

### Литература

1. Л.А. Розин. Расчёт гидротехнических сооружений на ЭВМ. Метод конечных элементов. Изд. "Энергия", Л., 1971.
2. В.Ф. Кондратюк. Сравнительная оценка методов решения вариационного уравнения Лагранжа для плоской задачи упругого деформирования квадрата. Известия АН БССР. Серия физико-математических наук. Рукопись депонирована в ВИНТИ, №3484-В89 от 26.05.89.

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРЕНИЯ

*Акулич Я.А., Гладыщук В.Б., Кузавко Ю.А., Склипус Б.Н.  
Брестский политехнический институт*

Бурное развитие вычислительной техники за последние годы, разработка и внедрение все более мощного и совершенного компьютерного оборудования, привело к значительному усовершенствованию систем ультразвуковой диагностики, которая широко используется как в научных исследованиях, так и при решении большого круга практических задач, возникающих в условиях современного производственного процесса. В настоящее время, при проведении неразрушающих испытаний часто возникает необходимость в получении акустического изображения объекта, подвергаемого испытаниям. Получить необходимую информацию при сканировании объекта с использованием акустических волн и сформировать его визуальное изображение представляется возможным при использовании систем ультразвуковой визуализации. Методы ультразвуковой визуализации уже получили широкое применение в различных областях науки и техники: неразрушающий контроль качества продукции, медицинская диагностика, диагностика материалов и изделий. Однако, в исследованиях, направленных на обеспечение надежного функционирования механизмов, где немаловажное значение имеет техническая диагностика и контроль процессов трения и изнашивания, применение методов ультразвуковой визуализации представляется новым и достаточно перспективным.

В основе метода ультразвуковой визуализации лежит возможность преобразования поля акустических сигналов, отраженных неоднородностями диагностируемого объекта, в его акустическое изображение (АИ). В

зависимости от поставленной задачи, осуществляется та или иная обработка поля принятых акустических сигналов, при вводе необходимых параметров для их преобразования.

Для реализации ультразвуковой диагностической визуализации объектов трения использовался разработанный нами ультразвуковой диагностический комплекс (УДК). Данное устройство представляет собой гибкую модульную систему, основу которой составляет ультразвуковой диагностический эхотомоскоп ЭТС-У-02, имеющий сканирующие пьезокерамические преобразователи. УДК включает в себя также персональный компьютер (ПК), построенный на быстродействующем микропроцессоре 80486DX4-100, фирмы Intel снабженный специальным видеоадаптером с TV тюнером, фирмы S3 inc., а также лазерный принтер и оптический сканер.

Принцип работы ультразвукового диагностического эхотомоскопа основан на использовании метода эхо-импульсной ультразвуковой локации исследуемого объекта с механическим секторным или электронным линейным сканированием. Ультразвуковой сканирующий преобразователь содержит пьезокерамический модуль, который осуществляет излучение ультразвуковых зондирующих сигналов в исследуемую среду и их прием при отражении. Принятые эхосигналы усиливаются, преобразуются в цифровой код (в нашем случае 5-битовый), предварительно программно обрабатываются и из памяти считываются в реальном масштабе времени на видеоконтрольное устройство для регистрации акустических изображений.

Для проведения экспериментальных исследований были использованы ультразвуковые преобразователи, рабочие частоты которых составляли 3,5; 5 и 7,5 МГц. В результате проведенных испытаний были получены двухмерные изображения поперечных сечений пар трения типа «вал-втулка».

При экспериментальных исследованиях, в камеру машины трения 2070 СМТ-1, модернизированную нами для проведения испытаний с использованием УДК, помещалась исследуемая пара трения. В качестве вала, использовалась деталь изготовленная из стали 40Х, а материалом втулки был чугун СЧ-25. В качестве среды, заполняющей испытательную рабочую камеру, использовалось масло индустриальное И-40А или дистиллированная вода. К испытательной камере был подведен ультразвуковой сканирующий датчик, закрепленный в специальном устройстве, позволяющем перемещать его в горизонтальной плоскости. Частота вращения

вала была постоянной и составляла  $400 \text{ min}^{-1}$ . Нагружение пары трения производилось последовательно, путем пошагового увеличения нагрузки на  $500 \text{ Н}$ .

