

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И
НАДЕЖНОСТИ ТРИБОСИСТЕМ НА
НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ РАБОТЫ**

Войтов В.А., д.т.н., проф., Козырь А.Г., аспирант

*Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. П. Василенко*

В работе предложена методика оценки износостойкости и надежности трибосистем на неустановившихся режимах. Показано, что спектральная мощность акустического излучения коррелирует со скоростью изнашивания с коэффициентом корреляции $R=0,82$.

Актуальность. При постановке новой техники на производство большой объем испытаний опытных образцов выполняется на стендах. В процессе проведения стендовых испытаний встает вопрос об определении скорости изнашивания на неустановившихся режимах (во время приработки) и на стационарных режимах (после завершения приработки). При этом, желательно получать значения скорости изнашивания в реальном масштабе времени. Наличие такой информации позволит сократить время доводки опытных образцов и повысит надежность агрегатов во время эксплуатации.

Анализ последних публикаций

Анализируя информационное содержание параметров акустической эмиссии (АЭ), а также комплексные показатели поверхностного разрушения в работе [1] установлено, что амплитуда АЭ при фрикционном взаимодействии имеет непрерывную последовательность перекрывающихся импульсов.

Для обоснования выбора информативных параметров в работе [2] приведен вид сигнала акустической эмиссии на установившемся режиме и при возникновении повреждений. Как следует из работы [2], амплитуда акустических сигналов может быть задана как функция действительной переменной t (времени). Для каждого нестационарного процесса существуют отрезки времени, в пределах которых с известным приближением данный процесс может считаться стационарным и эргодическим.

Таким образом, изменяя интервал интегрирования (задавая достаточно малый интервал) при изменении сигналов АЭ, возможно изучение процессов поверхностного разрушения (интенсивности изнашивания и

границы выхода на повреждаемость) на этапе приработки трибосистем.

Методический подход в проведении исследований

Согласно теореме о дисперсии линейной функции некоррелированных случайных величин [3], дисперсия стационарной случайной функции равна сумме дисперсий всех гармоник ее спектрального разложения.

Разобьем частотный диапазон регистрации сигналов АЭ на участки. Обозначим расстояние между участками $\Delta\omega$. Измерим дисперсии изменения амплитуд АЭ на каждом участке и построим диаграмму, высота которой на каждом участке $\Delta\omega$ равняется:

$$S_X(\omega_X) = \frac{D_X}{\Delta\omega},$$

и представляет среднюю плотность дисперсии на этом участке.

Если неограниченно уменьшать интервал $\Delta\omega \rightarrow 0$, то ступенчатая диаграмма неограниченно приближается к плавной кривой $S_X(\omega)$, которая представляется как совместное амплитудно-временное распределение. Как показали проведенные нами экспериментальные исследования по этой характеристике можно с большой достоверностью судить о кинетике протекания процессов поверхностного разрушения на этапе приработки трибосистем. Большое количество проведенных экспериментов по анализу процесса приработки трибосистем показали, что при оценке интенсивности изнашивания лучше всего использовать спектральную мощность акустико-эмиссионного излучения, которая определялась по выражению:

$$W_A = \frac{A_\Sigma^2}{t_p}, \quad (1)$$

где A_Σ^2 – суммарное значение квадрата амплитуд за время регистрации t_p ;

t_p – время регистрации.

Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились в два этапа и имели цель – определить корреляционную связь между скоростью объемного износа I_V , $\text{м}^3/\text{с}$ и параметрами акустической эмиссии: дисперсией амплитуд сигналов АЭ D_A , мВ и спектральной мощностью излучения W_A , $\frac{\text{мВ}^2}{\text{с}}$.

Первый этап экспериментальных исследований был направлен на определение функциональной связи между перечисленными параметрами во время переходного процесса.

Второй этап был направлен на определение корреляционной связи между перечисленными выше параметрами на установившемся режиме работы трибосистемы, т.е. после завершения переходного процесса (приработки).

Экспериментальные исследования проводились на машине трения по двум кинематическим схемам: «диск-диск» и «кольцо-кольцо», первая из которых является высшей кинематической парой, а вторая – низшей.

АЭ-излучение снималось с неподвижного элемента трибосистемы с помощью пьезоэлемента ЦТС-19. После пьезоэлемента сигнал АЭ усиливался предварительным усилителем и передавался на основной усилитель. После основного усилителя сигнал АЭ в виде изменяющейся во времени амплитуды подавался через аналогово-цифровой преобразователь в компьютер, для дальнейшего определения дисперсии D_A и W_A . Время регистрации t_p определялось экспериментально по воспроизводимости результатов при равнозначных повторах и составило 5с.

Результаты экспериментальных исследований представлены в графическом виде (рисунок 1), который отражает среднее значение параметров по трем однотипным повторам.

