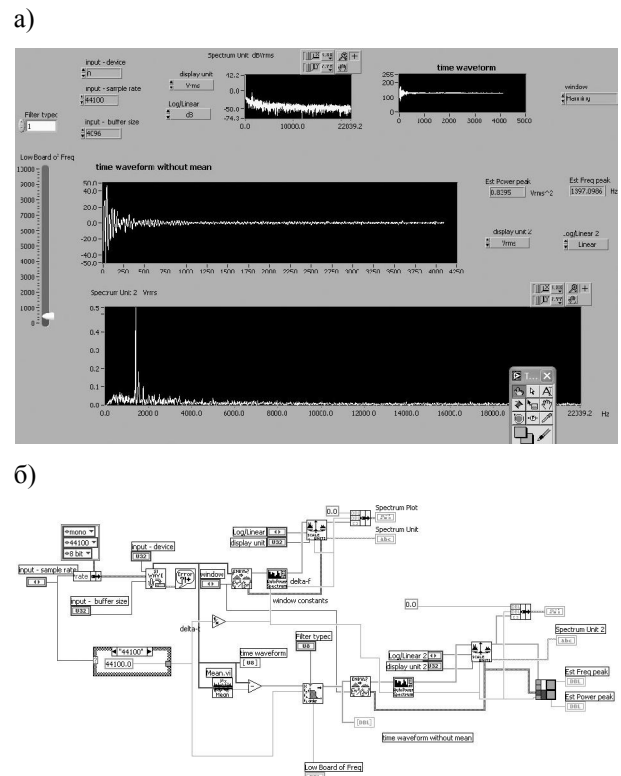


Рис. 7. Виртуальный прибор оценки состояния кинематических пар двигателя: а) панель управления; б) блок-диаграмма программы

Для исключения из анализируемых сигналов помех в виде сетевых наводок в программе применён цифровой фильтр Баттерворта, величина нижней отсечки которого устанавливается регулятором на панели управления. На рис. 7а приведен пример ра-

боты прибора, фиксирующего сигнал акустической эмиссии, вычисляющего АЧХ и значение частоты максимума энергии колебаний (для приведенного примера, равного 1397 Гц).

Заключение

1. Проявление знакопеременной нагрузки в кинематических парах двигателя заключается в формировании сигналов акустической эмиссии, выявление которых цифровыми методами с помощью пьезокерамических преобразователей позволяет осуществить диагностирование состояния контактирующих поверхностей.

2. Результаты обработки сигналов могут служить основой для диагностирования состояния кинематических пар двигателя по параметрам сигналов акустической эмиссии и рекомендованы для практи-

ческого использования при диагностировании двигателей внутреннего сгорания.

Список литературы:

1. Филоненко С. Ф. *Акустическая эмиссия. Измерения, контроль, диагностика.* – К.: КНУЦА, 1999. – 304 с.
2. Марпл-мл. С. Л. *Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ.* – М.: Мир, 1990. – 387 с.
3. Сергиенко А. Б. *Цифровая обработка сигналов.* – Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 608 с.
4. Оксень Е.И., Пархоменко В.В., Мосиенко Н.П., Сергийчук Н.П. *Диагностика трещинообразования железобетонной конструкции методом звуковой локации // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Збірн. наук. праць.* – Горлівка: АДІ ДонНТУ, 2006. – № 2(3). – С. 99-103.