На рисунке 1 приведены акустические изображения пары трения «вал-втулка» при разных режимах нагружения. Их последующая обработка с целью улучшения качества изображений осуществлялась с использованием

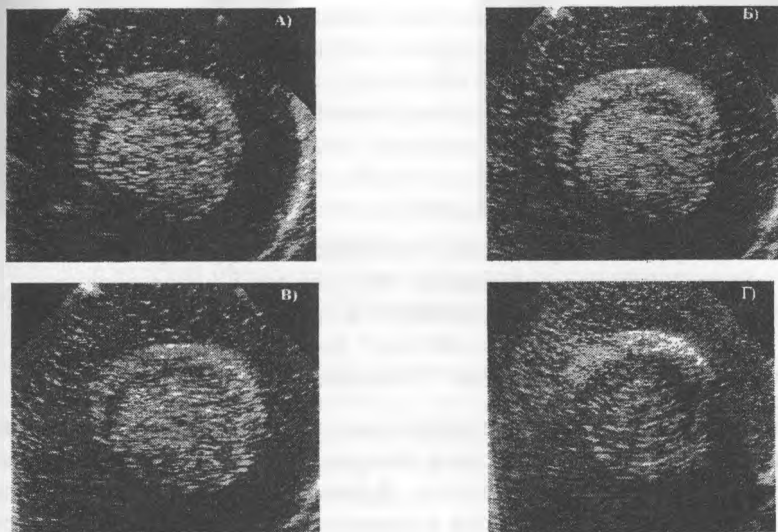


Рисунок 1 Акустические изображения пары трения "вал-втулка", при разных режимах нагружения: А) Частота вращения  $n=0 \text{ min}^{-1}$ ; Нагрузка  $N=0 \text{ Н}$ ; Б) Частота вращения  $n=400 \text{ min}^{-1}$ ; Нагрузка  $N=0 \text{ Н}$ ; В) Частота вращения  $n=400 \text{ min}^{-1}$ ; Нагрузка  $N=500 \text{ Н}$ ; Г) Частота вращения  $n=400 \text{ min}^{-1}$ ; Нагрузка  $N=2000 \text{ Н}$ .

ем, как специально разработанного программного обеспечения, так и стандартных программных пакетов. В результате сопоставления обработанных изображений можно четко проследить взаимосвязь динамики изменения параметров АИ, с изменением величины нагружения пары трения. Однако, следует отметить, что описанный выше алгоритм ультразвуковой визуализации процессов трения сопряжен с определенными трудностями, обусловленными возникновением в результате отражений и преобразований ультразвуковых колебаний в контролируемом твердотель-

ном объекте трения, ложных изображений, для устранения которых, предлагается метод совмещения АИ с их оптическими аналогами (Рисунок 2).

С выхода эхотомоскопа АИ, через видеоадаптер, поступает в ПК. Туда

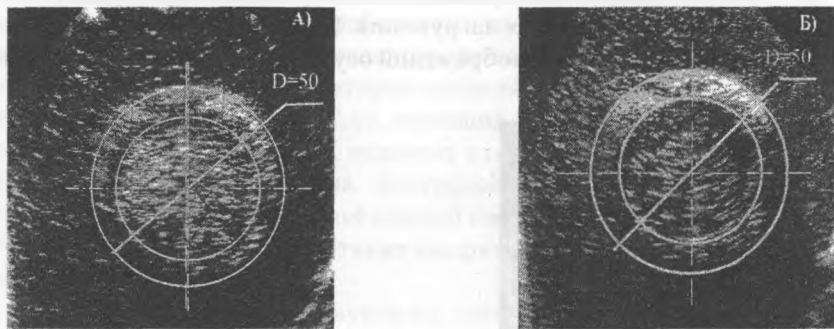


Рисунок 2 Акустические изображения пары трения "вал-штулка", при разных режимах нагружения, с использованием метода совмещения акустического и оптического изображения: А) Частота вращения  $n = 400 \text{ min}^{-1}$ ; Нагрузка  $N = 500 \text{ Н}$ ; Б) Частота вращения  $n = 400 \text{ min}^{-1}$ ; Нагрузка  $N = 2000 \text{ Н}$ .

же вводится и оптическое изображение чертежа сечения исследуемого объекта с помощью оптического сканера. Затем, программно осуществляется их совмещение и обработка. В результате удается устранить ложные изображения и появляется возможность установления качественно новых критериев определения трибологических характеристик объектов, подвергающихся трению, по площади и яркостным характеристикам областей их контакта.

## ПОРОШКОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ

*Машинский В.В., Мартиновская О.В.  
Брестский политехнический институт*

Высокая эффективность порошковой металлургии реализуется при изготовлении изделия, которые невозможно или невыгодно получать другими методами. Это, например, фрикционные изделия на железной основе для высоконагруженных тормозных систем, контактные изделия на