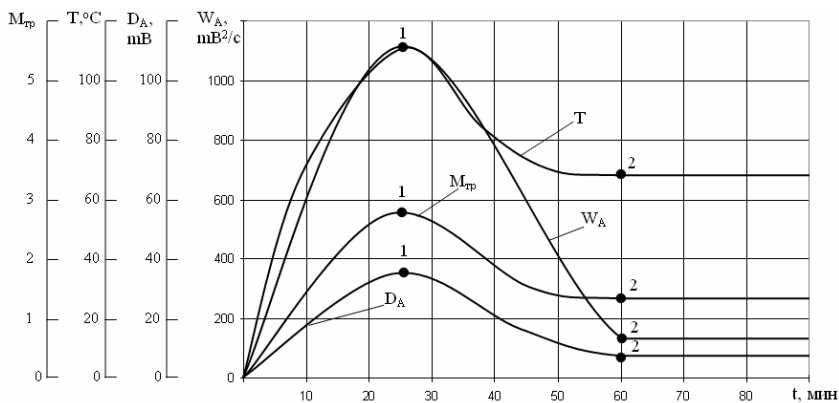


Рис. 1. Измерение параметров переходного процесса во времени

Как следует из анализа представленных графических зависимостей наилучшую функциональную связь с параметрами трения: моментом трения $M_{тр}$ и температурой T имеет спектральная мощность АЭ, W_A , т.к. диапазон ее изменения в точке 1 относительно точки 2 значительно больше, чем у дисперсии амплитуд АЭ – D_A .

Вторым этапом экспериментальных исследований явилось определить функциональную взаимосвязь между скоростью объемного износа I_V и параметрами АЭ, D_A и W_A для указанных выше пар трения при изменении нагрузки на узле трения от 300Н до 1200Н.

Цель исследований – показать, что по величине параметров АЭ можно оценивать величину скорости объемного износа I_V .

Исследования проводились на стационарных режимах трения, т.е. износ за приработку не учитывался. Для этого после завершения приработки (после стабилизации параметров) на поверхности трения наносились лунки для измерения износа и после проведения испытаний в течении двух часов методом искусственных баз определялся линейный износ, который пересчитывали в объемный.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 2.

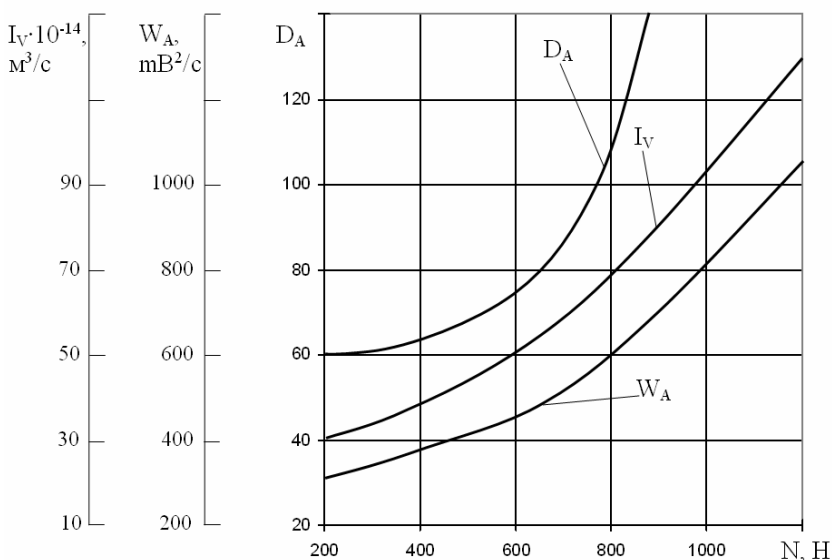


Рис.2. Зависимость скорости износа I_V , спектральной мощности АЭ, W_A и дисперсии АЭ D_A от изменения нагрузки в трибосистеме

Из анализа представленных зависимостей следует, что дисперсия амплитуд и спектральная мощность сигналов АЭ адекватно отражает процесс изнашивания и находится в функциональной взаимосвязи со скоростью объемного износа.

Однако встает вопрос, какой из представленных параметров сигналов АЭ наиболее тесно отражает корреляционную связь со скоростью

объемного износа.

Для ответа на поставленный вопрос по результатам проведенных выше экспериментов были построены следующие зависимости:

$$I_V = f(D_A), \quad (2)$$

$$I_V = f(W_A). \quad (3)$$

Графический вид зависимостей (2) и (3) представлен на рис.3.

