

ДИАГНОСТИКА ЗОНЫ КОНТАКТА ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ МЕТОДАМИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ

Акулич Я. А.

*Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь*

При сближении двух поверхностей трения, их неровности, имеющие максимальную высоту, вступают в контакт. При увеличении нагрузки новые неровности меньшей высоты будут вступать в контакт, образуя при этом отдельные пятна контакта, общая площадь которых составляет фактическую площадь контакта поверхностей (ФПК).

Методы аналитического расчета ФПК, основанные на геометрических характеристиках поверхностей и по большей части рассчитанные для условий статического контакта, могут давать в достаточной степени приближенные оценки. Вместе с тем существует достаточное количество экспериментальных методов для определения ФПК поверхностей трения. По классификации, представленной в [1], данные методы можно условно разделить на три основные группы:

– методы, основанные на передаче и переносе энергии, дают возможность определять ФПК, например: по электропроводности, теплопроводности, нарушению полного внутреннего отражения, прохождению и отражению ультразвуковых волн;

– методы, использующие массоперенос, с помощью которых определяют ФПК, например: по переносу радиоактивных изотопов, микросмещению и переносу угольной пыли, переносу люминесцентных красок;

– метод, основанный на измерении деформаций определяет ФПК по сближению поверхностей.

Среди приведенных методов определения ФПК можно отметить ультразвуковой метод, с помощью которого возможность исследовать твердые сопрягающиеся движущиеся тела.

В основе ультразвукового метода лежит распространение волн ультразвука в твердых телах. ФПК определяется по величине коэффициента отражения волны от границы раздела сопрягаемых тел. Он рассчитывается как отношение энергии отраженной к энергии падающей волны.

Данный метод позволяет измерять ФПК оптически непрозрачных тел, находящихся в динамическом контакте. Вместе с тем согласно [2], можно выделить и недостатки данного метода. Главный из них – это рассеяние ультразвуковых колебаний на неровностях поверхности. Важным также является зависимость результатов от нагрева при фрикционном контакте сопрягаемых тел и структурной перестройки их поверхностных слоев. Данные недостатки могут быть источником существенной ошибки измерений ФПК и требуют применения компенсационных схем либо введения поправочных коэффициентов.

Диагностика узлов трения проводилась с использованием специально разработанного ультразвукового диагностического комплекса, схема которого пред-

ставлена на рисунке 1. Он имеет гибкую модульную структуру, основу которой составляет ультразвуковой диагностический эхотомоскоп ЭТС-У-02, имеющий сканирующие ультразвуковые пьезокерамические преобразователи с механическим секторным сканированием. Принцип работы эхотомоскопа основан на использовании метода эхо-импульсной ультразвуковой локации исследуемого объекта. УДК включает в себя также персональный компьютер, лазерный принтер и оптический сканер.