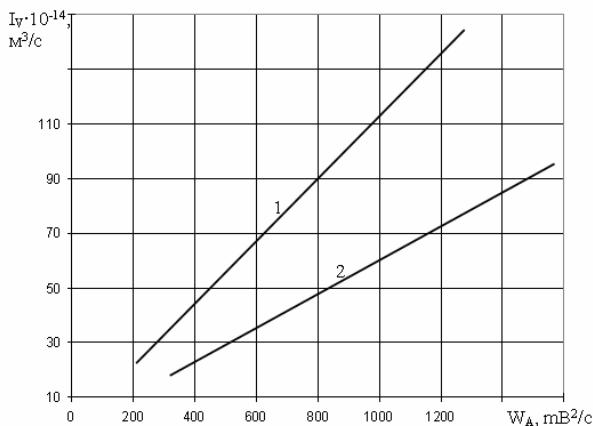
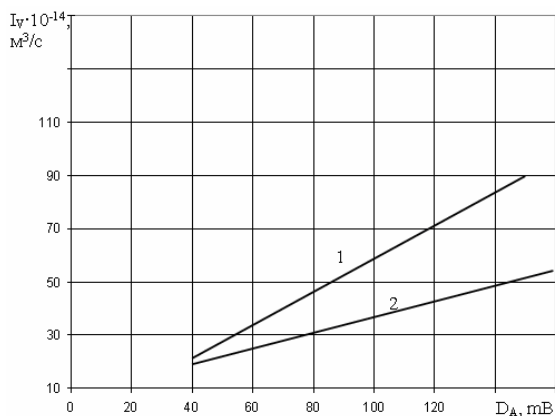


Рис. 3. Зависимость скорости износа I_V от дисперсии амплитуд АЭ, D_A и спектральной мощности сигналов АЭ, W_A : 1 – высшие кинематические пары; 2 – низшие кинематические пары

Для представленных зависимостей был рассчитан коэффициент корреляции R , который для зависимости (2) составил $R=0,77$, а для зависи-

мости (3) составил $R=0,82$. Из приведенного расчета следует, что спектральная мощность сигналов АЭ наиболее адекватно отражает процесс изнашивания по величине которой можно судить о величине скорости износа в точках 1 и 2 (рис. 1) переходного процесса.

Линейный характер зависимостей скорости износа от параметров акустической эмиссии D_A и W_A позволяет для расчета интенсивности изнашивания в точках 1 по отношению к точкам 2 (рис. 1) использовать следующее соотношение:

$$\frac{I_{v\max}}{I_{v\text{уст}}} = \frac{W_{A\max}}{W_{A\text{уст}}}, \quad (4)$$

где $I_{v\max}$ и $W_{A\max}$ - максимальные значения скорости износа и спектральной мощности во время переходного процесса, т.е. в точке 1;

$I_{v\text{уст}}$ и $W_{A\text{уст}}$ - значение скорости износа и спектральной мощности сигналов АЭ на установившемся режиме, т.е. в точке 2, после завершения переходного процесса.

Следовательно, для нахождения максимального значения скорости износа за время переходного процесса из соотношения (4) следует:

$$I_{v\max} = \frac{W_{A\max}}{W_{A\text{уст}}} I_{v\text{уст}}, \quad (5)$$

Выводы:

1. Экспериментальным путем на различных трибосистемах установлено, что спектральная мощность сигналов акустической эмиссии имеет лучший коэффициент корреляции со скоростью изнашивания, чем дисперсия и поэтому может служить параметром для оценки скорости изнашивания на неустановившихся режимах.

2. Предложена методика оценки скорости изнашивания трибосистем во время приработки, которая основана на регистрации акустического излучения из зоны трения.

Список использованных источников

1. Акустические и электрические методы в триботехнике / А.И. Свириденко, Н.К. Мышкин, Т.Ф. Калмыкова и др. – Минск: Наука и техника, 1987. – 280 с.
2. Войтов В.А., Шевченко С.А. Обоснование структуры комплекса для исследования акустико-эмиссионных признаков дефектов подшипников

качения // Вісник ХНТУСГ. – 2011. – Вип. 109. – с. 50-54.

3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1964. – 576 с.

Анотація

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І НАДІЙНОСТІ ТРИБОСИСТЕМ НА НЕСТАЛОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

Войтов В.А., Козыр А.Г.

У роботі запропоновано методику оцінки зносостійкості і надійності трибосистем на несталих режимах. Показано, що спектральна потужність акустичного випромінювання корелює зі швидкістю зношування з коефіцієнтом кореляції $R = 0,82$.

Abstract

METHODOLOGY TO EVALUATE DURABILITY AND RELIABILITY TRIBOSYSTEMS ON UNSTEADY MODES

Vojtov V.A., Kozyr A.G.

The method of estimating the durability and reliability tribosystems on unsteady regimes was presents in the paper. The spectral acoustic power is correlated with the rate of wear with a correlation coefficient $R = 0,82$ it is shown.