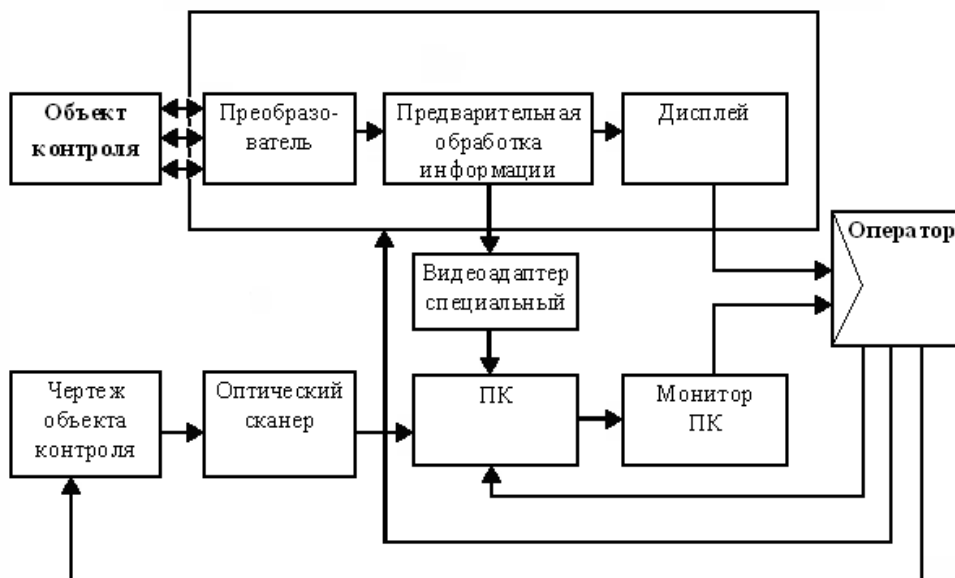


Рисунок 1 – Функциональная схема ультразвукового диагностического комплекса

При диагностике происходит механическое сканирование контролируемого объекта, помещенного в рабочую жидкость. Принятые эхосигналы подвергаются начальной обработке и отображаются на экране монитора эхотомоскопа в виде акустического изображения. Полученные изображения посредством специального видеоадаптера передаются для комплексной обработки в персональный компьютер.

Для диагностики процессов трения в составе ультразвукового диагностического комплекса используется машина трения 2070 СМТ-1 [3], рабочая камера которой была модернизирована для проведения ультразвуковой диагностики пар трения. Обеспечение контакта между испытываемой парой трения и ультразвуковым пьезокерамическим датчиком, установленном в специально разработанном приспособлении, осуществляется посредством рабочей жидкости, заполняющей рабочую камеру машины трения. В качестве смазочной среды при испытаниях было использовано масло И-40А, ГОСТ 20799-88.

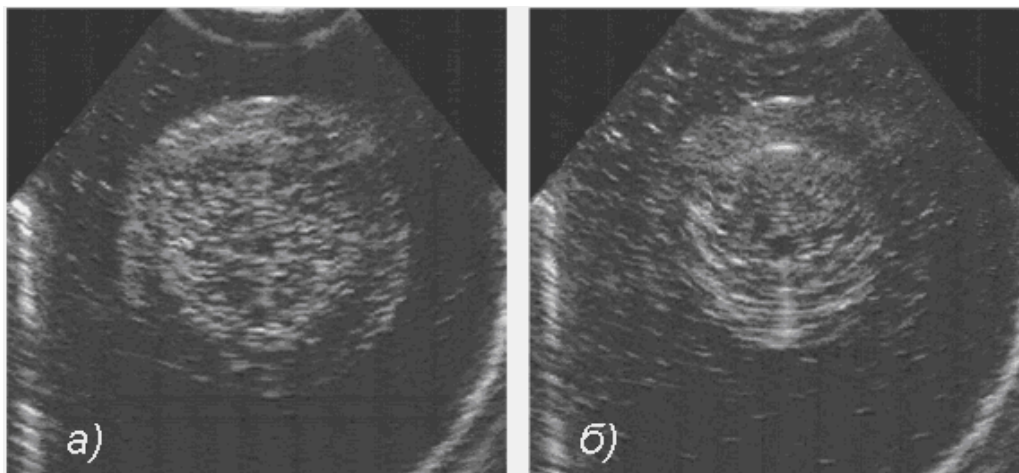
Испытания проводились по схеме “вал-втулка”. Образец, выступающий в качестве “вала” пары трения, был изготовлен из легированной конструкционной стали 40Х с последующей термообработкой до HRC 40...45, ГОСТ 4543-71, а втулки – из чугуна СЧ-25, ГОСТ 1412-85.

Размеры образцов составляли: наружный диаметр вала после механической обработки равнялся $\varnothing 35$ мм, внутренний соответствовал валу каретки машины

трения и составлял $\varnothing 22$ мм. Втулки были выполнены с наружным диаметром $\varnothing 50$ мм. Параметр шероховатости поверхностей трения образцов был задан $Ra = 1,25$.

В испытательной камере машины трения был установлен ультразвуковой датчик с механическим сканированием, имеющий рабочую частоту 3,5 МГц. Скорость скольжения составляла 1 м/с. Нагружение пары трения производилось последовательно путем пошагового увеличения нагрузки на 500 Н. Акустические изображения диагностируемой пары трения, полученные при помощи ультразвукового сканирования, представлены на рисунке 2.

Полученные акустические изображения пары трения типа “вал-втулка” дают возможность выявить критерии диагностирования узла трения посредством мониторинга областей контакта. Если в контактной области возникают локальные изменения, то существует в несколько раз большая по объему область, в которой существенно изменяется плотность вещества. Тем самым условия отражения сканирующих акустических импульсов изменяются, что влечет за собой и изменения в акустических изображениях. Так как полученные монохромные акустические изображения представляет собой матрицу точек, каждая из которых имеет ряд градаций яркости, то представляется возможным осуществить программный анализ наиболее характерных областей изображения. Каждой точке эхограммы соответствует определенная яркость, таким образом, существует возможность численного расчета яркости выделяемых на изображении областей, соответствующих контакту трущихся поверхностей изделия и определения ее зависимости от трибологических характеристик изделия.



а) скорость скольжения 1,0 м/с, без нагрузки;

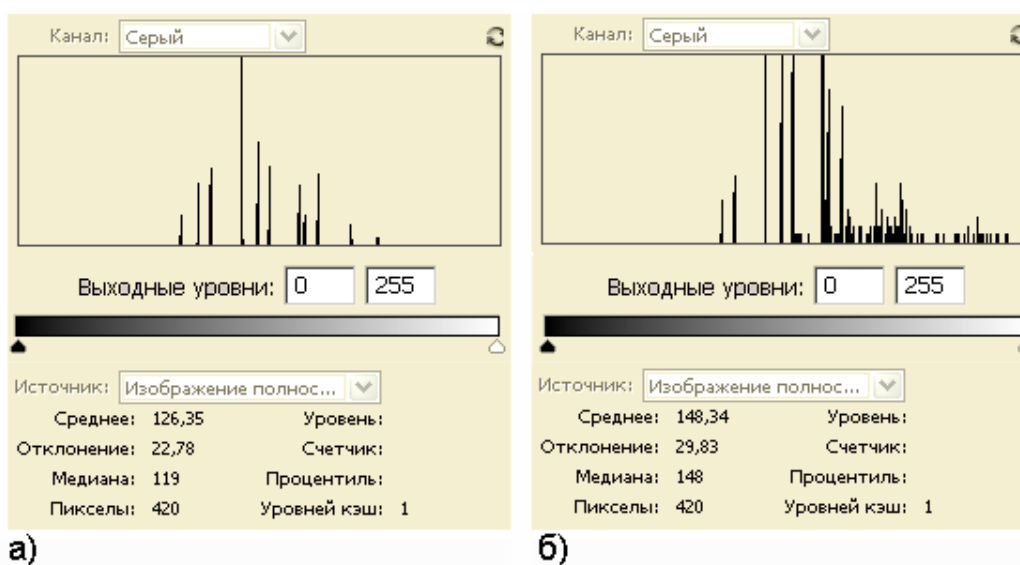
б) скорость скольжения 1,0 м/с, нагрузка 1000 Н

Рисунок 2 – Акустические изображения пары трения “вал-втулка”

Для определения зависимости характеристик яркости определенных характерных областей полученных акустических изображений от изменения условий нагружения пары трения в процессе экспериментальных исследований предлагается использовать гистограммы данных изображений.

Гистограмма изображения демонстрирует количество пикселей, обладающих теми или иными градациями яркости (то есть сосредоточенных на уровнях,

на которые равномерно разбит весь интервал от белого цвета до черного), на изображении в целом или в пределах выделенной области. Горизонтальная ось гистограммы представляет собой шкалу яркости пикселей от самых темных (яркость 0) слева до самых светлых (яркость 255) справа. На вертикальной оси гистограммы представлено количество пикселей, яркость которых соответствует градациям шкалы. Для построения гистограмм характерных областей полученных акустических изображений (рисунок 3) был использован программный пакет Adobe Photoshop от компании Adobe Systems Incorporated.



- а) скорость скольжения 1,0 м/с, без нагрузки;
 б) скорость скольжения 1,0 м/с, нагрузка 1000 Н

Рисунок 3 – Гистограммы выделенных областей акустических изображений пар “трения вал-втулка”, при условиях испытания

Как видно из полученных гистограмм, показатель усредненной яркости области акустического изображения, составляющий 420 пикселей, полученный при испытаниях нагруженной пары трения, составляет 148,34 в отличие от показателя 126,35 усредненной яркости при отсутствии нагружения.

Следует отметить, что на гистограмме участка изображения, соответствующей испытаниям пары трения без нагружения (рисунок 3а), значения диапазона яркости от 200 до 250 отсутствуют, тогда как при нагружении они имеют достаточно высокие показатели, что соответствует белому и близкому к белому цвету. Такие изменения характерных участков акустических изображений могут свидетельствовать о возможности выявления изменений в области контакта пар трения по их акустическим изображениям.

Таким образом, предлагается критерий количественной оценки триботехнических характеристик трущихся поверхностей, заключающийся в суммировании числа градаций яркости пикселей выделенной области акустического изображения и установлении корреляционной зависимости такой величины от акустических и трибологических параметров трущихся поверхностей.

Проведенные исследования позволяют говорить о возможности диагностики деталей узлов трения с помощью методов ультразвуковой томографии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мышкин Н. К. Трибология. Принципы и приложения / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – Гомель : ИМНС, НАНБ, 2002. – 310 с.
2. Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак. – Минск: Высшая школа, 1999. – 374 с.
3. Машина для испытания материалов на трение и износ 2070 СМТ-1 / Техническое описание и инструкция по эксплуатации 2.779.013-01 ТО – М. : МЗИО, 1981. – 69 с.

УДК 620.178.7

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТАКТА ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ С ДЕТАЛЯМИ МАШИН

*Барсуков В. Г., Илькевич М. А.¹, Крупич Б.²,
Голуб В. М.³, Веремейчик А. И.³, Хвисевич В. М.³*

- 1) *Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
г. Гродно, Республика Беларусь*
- 2) *Белостокский технологический университет,
г. Белосток, Польша*
- 3) *Брестский государственный технический университет;
г. Брест, Республика Беларусь*

Введение

Динамический контакт твердых частиц с деталями машин и оборудования широко распространен в технике и реализуется, как правило, в виде двух принципиально различающихся схем, первая из которых охватывает фрикционный скользящий контакт, а вторая – ударное взаимодействие. Типичными представителями машин, в которых реализуется фрикционный скользящий контакт, являются нагнетающие вентиляторы систем пневмотранспорта, оборудование для подачи измельченного топлива, ускорители центробежно-ударных измельчителей, классификаторы, сепараторы, испытательное оборудование и другие устройства для транспортирования дисперсных материалов, основным рабочим органом которого является ротор с лопастями. Вторая группа динамического взаимодействия представлена в системах дробеструйной и пескоструйной обработки, а также в измельчителях ударного действия.

Несмотря на достигнутый прогресс в расчете и конструировании таких машин, многие вопросы изучены недостаточно. В частности, отсутствуют удобные для практики инженерные методики расчета параметров напряженного состояния, являющихся определяющими для анализа фрикционных потерь, а также изнашивания рабочих органов [1–3].

Цель работы – на основе анализа особенностей упруго-пластического динамического контакта выполнить сравнительный анализ методик математического моделирования и предложить удобную для практического использования методику расчетной оценки параметров такого контакта.

1 Механика процесса упруго-пластического деформирования

Рассмотрим механику процесса упруго-пластического деформирования при перпендикулярном контакте. Для анализа примем сферическую форму частиц.